

PLUS LUCIS

3/97

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

Lehrplan

Entropie

Nobelpreise 1997

Dampf und Tropfen

Computer und menschliche Stimme

Lichtmessung im Physiksaal

Entfernung und Größe des Mondes

Weltraumvisionen

Mind-Mapping

Freihandexperimente

Preise der ÖPG

Bücher



Physik Chemie

Impressum

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

Erscheint drei- bis viermal jährlich.

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

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

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

Offenlegung nach § 25 des Mediengesetzes:

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

Beiträge werden erbeten an:

Dr. H. Kühnelt, Institut für Theoretische Physik der Universität Wien, Strudlhofg. 4, 1090 Wien, Telefon: 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: Lehramtsstudium: Reform - aber wie? 1

Fachdidaktik

Was ist Physik? 2

Transparenz in Lerninhalt und Notengebung..... 4

Lehrplan

Physik: 3. und 4. Klasse AHS und HS 34

Nobelpreise 1997

Nobelpreis für Chemie 9

Nobelpreis für Physik..... 11

Für die Praxis

Entropie 7

Computereperimente mit der menschlichen Stimme 12

Dampf und Tropfen - Betrachtungen rund um die Luftfeuchtigkeit 14

Lichtmessung im Physiksaal 19

Bestimmung der Entfernung und Größe des Mondes 25

Sonnenfinsternis 1996..... 27

Mind-Mapping im Physikunterricht..... 29

Aktuelles

Weltraumvisionen für das 21. Jahrhundert 21

PI Wien: Chemie übersiedelt 31

1000 Jahre Naturwissenschaften in Österreich 32

Ankündigung

Seminar: Fragen zur Realität und Wirklichkeit in Physik und Philosophie..... 6

Preise der ÖPG:

Roman Ulrich Sexl - Preis

Prämierung von Fachbereichsarbeiten Physik 33

Freihandexperimente

Blutrot 30

Sieden bei vermindertem Druck..... 30

Sezieren eines Schweinsauges 31

Bücher 35

Umschlagbild: David Geist, BG Horn, präsentiert physikalische Experimente bei der Physikertagung 1997 an der Universität Wien. (s. S. 32)

Lehramtsstudium: Reform - aber wie?

Das im vorigen Jahr vom Wissenschaftsministerium initiierte Universitätsstudiengesetz, kurz UniStG, bringt einiges an Neuerungen. Hier interessiert nicht der Ausbau rechtlicher Vorschriften, die vermeintlicherweise den Studierenden zugute kommen sollen. (Die Einführung eines dritten Prüfungstermins pro Semester ist ein netter Austriazismus und steht im Gegensatz zu den so oft beschworenen Vorbildern im Ausland. Während in anderen Ländern sofort an die Vorlesungszeit eine intensive Prüfungsperiode anschließt, in der das Semester abgeschlossen wird, anerkennt der Gesetzgeber, daß der Abschluß von Lehrveranstaltungen durchaus Zeit hat und mehrmals versucht werden darf.)

Viel Staub hat auch die Beschränkung der Dauer der Diplomarbeit auf nun 6 Monate aufgewirbelt. Doch was heißt Beschränkung? Im Gesetz heißt es, daß das Thema der Diplomarbeit eine Bearbeitung in 6 Monaten zumutbar und durchführbar erscheinen lassen solle - wie ist dies zu überprüfen? Welche Folgen hat jedoch ein Überziehen dieser Frist? Im Gesetz finden sich keine!

Drastische Neuerungen sind allerdings für die Lehramtsstudien vorgesehen. Und da neue Studienpläne erstellt werden müssen, in denen die spätere Berufspraxis verstärkte Berücksichtigung findet, sind Sie, liebe Leserin, lieber Leser, eingeladen, aus Ihrer Erfahrung Vorschläge zu machen.

Die erste und deutlichste Neuerung ist, daß Lehramtsstudien aus Chemie, Physik, Biologie,... studienrechtlich künftig nicht wie bisher Zweige eines Chemie-, Physik-, Biologiestudiums sein werden. Abgegrenzt von den naturwissenschaftlichen und geisteswissenschaftlichen Studien wurden die Lehramtsstudien eingerichtet - ein erster Schritt zur einheitlichen Lehrerbildung an pädagogischen Fakultäten? Geht der Kurs in Richtung Erziehungswissenschaft mit fachlicher Ergänzung? (Auch hier ist anzumerken, daß in vielen europäischen Ländern bei der Ausbildung von Oberstufenlehrern anders gewichtet wird: Ein volles Studium eines Faches wird anschließend durch ein Studienjahr mit fachdidaktischem und pädagogischem Schwerpunkt ergänzt.)

Nehmen wir jedenfalls das UniStG als ein deutliches Signal für eine praxisnähere Ausbildung. Im Lehramtsstudium sind zwei Unterrichtsfächer zu studieren - Biologie ist nun wieder kombinationspflichtig, das Lehramt Informatik ist neu - und daneben noch Pädagogik. Während für die wissenschaftlichen Studien pro Fach eine eigene Studienkommission und ein eigener Studienplan vorgesehen sind, wird für sämtliche Lehramtsstudien an einer Fakultät eine einzige Kommission eingesetzt und ein einziger Studienplan ausgearbeitet werden. Welche Rolle wird der Pädagogik im Studium zukommen? Sicher keine geringere als bisher.

Anzuerkennen ist, daß nun zwanzig Jahre nach der Neuordnung des Lehramtsstudiums ein Freiraum für fällige Reformen geschaffen wurde. Doch wie sollen die Reformen für LA Chemie und für LA Physik aussehen?

Wie weit soll im 1. Studienabschnitt, d.h. beim Studium der Grundlagen des Faches, die Gemeinsamkeit und Durchlässigkeit zwischen dem naturwissenschaftlichen und dem Lehramts-Studium gewahrt bleiben? Klar ist wohl, daß im zweiten Studienabschnitt eine eindeutige Entscheidung für das Lehramtsstudium getroffen worden sein muß - was ein Doppelstudium zusammen mit einem vollen wissenschaftlichen Fach jedoch nicht ausschließen soll.

Bereits vor 3 Jahren hat sich eine aus Lehrern, Universitätslehrern und Angehörigen der Schulverwaltung zusammengesetzte Arbeitsgruppe mit dem Problemkreis Lehrerbildung befaßt und ein Memorandum dazu verfaßt (siehe PLUS LUCIS 1/95). Wie aktuell sind die damaligen Überlegungen heute noch, was sollte neu bedacht werden?

Neben allgemeinen pädagogischen Fähigkeiten, zu deren Verstärkung die Pädagogen künftig stärker beitragen sollten, benötigen Lehrer fachliche und fachdidaktische Kompetenz.

In fachlicher Hinsicht hat es der Lehrer eigentlich schwerer als der sich auf einem engeren Gebiet spezialisierende Forscher. Der keineswegs oberflächliche Überblick von der klassischen Physik bis zu den aktuellen Entwicklungen der modernen Physik sollte bereits im Studium erworben und im Lauf der Berufspraxis ausgebaut werden.

Schwerpunkt der Lehrtätigkeit ist die Vermittlung von naturwissenschaftlichen Fakten und Zusammenhängen, das Heranführen der Schüler zur eigenständigen Lösung von Problemen. Der fächerübergreifende Aspekt und insbesondere die gesellschaftliche Bedeutung naturwissenschaftlicher Erkenntnis und ihrer technischen Nutzung sind weitere Problemkreise, die in der bisherigen Ausbildung wenig Beachtung fanden.

Liebe Leserin, lieber Leser, teilen Sie uns aus Ihrer eigenen Erfahrung, aus der Erfahrung mit Studenten und nicht zuletzt aus den Fragen Ihrer Schüler mit, welche Aspekte im neuen Lehramtsstudium stärker betont werden sollen, welche Unterrichtsmethoden verstärkt eingesetzt werden sollen.

5 Jahre PLUS LUCIS

Mit diesem Heft ist der fünfte Jahrgang unserer Zeitung abgeschlossen. 3 bis 4 Ausgaben pro Jahr sind jeweils in einem Umfang von bis zu 40 Seiten erschienen. Auch weiterhin wird sich PLUS LUCIS nur dann entwickeln, wenn aus der Leserschaft Beiträge kommen, seien es Berichte über gelungene Unterrichtsideen und Projekte, Kommentare zu Lehrplänen, Anleitungen zu Experimenten, Beiträge zur Geschichte, Untersuchungen zum Schülerverständnis, Rezensionen von Büchern und Software - um nur einige Themen zu nennen.

PLUS LUCIS muß von Ihnen mitgestaltet werden! Dies wünscht sich im Namen der Redaktion

Ihr Helmut Kühnelt

Mit dieser Ausgabe ist der Jahrgang 1997 von PLUS LUCIS abgeschlossen. Die Redaktion bedauert die Verzögerung im Erscheinen dieser Nummer und hofft, die geplanten drei Ausgaben des Jahres 1998 zeitgerecht fertigstellen zu können.

Was ist Physik?

Versuch einer didaktischen Antwort auf eine grundlegende Frage des Physikunterrichts

Gerhard Rath

1. Wie Schulbücher Physik definieren

"Die Physik ist die Wissenschaft von den Eigenschaften und Zustandsformen, dem inneren Aufbau ("Struktur") und den Bewegungen der unbelebten Materie, den diese Bewegungen hervorrufenden Kräften oder Wechselwirkungen und den dabei wirkenden Gesetzmäßigkeiten."

Diese Definition stammt aus einem österreichischen Schulbuch für den Physikunterricht. Sie steht auf einer der ersten Seiten dieses Buches, von dem Sie wahrscheinlich kaum die zugeordnete Schulstufe erraten werden: Es ist für Physik-Anfänger gedacht, für die 2. Klasse AHS bzw. HS. [1, S.6]

Dazu gleich eine lehrbuchhafte Aufgabe: Markieren Sie im Zitat alle Begriffe, die einem aufgeweckten Zwölfjährigen unbekannt sein dürften bzw. in der Alltagssprache anders verwendet werden als sie in der Fachsprache des Zitats gemeint sind!

Es bleiben wohl nur Füllworte übrig. Die Definition ist absolut nichtssagend, wohl nicht nur für Schüler dieser Altersstufe.

Sehen wir weiter: Für beginnende Oberstufenschüler wird Physik etwa so erklärt:

"Die Physik erforscht Naturgesetze und beschreibt damit Naturerscheinungen. Sie beschäftigt sich mit dem, was man über die Natur aussagen kann." [2, S.8]

Das klingt um einiges einfacher, sagt aber bei näherer Betrachtung auch nicht viel über die Physik aus. *Naturgesetze* sind ein wesentliches *Ergebnis* physikalischer Forschung - Physik erforscht ihre Resultate? Welche *Natur* ist überhaupt gemeint - die unberührte, oder einfach unsere Umwelt? Diese ist jedoch wiederum wesentlich von Physik und Technik geprägt und gestaltet - ein Zirkelschluß.

Vorsichtiger geht man im preisgekrönten Lehrwerk *Physik compact* ans Werk:

"Aufgabe: Überlege, wie du "Physik" definieren (einem Jüngeren erklären) würdest! Sicher ist ein Ziel der physikalischen Forschung das Zurückführen aller Naturerscheinungen auf möglichst wenige Grundgesetze (Grundbausteine, Grundkräfte)." [3, S. 5]

Wieder wäre anzumerken, daß die erklärenden Begriffe durch die Physik selbst gestaltet wurden (*Naturerscheinungen, Grundgesetze,...*), wir also abermals eine Zirkeldefinition vor uns sehen. Der vife Schüler findet eine Auflösung der Aufgabe weiter hinten im Buch:

"Die Antwort auf diese Frage bereitet selbst Physikern Schwierigkeiten. Schlage in möglichst vielen Lexikas nach. Ein Vorschlag: Physik ist eine Lehre von der Natur." [3, S.76]

Der Vorschlag ist vorsichtig und kurz, dafür inhaltsleer und statisch.

Anzumerken wäre, daß die Auswahl der Lehrbücher beliebig erfolgte, es sieht bei anderen dieser Art nicht wesentlich anders aus. Es muß auch gesagt werden, daß neben diesen Zitaten viele Bemühungen zu finden sind, sich an den Begriff Physik von verschiedenen Seiten anzunähern (Teilgebiete, Forschungsmethoden,...). Nichtsdestoweniger müssen solche Sätze den Eindruck erwecken, die Autoren hätten sich kaum mit der Frage auseinandergesetzt oder sich nicht bemüht, diese altersgemäß zu beantworten.

2. Wie ein Physiker Physik definiert

Nicht nur Schüler werden mit obigen Definitionen unzufrieden sein. Versuchen wir also eine Erklärung zu finden, die für physikalisch Gebildete, Lehrer oder auch Physiker selbst tragfähig ist.

Die Frage *"Was ist Physik"* ist natürlich keine physikalische, sondern muß der Wissenschaftstheorie zugezählt werden. Diese reflektiert *über* Wissenschaft und liegt damit erkenntnistheoretisch gesehen gar nicht so weit vom Lehren der Physik entfernt, da dieses ja auch *über* Physik erfolgt und nicht selbst Physik sein kann.

Tatsächlich ist der Begriff nicht so ohne weiteres zu definieren, wie von Herbert Pietschmann in seinem Buch *Phänomenologie der Naturwissenschaft* ausführlich dargestellt wird [4, S. 3 ff]. Eine Definition nach den strengen Regeln der Logik bringt wenig Erkenntnisgewinn: *Physik ist eine Naturwissenschaft, die ...* - der Oberbegriff muß selbst erst erklärt werden, wobei haarscharf die gleichen Probleme auftreten wie bei der Erklärung von *"Physik"*, weiters müßte diese von anderen Naturwissenschaften eindeutig getrennt werden, was gerade in der aktuellen Forschung nicht möglich ist.

In der Geschichte gab es verschiedene Definitionsversuche, die jeweils besondere Aspekte des Begriffs hervorhoben, zum Beispiel:

Physik ist ...

- Ein System von Erkenntnissen, Gesetzen, Theorien - das, was in den Physikbüchern steht
- Eine besondere Methode des Erkenntnisgewinns, das Wechselspiel Theorie-Experiment, mathematische Naturbeschreibung
- Eine Art Wahrheit, quasi-religiös, ein modernes Weltbild (C.F. v. Weizsäcker, [4], S. 6)
- Ein gesellschaftlich-wirtschaftlicher Faktor, Forschung, Expertentum, Macht

- Ein dynamisches Ringen um Naturverständnis, wachsend, sich entwickelnd, mit "Paradigmenwechseln" (Th. Kuhn, [4], S. 5)
- (nur) eine Art über die Welt zu denken, von vorneherein nicht besser oder schlechter als viele andere (z.B. Astrologie, Mystik ...), in einigen Bereichen erfolgreich, für andere ungeeignet (P. Feyerabend, [4], S. 5).

Pietschmann liefert nach einer Diskussion dieser Aspekte selbst einen Satz: "*Physik ist das, was die Physiker machen.*" [4, S. 6].

Logisch gesehen eine Zirkeldefinition, kann sie dialektisch verstanden werden, wie sie auch vom Autor gemeint und erklärt wird. Wie in einem Brennglas sammelt sie methodische, ergebnishafte, historische und gesellschaftliche Aspekte.

Der *Physiker* (die *Physikerin*) läßt sich eher bestimmen als die Wissenschaft: "*Dies geschieht ... aus dem sozialen Kontext, durch die Zugehörigkeit zur "Gemeinschaft der Physiker". ... Allgemein wird wahrscheinlich anerkannt werden, daß zur Gemeinschaft der Physiker gehört, wer regelmäßig die einschlägigen physikalischen Kongresse besucht und/oder in physikalischen Fachzeitschriften publiziert.*" [4, S. 7]

Für mich ist dies die überzeugendste Definition von Physik, vielleicht weil sie im Gegensatz zu vielen anderen Versuchen von einem in der aktuellen Forschung stehenden Wissenschaftler stammt, der sich auch intensiv mit Philosophie auseinandergesetzt hat. Danach gilt aber: Physiklehrer sind keine Physiker.

3. Wie Lehrer Physik definieren könnten

Aber sie haben Schülern zu erklären, was *Physik* ist. Klarerweise wird ein entscheidender Teil der Frage operational, also handelnd, beantwortet oder sollte es zumindest: Durch Beschäftigung mit Physik erfahren die Schüler schon, worum es dabei geht, auch wenn kein wichtiger Satz darüber formuliert wird. Soll dieses Verständnis aber nicht einseitig werden, müssen mehrere oder alle der oben genannten Aspekte *gemacht* werden, gemeint ist *vom Schüler* gemacht und nicht nur gehört. Solche Erfahrungen sind in der Schule nur in eingeschränktem Maße möglich - es lassen sich Elemente der Forschung nachvollziehen, aber: Auch Schüler sind keine Physiker!

Daher erscheint es mir sinnvoll und notwendig, die Frage im Unterricht auch explizit anzusprechen. Weniger im Anfangsunterricht, in der allerersten Stunde, dafür genügt ein Alltagsverständnis des Wortes. Sicher aber bereits in der Unterstufe bzw. Hauptschule. Ich möchte eine Erklärung für diese Altersgruppe versuchen, sie ist die größere didaktische Herausforderung, da man sich in der Oberstufe leichter auf den gewohnten begrifflichen Apparat zurückziehen kann.

Der Vorschlag sieht vorerst keine Definition in einem Satz vor, sondern knüpft an die angeführten Aspekte an und versucht damit, den Begriff auf schülergerechte Weise einzukreisen. Er schlüsselt die Frage *Was ist Physik?* in mehrere "W"-Fragen auf:

Womit beschäftigt sich Physik?

Beispiele aus verschiedenen Teilgebieten, typische Objekte bzw. Modelle (vom Atom bis zur Galaxie), später eine Auf-

zählung der Teilgebiete selbst. Dieser Punkt wird in den meisten Schulbüchern auch angesprochen.

Wie arbeitet Physik?

Zum Verständnis des *Wechselspiels Theorie-Experiment* nach ganz speziellen Regeln ist die persönliche Erfahrung der Schüler am wichtigsten. Methoden-Schemata machen - wenn überhaupt - erst in den höchsten Klassen Sinn. Jüngere Schüler dürften aber den Vergleich mit der Methode von *Detektiven* verstehen - Suche nach Hinweisen, Sammeln, Ordnen, Nachdenken, Bilden von Theorien, Überprüfen, Stellen neuer Fragen usw. Ein Beispiel dazu liefert ein Unterrichtsvorschlag zum Teilchenmodell, in dem über ein konkretes Detektivspiel die methodische Vorgangsweise angesprochen wird [5].

Wer betreibt Physik?

Jetzt kommen die Physiker ins Spiel. Zuerst die "Großen", Bekannten, historische Forscherpersönlichkeiten. Physik ist etwas von Menschen Gemachtes. Später läßt sich die Bestimmung im Sinne Pietschmanns erweitern: Forschungsarbeit, Veröffentlichungen und Kongresse (also Meinungsaustausch innerhalb einer *Gemeinschaft*) gehören dazu.

Wo wird Physik betrieben?

Ein wichtiger, oft vernachlässigter Punkt, denn er führt endgültig in die Gegenwart und aus dem Klassenzimmer heraus. Universitäten, Institute, Firmen, Labors, Computernetze, ... , heute meist hochspezialisierte, hochtechnisierte Einrichtungen. So sieht eben die aktuelle Physik aus!

Die Beschäftigung mit dieser Frage schützt vielleicht ein wenig vor Äußerungen der Art "*Alles ist Physik ...*". Bei einseitiger Behandlung des Aspekts physikalischer Inhalte, Ergebnisse und Anwendungen ("*Womit ... ?*") erfolgt gerade bei jüngeren Schülern leicht eine Antwort wie diese - es gibt ja nichts in ihrer Umwelt, wo Physik nicht in irgendeiner Form eine Rolle spielt - das Öffnen einer Flasche, Schwimmen, Fernsehen, ... - aber das alles *ist* eben noch lange *keine* Physik.

Wozu Physik?

Auf diese Frage gibt es viele mögliche Antworten:

- Physik macht Spaß, kann spannend und interessant sein.
- Sie befriedigt Wissensdurst, wir lernen über unsere Welt, unsere Stellung in dieser Welt und über eine unserer Möglichkeiten, diese Welt zu erfahren und zu verstehen.
- Sie bringt "*sichere*" Erkenntnis [4, S. 233 ff], vorhersagbare Ergebnisse. Jeder, der in einem Flugzeug fliegt, weiß dies zu schätzen.
- Ihre Ergebnisse erleichtern unser Leben. Sie können helfen, Probleme zu lösen (die allerdings zum Teil durch die Naturwissenschaften erst geschaffen wurden)
- Sie ist ein gewaltiger Wirtschaftsfaktor, viele Menschen leben davon.
- Sie ist ein wesentlicher Teil unserer Kultur und Zivilisation.

Jede dieser fünf Fragen läßt sich auf verschiedenen Stufen mit verschiedener Genauigkeit und Ausführlichkeit behandeln. Ohne Schwierigkeiten kann das Ganze auch in eine Definition in Form eines Satzes münden.

Die letzte Frage "*Wozu Physik?*" bezieht sich hier zwar auf die Physik der Physiker, hängt aber gerade für Schüler eng mit der Frage "*Wozu Physikunterricht?*" zusammen, wie auch ihre Diskussion ganz zu Beginn des Oberstufenlehrbuchs von J. Schreiner zeigt [6]. Einsichten in die Wichtigkeit und Sinnhaf-

tigkeit der Wissenschaft können auf ein entsprechendes Verständnis des zugehörigen Schulfaches ausstrahlen.

Wenn wir *über* Physik lernen, verstehen wir besser, *was Physiker machen*. Wir können mitdenken, sollen mitreden und mitentscheiden. Dazu hilft uns zu wissen, *was Physik ist*.

- [1] Becker u.a.: Physik heute 2 (2. Kl. HS und AHS), Salzburger Jugend Verlag
- [2] Mathuber u.a.: Physik aktuell 1 (5./6.Kl.), Naturwissenschaftliche Verlagsgesellschaft Salzburg

- [3] Jaros u.a.: Physik compact, Basiswissen 1, Hölder Pichler Tempsky
- [4] H. Pietschmann: Phänomenologie der Naturwissenschaft. Springer 1996
- [5] R. Driver, P. Scott: Schülerinnen und Schüler auf dem Weg zum Teilchenmodell. In: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik 5 (1994) S. 24 ff
- [6] Schreiner: Physik 1, Hölder Pichler Tempsky

Transparenz in Lerninhalt und Notengebung

Helmut Lambauer

Einleitung

Wie kann ich meinen SchülerInnen die wichtigsten Ideen der Physik nahebringen? Wie kann ich dabei ihre Eigeninitiative fördern, Interessen wecken, sie auf die Matura und die Zeit danach (Studium, Berufswelt) vorbereiten? Wie kann ich ihr Wissen und ihre Bemühungen mit einer Note so bewerten, daß sie den Leistungen entspricht und auch verstanden wird?

Die Beantwortung dieser Fragen und die Umsetzung im Unterricht ist wohl subjektiv verschieden und zum Teil an Lehrerpersönlichkeit und Klassegegebenheiten gebunden. Im folgenden möchte ich ein Unterrichtskonzept vorstellen, das aus meinen Überlegungen zu den oben genannten Fragen entstanden ist. Es ist mir klar, daß manche Kolleginnen und Kollegen ähnliche Konzepte entwickelt haben. Bekannt ist mir das auch an dieser Stelle veröffentlichte Konzept meines Fachdidaktiklehrers Prof. Mag. Hansjörg Kunze, das meinem in mancher Weise Vorbild gewesen ist. Vielleicht ist in den folgenden Ausführungen dennoch die eine oder andere Anregung für Sie enthalten, über Rückmeldungen zum Thema würde ich mich freuen.

Kern- und Spezialstoff

Die zu erwartende Lehrplanreform sieht vor, Stoffgebiete gemäß der Matura in Kern- und Spezialgebiete zu unterteilen. Für mich heißt das, eine Auswahl zu treffen. Ich muß auf Basis des Lehrplans entscheiden zwischen Themenbereichen, die zentrale Bedeutung für das Verständnis der Natur haben, und solchen, die dem weiteren Verständnis dienen. Diese Entscheidung ist natürlich subjektiv, trotzdem muß sie getroffen werden.

Ich erwarte von allen meinen SchülerInnen, daß sie über die Kernbereiche der Physik Bescheid wissen. Spezialgebiete werden nach Interessen und Lehrplan ausgewählt und bearbeitet. Nicht alle SchülerInnen müssen über alle Themen der Spezialgebiete Bescheid wissen.

Semesterstruktur und Unterrichtsformen

Jedes Semester wird in drei inhaltliche Blöcke unterteilt. Jeder Block beinhaltet ein bis zwei in sich möglichst geschlossene Kapitel der Physik.

Pro Kapitel kommen in meinem Unterricht hauptsächlich zwei Unterrichtsformen vor: Frontalvortrag mit Demonstrationsexperiment und Individual- oder Gruppenstudium mit Schülerexperiment. Darüber hinaus gibt es noch die Struktur des Seminars, darüber später mehr.

Jeder Themenbereich beginnt mit Frontalvortrag und Demonstrationsexperimenten. Diese Phase ist sehr strukturiert, klar und möglichst kurz. Die Informationen zum Themenbereich werden in dichter Form an die SchülerInnen weitergegeben. Bei allen Unterkapiteln ist schon in der Überschrift klar, ob sie Kern- oder Spezialstoff beinhalten. In dieser Phase sollen die SchülerInnen interessiert zuhören, sich genaue Notizen machen und Verständnisfragen stellen.

Nach Ende des Informationsblocks gibt es einen sogenannten Workshop zum Thema. Ein Workshop dauert bis zu zwei Schulwochen, und kann Rechenbeispiele, Schülerexperimente, Naturbeobachtungen, Aufsätze, Forschungsaufträge, etc. beinhalten. Er hat einen verpflichteten Teil und einen Erweiterungsteil. So muß jede SchülerIn zum Beispiel 3 von 7 vorgeschlagenen Rechnungen lösen, ein Experiment durchführen usw. Der Erweiterungsteil beinhaltet den Rest der für den verpflichtenden Teil vorgeschlagenen Aufgaben, bietet aber auch Möglichkeiten für individuelle Interessen (freie Arbeitsaufträge). Diese Formen, Vortrag und Workshop, dienen dem Wissenserwerb für das konkrete Wissensgebiet.

Seminar

Das Seminar ist eine Arbeitsform, die noch spezieller auf individuelle Interessen eingehen soll. Zusätzlich soll sie auf die Matura und das Universitätsstudium (gleich welchen Faches) vorbereiten und die Fähigkeit fördern, vor einer Gruppe zu sprechen. Ein Seminar ist eine Reihe von bis zu sieben Vorträgen, die von SchülerInnen gehalten werden. Die Vorträge sind alle zu einem bestimmten Thema (z.B. Physik und Sport, Phy-

sik in der Renaissance) oder bearbeiten ein Buch (z.B.: Stephen Hawkins: Eine kurze Geschichte der Zeit). Die SchülerInnen bekommen Unterlagen zu den gewählten Themen und müssen ein 10-15 minütiges Referat sowie eine Zusammenfassung von einer Seite vorbereiten. Die Referate werden in einem getrennten Raum nur vor den anderen Seminarteilnehmerinnen (sowie mir) gehalten. Die Zusammenfassungen werden an die Seminarteilnehmer verteilt. Seminare werden während der Workshops abgehalten. Damit soll sichergestellt werden, daß die nicht am Seminar teilnehmenden SchülerInnen über die Dauer des Seminars einer sinnvollen und fachbezogenen Arbeit nachgehen.

Pro Jahr werden vier Seminare abgehalten, so daß jede SchülerIn die Möglichkeit hat einmal teilzunehmen.

Leistungsbeurteilung

Das zentrale Prinzip der Leistungsbeurteilung ist die Transparenz. Es soll ganz klar sein, was verlangt wird und wie sich das Erbringen einer Leistung auf die Note auswirkt. Der Leistungsbeurteilung liegt ein Punktesystem zugrunde. Ich werde im Folgenden kurz erläutern, wofür man Punkte bekommen kann und dann die Tabelle mit der Anzahl der Punkte und der dazugehörigen Noten präsentieren, wobei es mir wichtig ist, die Transparenz und die Kontinuität der Punktvergabe herauszustreichen.

Jedes Semesterdrittel schließt mit einem Test ab, welcher ausschließlich die Kerngebiete der Themen beinhaltet. Die SchülerInnen haben die Garantie, daß im Test nichts verlangt wird, was nicht ausdrücklich als Kernstoff unterrichtet wurde. Die Tests sind Multiple-Choice. Durch die bei dieser Testform vorgegebenen Antworten wird die klare Trennung der Stoffgebiete in Kern- und Spezialstoff unterstützt.

Während der Informationsphase jedes Themenblocks gibt es für SchülerInnen die Möglichkeit, sich am Stundenanfang freiwillig für eine Wiederholung zu melden. Eine Wiederholung pro Semester ist im Punktesystem einkalkuliert, maximal zwei pro SchülerIn werden gewertet. Wiederholungen gehen über den Inhalt der letzten beiden Stunden, können also auch Spezialstoff beinhalten.

Workshops bringen Punkte, die Hälfte für den verpflichtenden Teil, die Hälfte für den Erweiterungsteil. Fristversäumnis bei der Abgabe bewirkt Abzüge.

Die Hefte werden einmal am Ende des Semesters auf Vollständigkeit überprüft, ein gut geführtes Heft bringt Punkte. Damit soll gewährleistet werden, daß die SchülerInnen auch in folgenden Jahren und bei der Matura auf die gegebenen Informationen zugreifen können.

Die Mitarbeit während der Informationsphase eines Themenblocks wird mit Punkten honoriert. Grobe Unkonzentriertheit führt zu Punkteabzug.

Die Teilnahme an einem Seminar bringt Punkte.

Für Sonderleistungen sind immer Zusatzpunkte möglich.

Prüfungen (§5) sind möglich, erfassen aber in jedem Fall nur den Kernstoff und können auch nur eine Veränderung der Punkte aus den Tests bewirken.

Punkte in einem Semester

	pro Themenblock (3 Blöcke)	Maximum in einem Semester
Tests	4	12
Workshop	4	12
Mitarbeit	2	6
Wiederholungen		2 (4)
Heft		3
Sonderleistung		(2)
TOTAL		35 (39)

Noten für das erste Semester

Sehr gut	32 oder mehr
Gut	27 - 31
Befriedigend	22 - 26
Genügend	18 - 21
Nicht genügend	0 - 17

Die Punkte für das erste Semester werden mit 0,8 multipliziert und zu den Punkten des zweiten Semesters addiert (lehrplan-konforme höhere Gewichtung der zuletzt erbrachten Leistungen). Die Teilnahme an einem Seminar ist 10 Punkte wert und zählt im zweiten Semester. Das ergibt bei Teilnahme an einem Seminar ein reguläres Maximum von $35 \cdot 0,8 + 35 + 10 = 73$ Punkten.

Jahresnoten

Sehr gut	67 oder mehr
Gut	57 - 66
Befriedigend	47 - 56
Genügend	37 - 46
Nicht genügend	0 - 36

Jede SchülerIn weiß im Prinzip zu jeder Zeit, wie viele Punkte sie schon erreicht hat oder noch erreichen kann. Das schafft viel Klarheit (auch bei den Eltern).

Erfahrungen

Positiv im Unterricht empfinden die SchülerInnen laut Feedback die klare Trennung in Kern- und Spezialgebiete, also die klare Eingrenzung des überprüften Wissens. Die Multiple-Choice-Tests wurden am Anfang unterschätzt. Doch wenn pro Frage oft mehrere Antworten stimmen können, sind sie nicht so leicht, wie sie aussehen, und sie überprüfen den Wissenserwerb bei sorgfältiger Zusammenstellung genauso gut wie andere Tests. Auch gibt es einige Universitätsstudien, die sich zum Teil dieser Testform bedienen, und es ist für SchülerInnen sicher ein Vorteil, wenn sie im Bedarfsfall bereits mit dieser Testform vertraut sind.

Die Option, sich für Wiederholungen zu melden (Eigenverantwortung für die Note) wird wenig und fast ausschließlich von fleißigen SchülerInnen genutzt.

Die Struktur des Workshop wird gerne angenommen, Diskussionen über den Umfang des verpflichtenden Teiles sind nichts Ungewöhnliches. Die Leistungen im Workshop reichen von intensiver Beschäftigung mit Teilproblemen mit teilweise erstaunlich guten Ergebnissen bis zum eigentlich nicht vorgesehenen Abschreiben von Rechenbeispielen oder Beobachtungen. Diese beiden Erscheinungen sind nicht untypisch für freie Arbeitsformen, sie sind wohl zwei Seiten einer Medaille. Doch nehme ich die Nachteile (ungern) in Kauf, da ich überzeugt bin, daß mit dieser Arbeitsform der selbstverantwortliche, individuelle Wissenserwerb gefördert wird, und dieser ist schließlich eine Schlüsselqualifikation im Berufsleben.

Die Seminare werden gerne angenommen, wohl auch da sie im Punktesystem hoch bewertet werden. Die Referate zu den einzelnen Themen variieren in der Qualität, doch sind hier oft ausgesprochen reife Leistungen zu erleben. Sehr positiv sehen die SchülerInnen die Tatsache, daß sie nur vor der Seminargruppe sprechen müssen, also vor Leuten, die alle selbst einmal sprechen und am Gesamthema interessiert sind. Diese Tatsache und die Gruppengröße (ca. 7 Personen) wirken sich gut auf das Zuhörerverhalten aus. Das Sprechen vor einer Gruppe über ein physikalisches Thema, noch dazu auf Englisch (Englisch ist die Unterrichtssprache an der GIBS), ist wohl zweifelsfrei eine anspruchsvolle Aufgabe, und es ist sicher eine lohnende Erfahrung sowie eine gute Vorbereitung auf Matura, Studium und Beruf.

Die von mir für den Anfang jedes Themenblocks gewählte Form des Unterrichts durch Vortrag und Tafelanschrieb ist sicher nicht optimal und zeitgemäß. Hier eröffnen moderne

Technologien effizientere Alternativen. So ist es denkbar, die Sachinformation über den Kernstoff auf das Schulcomputernetz zu legen oder als Skript zu verteilen. Dann wäre sie verfügbar, und es müßte nicht mitgeschrieben werden. Die dadurch freiwerdenden Zeiträume könnten auf vielfache Weise genutzt werden. Ich bin da noch am Experimentieren.

Das Punktesystem in der Leistungsbeurteilung wird überwiegend positiv aufgenommen. Die große Transparenz hebt Diskussionen über die Note auf eine sachliche Ebene und erleichtert allen Schulpartnern eine Entpersonalisierung eines potentiellen Konfliktes. Nicht verhehlen möchte ich aber ein Problem des Systems. Die Errechnung der Note aufgrund einer Formel ist deterministisch und verringert den Spielraum für alle Beteiligten. Nicht zuletzt kann man immer über die Gewichtung der Teilbereiche streiten. In Summe aber bewährt sich das System.

Abschließende Bemerkungen

Die Anregung, mein Unterrichtskonzept einem breiteren Kollegenkreis bekanntzumachen und einer Diskussion zu öffnen, stammt von meinem Lehrer, Univ.-Prof. Leopold Mathelitsch von der Universität Graz, dem ich an dieser Stelle für seine Unterstützung danken möchte.

Ich hoffe, daß die eine Kollegin oder der andere Kollege die Ideen in diesem Artikel ansprechend findet und eventuell auch kommentiert.

Seminar

Fragen zur Realität und Wirklichkeit in Physik und Philosophie

Beginn: Freitag, 6. März 1998, 9.00 Uhr
Ende: Sonntag, 8. März 1998, 17.30 Uhr

Veranstaltungsort:

Kuffner Sternwarte
1160 Wien, Johann Staudstraße 10

Anmeldeschluß: 24. Februar 1998

Veranstalter: PI des Bundes in Wien, Abt. für Lehrer/innen an Berufsbildenden Schulen, Grenzackerstraße 18, 1100 Wien, Tel.: (01) 60118/4242, Fax: (01)60118/4246

Zeilgruppe: Lehrer/innen, die den Wunsch haben, über menschliche Erkenntnisse aus der Sicht heutiger Physiker und Philosophen zu arbeiten und zu unterrichten.

Auch für AHS-Lehrer/innen

Ziel: Reflexion über den Stellenwert von Physik und Philosophie für die Orientierung des Menschen

Inhalt: Physikalische Grundlagen (Charakter "Physikalischer Gesetze", Physik nach 1900,...), Philosophische Grundlagen (Denken, Erkennen, Wirklichkeit, Realität, ...). Paradoxien der Quantentheorie, Angewandte Quanten-

theorie (neueste Entwicklungen) "Erfordert die Quantentheorie eine neue Erkenntnistheorie?"

Methoden: Vorträge und Impulse durch Team und Teilnehmer/innen, Arbeit in Gruppen aus Teilnehmer/innen und Referenten, Videofilme, WWW als Informationsquelle, Literaturstand

Leitung: Prof. OStR DI Dr. Christian Gottfried
HTBLA Wien 1

Lehrbeauftragte:

Prof. OStR DI Dr. Christian Gottfried
HTBLA Wien 1

Univ.-Prof. Dr. Elemer Nagy,
CPPM Marseille und CERN

Univ.-Prof. Dr. Erhard Oeser,
Institut für Wissenschaftstheorie und Wf., Uni Wien

Univ.-Prof. Dr. Herbert Pietschmann,
Institut für theoretische Physik, Universität Wien

Univ.-Prof. Dr. Anton Zeilinger,
Institut für Experimentalphysik, Universität Innsbruck

N. N.,
Institut für Philosophie, Universität Wien

Entropie

Nico G. van Kampen

Entropie entartet langsam zu einem Modewort. Literaten, Biologen und Wirtschaftswissenschaftler verwenden es, um ihren Tiefsinnigkeiten eine wissenschaftliche Aura zu verleihen. Aber wer die Physik vor seinen Wagen spannen möchte, hat sich der Disziplin des exakten Formulierens und Denkens zu unterwerfen. Dieser Aufsatz ist ein Versuch den Wildwuchs des Wortes Entropie zu bändigen.

Zunächst einige Zitate, die den Wildwuchs illustrieren: "*Die innere Entropie kann zu innerer Wärme und zum Reichtum des Goethianismus transformiert werden*" [1] und: "*Love is not anti-entropic, as some would like*" [2]. Solche Phrasen nimmt niemand ernst, aber es gibt Fälle, die einen Anschein von Wissenschaftlichkeit haben. Um sie ausfindig machen zu können, sollte ich zuerst den wahren Inhalt des Begriffes Entropie beschreiben. Ich beschränke mich dabei auf die klassische Theorie. Für die Quantenmechanik ist die Überlegung in einigen unwesentlichen Punkten anzupassen.

1865 entdeckte Clausius, daß ein System (z.B. ein Gas in einem Gefäß oder ein Stück irgendeines Materials) im thermodynamischen Gleichgewicht neben der Temperatur noch eine andere Zustandsgröße besitzt, die er *Entropie* nannte. Anders als die Temperatur ist diese Größe extensiv, d.h. proportional zum Ausmaß des Systems. Daher kann man für ein System, welches als solches nicht im Gleichgewicht ist, aber aus Subsystemen oder Elementen besteht, die jedes für sich im Gleichgewicht sind, die Entropie als Summe aller Entropien dieser Subsysteme definieren. Ein Beispiel ist ein Gas, dessen Dichte örtlich variiert. Die Subsysteme sind Kästchen im Raum, die nicht miteinander im Gleichgewicht sind. Durch ihre Wechselwirkung miteinander (Austausch von Materie und Wärme) ändern sich ihre individuellen Entropien mit der Zeit. Der 2. Hauptsatz der Thermodynamik sagt aus, daß bei dieser Änderung die Gesamtentropie immer zunimmt, *vorausgesetzt, das System als Ganzes hat keine Wechselwirkung mit der Außenwelt.*

Boltzmann hat die Definition auf Gase erweitert, die auch lokal nicht im Gleichgewicht sind. Jedem makroskopisch vorgegebenen Zustand des Gases (z.B. einer vorgegebenen Dichteverteilung) ordnete er eine Zahl W zu, die die Anzahl der Möglichkeiten auf die man die Moleküle in Übereinstimmung mit dieser makroskopischen Vorgabe mikroskopisch anordnen kann, angibt. Für diese Entropie des Makrozustandes schrieb er seine berühmte Formel $S = k \log W$. S ist extensiv, es nimmt, wie man feststellt, in Folge der Bewegungen und Stöße der Moleküle immer zu, und ist, falls doch lokales Gleichgewicht herrscht, mit der früher definierten Entropie identisch. Zum Zweck dieser Identifikation muß der Faktor $k = R/N$ (R Gas-konstante, N Avogadro'sche Zahl), mit $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Joule/Kelvin hinzugefügt werden.

Dieser Beitrag ist in *Het Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde*, 62/19 (1996) erschienen und wurde von Univ.-Prof. Dr. U. M. Titulaer, Universität Linz, übersetzt. Der Übersetzer dankt Frau S. Schmidt und Herrn Dr. H. Iro für Verbesserungsvorschläge.

Die genaue Definition von W lautet: Im gesamten Phasenraum aller Moleküle ist W der Umfang des Gebietes, das durch die Spezifikation des vorgegebenen Makrozustandes abgegrenzt wird. Als Beispiel: Die Vorgabe, daß das Gas sich in der linken Hälfte des Gefäßes befindet, reduziert den Phasenraum um einen Faktor $(1/2)^N$ und ergibt deshalb eine Entropieerniedrigung $\Delta S = -R \log 2$.

Damit ist alles gesagt, was man braucht um zu wissen, was Entropie ist. Oft spürt man aber das Bedürfnis sich für den Hausgebrauch ein anschauliches Bild zu formen. So ein Bild kann zwar zur Illustration der Definition dienen, darf sie aber nicht ersetzen. Dadurch, daß man sich allein auf das Bild verläßt und die eigentliche Definition vergißt, kann man heillose Verwirrung stiften, wie ich an zwei Beispielen zeigen werde.

Man muß zugeben, daß es auch innerhalb der Physik gelegentlich Mißverständnisse gibt, wie sich bei der Behandlung des 3. Hauptsatzes [3] und des Gibbsschen Paradoxons [4] zeigt. Ferner versagt die Definition bei Teilchen mit Gravitationswechselwirkung; wer über die Entropie des Universums redet, sollte zunächst sagen, was er darunter versteht.

Ein Maß für Unordnung?

Ein großes W bedeutet eine große Freiheit für die Moleküle, was ein Bild großer Unordnung hervorruft. Mit anderen Worten: In dem Ausmaß, in dem der Makrozustand die Bewegung der Moleküle stärker einschränkt, sind sie mehr geordnet. Das Phasenvolumen W ist dann klein, also S niedrig. Daher stammt das Bild der Entropie als ein Maß für Unordnung.

Wer diesem Bild mehr Bedeutung zuerkennt als der richtigen Definition, kann zu beeindruckenden Ergebnissen kommen. Menschen und andere Lebewesen zeigen von ihrer Geburt an eine erstaunliche Zunahme der Ordnung zahlloser Zellen und ihrer Verbindungen untereinander. Daraus wird abgeleitet, daß das Leben im Gegensatz zu toter Materie imstande ist, Entropie abnehmen zu lassen.

In Wirklichkeit jedoch parasitiert ein Lebewesen von der niedrigen Entropie der aufgenommenen Nahrung, die mit erhöhter Entropie wieder ausgeschieden wird. *Erste Warnung:* Wer den 2. Hauptsatz anwenden will, muß es richtig machen. Er gilt für Systeme ohne Wechselwirkung mit dem Rest der Welt. Ein Mensch in einer abgeschlossenen, isolierten Kiste verliert bald seine hochrangige Ordnung.

Diese falsche Vorstellung ist inzwischen zwar überholt, Spuren dieses wiederbelebten Vitalismus trifft man jedoch immer noch an: "*Im Umgang mit Menschen ist es einem gelegentlich vergönnt, das Entropiegesetz durchbrochen zu sehen*" [5]. "*Yet our personal lives also obey the Entropy Law. We go from birth to death*" [2]. "*The Second Law states unequivocally that the entropy of open [sic] systems must increase. Since we are all open systems, this means that all of us are doomed to die*" [6].

Zweite Warnung: Die Entropie mißt die Unordnung der Moleküle, definiert als der Logarithmus des ihnen verfügbaren Phasenvolumens. Das ist *nicht* dasselbe wie das, was bei uns im Alltag den Eindruck von Unordnung entstehen läßt. Der Bier-schaum in einem Glas besteht aus einer ungeordneten Aufstapelung von Luftbläschen. Spontan gehen diese in eine glatte Flüssigkeit über, bei der keine Unordnung zu erkennen ist. Trotzdem hat die Entropie nicht abgenommen: Im Gegenteil, die Moleküle haben mehr Bewegungsfreiheit bekommen, weil

sie nicht länger auf die Zwischenwände der Bläschen beschränkt sind [7]. Was immer der Verfasser der nachfolgenden Prosa meinen möge, auf die Entropie beruft er sich zu Unrecht: "While the Eastern religions have understood the value of minimizing energy flow and lessening the accumulation of disorder, it is the Western religions that have understood the linear nature of history, which is the other important factor in synthesizing a new religious doctrine in line with the requirements of the Entropy Law" [2]. Es steht jedem frei, das Wort "Unordnung" zu verwenden, wie ihm der Schnabel gewachsen ist, aber wenn er sich auf das Entropiegesetz beruft, muß er sich an die echte Definition halten. Eine Aufsehen erregende Mitteilung, die sowohl die erste als auch die zweite Warnung in den Wind schlägt, ist: "The Entropy Law destroys the notion of history and progress" [2].

Mangel an Information?

Ein anderes verwirrendes Bild entsteht etwa wie folgt: Wenn die makroskopischen Vorgaben wenig Einschränkungen beinhalten, weiß man wenig darüber, wo sich die Moleküle im Phasenraum befinden. Je mehr Vorgaben, desto mehr Information, aber zugleich je kleiner W , desto niedriger S . Information entspricht deshalb negativer Entropie.

Diese Aussage ist richtig, vorausgesetzt, man definiert Information auf diese Weise (und dann ist sie eine Tautologie). Sie sagt nichts aus über die Information, von der in einem anderen Zusammenhang oder im täglichen Leben die Rede ist. Darauf läßt sich dann der 2. Hauptsatz auch nicht anwenden. Man darf also nicht sagen: "Since biological information resides in biological systems and has a physical interpretation, it must be subject to the consequences of the second law" [8].

Dritte Warnung: Selbst wenn man nach Shannon die "Information" einer Mitteilung formal in der Anzahl von bits ausdrückt, ist sie in Relation zur thermischen Entropie wegen der enormen Differenz in der Größenordnung winzig. Das kommt daher, weil die Anzahl der Moleküle so unvorstellbar viel größer ist als jede Anzahl von Objekten in unserer makroskopischen Welt. Ein Buch von 1000 Seiten mit 50 Zeilen à 70 Buchstaben, ausgewählt aus einem Alphabet von 64 Symbolen, bildet einen Phasenraum von $64^{3500000}$ Punkten. Die "Information", die in einem solchen Buch enthalten ist, entspricht also $\log W = 3,5 \times 10^6 \log 64$. Dies mag als eine große Zahl erscheinen, trägt aber zur Thermodynamik nicht bei. Diese beschäftigt sich mit Entropien der Ordnung $k \log W$, also in diesem Fall $S = k \times 3,5 \times 10^6 \log 64 = 8,7 \times 10^{17}$ Joule/Kelvin. Durch den Verzehr einer Wurstsemmel erhält man unsagbar mehr "Information" als durch das Lesen dieses Artikels.

Dieser Informationsbegriff wird gerne auf die biologische Evolution angewendet. Ein Beispiel ist das nachfolgende Zitat: "Selektion jedoch bedeutet Beseitigung genetischer Information, während man für echte Evolution, die über die Artenebene hinausgeht, 'von der Amöbe zum Menschen', einen starken informationserzeugenden Mechanismus brauchen würde" [9]. Solche Ideen können als Pseudo-Wissenschaft abgetan werden. Daß im Laufe der Jahrtausende der Informationsinhalt der DNA zunimmt, steht nicht in Widerspruch zum 2. Hauptsatz. Die Zunahme der Information ist völlig unbedeutend verglichen mit der enormen Zunahme der Entropie der Umgebung, durch die das Leben aufeinanderfolgender Generationen

des Organismus ermöglicht wurde. Der Entropiesatz kann nicht als Argument für oder gegen Darwin angeführt werden.

Der Mißbrauch des Wortes Entropie zur Unterstützung verschwommener Betrachtungen führt zu weiteren unverständlichen Aussagen: "The tendency of institutions to become larger, more complex, and more centralized is the same tendency we see with various forms of technology. The reason for this can be found in the operation of the Entropy Law" [2]. "Christliche Theologen glauben, aus der Entropie auf die Endlichkeit der Welt und dadurch auf das Dasein Gottes schließen zu können" [10]. "Ich kann mir übrigens bessere Gründe vorstellen, ferne Länder kennenzulernen, ehe sich die allgemeine Kulturentropie vollzogen hat" [5].

Niemand lasse sich von solch unbedarftem Gebrauch des Wortes Entropie beeindrucken. Es zeigt nur, wie wenig der Verfasser begriffen hat, was Entropie und Wissenschaft sind. Mir wird angst und bange, wenn die Universität Amsterdam für einen Kurs mit den Worten wirbt "Das Thema Entropie, Evolution und Intelligenz wird sowohl aus naturwissenschaftlicher als auch gesellschaftswissenschaftlicher Sicht beleuchtet, von der Physik und Astronomie bis zur Psychologie und Ökonomie". Pseudowissenschaft als Köder für Studenten?

Literatur

- [1] A. Burnier, zitiert von M. 't Hart in: *De vrouw bestaat niet* ('Die Frau gibt es nicht') (Arbeiderspers, Amsterdam, 1982).
- [2] J. Rifkin and T. Howard, *Entropy, A New World View* (Granada Publ., London, 1985).
- [3] H. Casimir, *Zeits. für Physik* 171, 246 (1963).
- [4] N.G. van Kampen in: *Essays in Theoretical Physics in honour of Dirk ter Haar*, Herausg. W.E. Parry (Pergamon Press, Oxford, 1984).
- [5] R. Rubinstein, *Wat Vliegt de Tijd* ('Wie verfliegt doch die Zeit!') (Meulenhof, Amsterdam, 1992).
- [6] J.E. Lovelock, *Gaia, A New Look at Life on Earth* (OUP, 1987).
- [7] J. Zernike, *Entropy* (Kluwer, Deventer, 1972).
- [8] B.H. Weber et al. (Herausg.), *Entropy, Information, and Evolution* (MIT Press, Cambridge, Mass., 1988), p. 177.
- [9] J. Bruinsma, in *NRC-Handelsblad* (15-8-1995).
- [10] *Philosoph. Wörterbuch* (Kröner Verlag, Stuttgart, 1969), p. 139.

Zum Autor

Dr. Nico G. van Kampen ist emeritierter Professor für theoretische Physik an der Universität Utrecht (Niederlande). Er ist ein weltweit anerkannter Fachmann für statistische Mechanik. N.G. van Kampen studierte in Leiden und promovierte dort bei H.A. Kramers. In seiner Doktorarbeit wendete er die Ideen von Kramers über Renormierung auf die Kopplung eines Atoms an die Schwingungsmoden des Strahlungsfeldes an; die Kopplung führt zu einem typischen, unumkehrbaren Prozeß, dem spontanen Zerfall von angeregten Zuständen. Die Herleitung eines irreversiblen Vorganges aus einem mechanischen Modell ist eines der Grundprobleme der statistischen Physik, welches schon Ludwig Boltzmann beschäftigte. Die Leidener Tradition in der statistischen Physik geht auf den gebürtigen Österreicher Paul Ehrenfest zurück, der dort von 1912 bis 1933 lehrte. Ehrenfest, einer der letzten Schüler Boltzmanns, trat sehr für die Verbreitung und Erklärung der Ideen Boltzmanns ein. Auch van Kampen hat sich in zahlreichen Veröffentlichungen mit den begrifflichen Grundlagen der statistischen Physik auseinandergesetzt.

Nobelpreis für Chemie 1997

Der Chemie-Nobelpreis 1997 ging je zur Hälfte an Professor Paul D. Boyer (University of California, Los Angeles) gemeinsam mit Dr. John E. Walker (Lab. of Molecular Biology, Cambridge, UK) für die

Aufklärung des enzymatischen Mechanismus der Adenosintriphosphat-(ATP)-Synthese

und an Professor Jens Skou (Universität Aarhus, Dänemark) für die

erste Entdeckung eines ionentransportierenden Enzyms, der Na^+, K^+ -ATPase.

Boyer und Mitarbeiter haben auf der Grundlage biochemischer Daten einen Mechanismus vorgeschlagen, wie ATP aus Adenosindiphosphat (ADP) und anorganischem Phosphat gebildet wird. Walker hat mit Mitarbeitern die Struktur des beteiligten Enzyms, der ATP-Synthase, gefunden und den von Boyer vorgeschlagenen Mechanismus verifiziert.

Das von Jens Skou entdeckte Enzym, die Natrium-, Kalium-stimulierte Adenosintriphosphatase, hält das Gleichgewicht der Natrium- und Kalium-Ionen in der lebenden Zelle aufrecht.

Beide Enzyme sind an Zellmembranen gebunden und stehen mit dem Transport von Ionen durch die Membranen - allerdings aus verschiedenen Gründen - in Zusammenhang.

ATP - der universelle Energieträger in der lebenden Zelle

Der deutsche Chemiker Karl Lohmann entdeckte ATP im Jahr 1929. Nach der Aufklärung der Struktur synthetisierte der Schotte Alexander Todd (Nobelpreis 1957) 1949 ATP. In den Jahren 1939-41 konnte Fritz Lipmann (Medizin-Nobelpreis 1953) zeigen, daß ATP der universelle Träger der chemischen Energie in der Zelle ist, und prägte den Ausdruck "energiereiche Phosphatbindungen".

ATP fungiert als Energiespeicher in allen lebenden Organismen von den Bakterien und Pilzen bis zu Pflanzen und Tieren, den Menschen eingeschlossen. ATP speichert die bei der Verbrennung von Nahrung freiwerdende Energie und stellt sie beim Aufbau von Zellbestandteilen, bei der Muskelkontraktion, der Übertragung von Nervensignalen und anderen Funktionen zur Verfügung. ATP wurde "energetisches Kleingeld" der Zelle genannt.

ATP besteht aus dem Nukleotid Adenosin gebunden an drei Phosphatgruppen. Bei der Entfernung der äußersten Phosphatgruppe entsteht Adenosindiphosphat (ADP), während die gleichzeitig freigesetzte Energie für andere Reaktionen verfügbar ist. Umgekehrt kann unter Energieaufwand eine anorganische Phosphatgruppe an ADP gebunden werden, wodurch ATP entsteht. Beträchtliche Mengen von ATP werden gebildet und umgesetzt. In Ruhe setzt ein Erwachsener täglich ATP entsprechend seinem halben Körpergewicht um, während bei

harter Arbeit dies bis zu einer Tonne zunehmen kann. Ein Großteil der ATP-Synthese wird durch das Enzym ATP-Synthase bewirkt. In Ruhe verbraucht die Na^+, K^+ -ATPase ein Drittel des gebildeten ATP.

ATP-Synthase: eine besondere molekulare Maschine

In den 40er- und 50-Jahren wurde erkannt, daß ATP primär bei der Zellatmung in den Mitochondrien und bei der Photosynthese in den Chloroplasten gebildet wird. 1960 isolierte Efraim Racker aus Mitochondrien das Enzym „ $\text{F}_0\text{F}_1\text{ATPase}$ “, heute ATP-Synthase genannt. Das Enzym enthält in einem Teil F_1 das katalytische Zentrum, während der Teil F_0 den F_1 -Teil an die Membran bindet. Das Enzym existiert sowohl in Chloroplasten wie auch in Bakterien. Peter Mitchell formulierte 1961 die chemiosmotische Hypothese, wofür er 1978 den Nobelpreis erhielt. Er zeigte, daß die Zellatmung zu einer inner- und außerhalb der Mitochondrienmembran unterschiedlichen Wasserstoffionenkonzentration führt, und daß ein Strom von H-Ionen die Bildung von ATP antreibt, woran der F_0 -Teil beteiligt ist.

Paul Boyer begann seine Untersuchungen der ATP-Bildung in den frühen 50er-Jahren und ist immer noch in der Forschung aktiv. Er konzentrierte sich darauf, mit Isotopentechniken herauszufinden, wie ATP-Synthase wirkt und wie sie Energie einsetzt, neue ATP zu bilden. Seine Arbeit hatte in den letzten Jahren großen Erfolg. John Walker untersuchte ATP-Synthase ab den frühen 80er-Jahren. Er sah, daß eine genaue Kenntnis

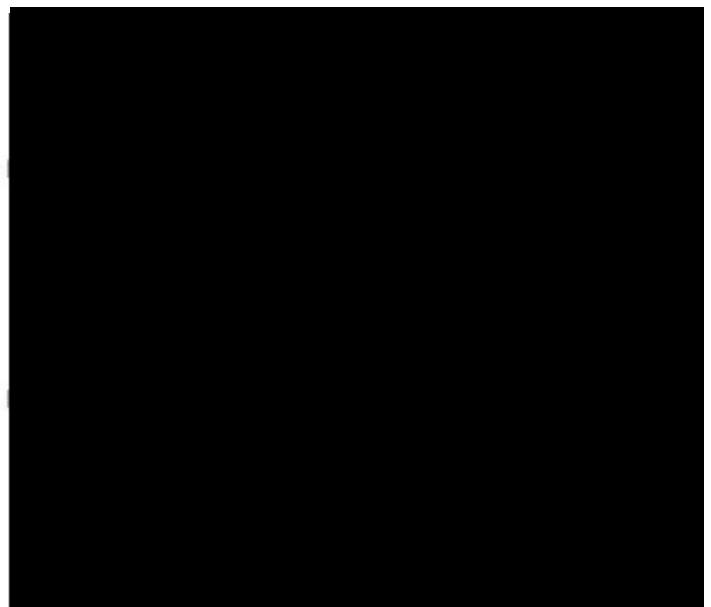


Abb. 1: Vereinfachtes Bild der ATP-Synthase. In der Membran sitzt der F_0 -Teil, durch den H-Ionen strömen. Außerhalb der Membran synthetisiert der F_1 -Teil ATP. Wenn die H-Ionen mittels der Bausteine c durch die Membran fließen, muß sich F_0 drehen. Die Untereinheit γ ist an F_0 angeheftet, so daß sie sich mitdreht. Die je 3 Untereinheiten α , β können jedoch nicht rotieren, da sie über b fest mit der Membran verbunden sind. Daher rotiert γ innerhalb der α , β . γ ist unsymmetrisch, wodurch es Strukturänderungen in den β erzwingt, was zu unterschiedlichen Bindungsstärken mit ATP und ADP führt.

Quelle: Pressemitteilung der Nobel-Stiftung, übersetzt und gekürzt von Red.

der Chemie und der Struktur eines Enzyms notwendig ist, wenn man seine Funktion *m* Detail verstehen möchte. Daher bestimmte er die Aminosäuresequenzen in den Proteinbausteinen. In den 90er-Jahren arbeitete er mit Kristallographen bei der Aufklärung der dreidimensionalen Struktur der ATP-Synthase zusammen. Bisher konnte die Struktur des F_1 -Teils gelöst werden.



Abb. 2: Boyers Mechanismus des Bindungswechsels. Die β -Untereinheiten ändern sich bei der Drehung durch γ . In Phase A ist ATP fertig synthetisiert. In Schritt nach B werden ADP und anorganisches Phosphat gebunden; in C sehen wir, wie sich γ durch den H-Ionenstrom gedreht hat, es wird ATP freigesetzt. Im letzten Schritt reagieren die Phosphationen mit dem ADP-Molekül zu ATP.

Boyer und Mitarbeiter fanden, daß im Gegensatz zur allgemeinen Meinung nicht die Synthese von ATP aus ADP und Phosphaten Energie erforderte, sondern die Bindung von ADP und des Phosphats an das Enzym und die Freigabe des gebildeten ATP. Trotzdem wird in ATP ein Energieüberschuß gespeichert. Dadurch unterscheidet sich ATP-Synthase von der Mehrheit aller Enzyme, für die die gesamte katalytische Reaktion Energie erfordert. Trotz des unsymmetrischen Aufbaus von F_1 kann das Enzym nur in einer Weise reagieren. F_1 besteht aus 5 strukturellen Untereinheiten α , β (die je dreifach vorhanden sind) und die einfach vorhandenen γ , δ und ϵ und. Boyer konnte zeigen, daß γ , δ und ϵ in einem Zylinder rotieren, der abwechselnd aus den Untereinheiten α und β besteht. Die Drehung induziert Strukturänderungen in β , wodurch sich seine Fähigkeit zu binden periodisch ändert. Boyer nannte daher die ATP-Synthase eine molekulare Maschine. (Die Drehung des F_1 -Teils konnte jüngst von Masasuke Yoshida und Mitarbeitern unter dem Mikroskop sichtbar gemacht werden: Sie hefteten eine Faser des Muskelproteins Actin an γ , während die β an ein Substrat geheftet wurden. Unter dem Mikroskop konnte nachgewiesen werden, wie die Actinfaser mit zunehmender ATP-Konzentration immer schneller rotierte.)

Na⁺,K⁺-ATPase - eine molekulare Pumpe

Seit den 20er-Jahren ist bekannt, daß die Natriumkonzentration in der lebenden Zelle niedriger, die Kaliumkonzentration höher ist als in der Flüssigkeit außerhalb. Durch die Arbeiten der Engländer Richard Keynes und Alan Hodgkin (Nobelpreis

Paul D. Boyer promovierte 1943 an der University of Wisconsin. Von 1963 bis 1989 Professor für Chemie an der University of California at Los Angeles (UCLA), von 1965 bis 1983 Direktor des Instituts für Molekularbiologie am UCLA.

John E. Walker promovierte an der Oxford University, Großbritannien. Seit 1982 ist er Forschungschef des Medical Rese-

1963) in den frühen 50ern wußte man, daß bei der Erregung eines Nervs Natriumionen in die Nervenzelle strömen. Durch Rücktransport von Natrium wird der Konzentrationsunterschied wieder hergestellt. Dieser Transport erfordert offensichtlich ATP, da durch Verhinderung der ATP-Bildung auch der Ionentransport unmöglich wird.

Mit diesem Wissen begann Jens Skou die Suche nach einem ATP-abbauenden Enzym in der Nervenmembran, das mit dem Ionentransport in Verbindung steht. 1957 veröffentlichte er die erste Arbeit über ATPase, die durch Na^+ und K^+ -Ionen aktiviert wird. Als erster beschrieb er ein Enzym, das den gerichteten Transport von Substanzen durch Zellmembranen fördert. Seither wurde diese Fähigkeit bei zahlreichen Enzymen nachgewiesen.

In seinen Experimente benutzte Skou fein zermahlene Nervenmembranen von Krabben. Das ATP-abbauende Enzym konnte durch vermehrtes Angebot von K-Ionen angeregt werden, die Anregung war bei den in Nervenzellen üblichen Na- und K-Konzentrationen maximal. Aus den weiteren Untersuchungen ergab sich schließlich folgendes Bild: Das Enzym besteht aus 2 Untereinheiten. Die erste ist der aktive Teil, die zweite stabilisiert vermutlich das Molekül. Die Enzym-Moleküle sind in die Zellmembran eingebettet, so daß ein Teil ihrer Oberfläche in den Außenraum, ein anderer in den Innenraum der Zelle schaut. Drei Na-Ionen und ATP binden an die innere Oberfläche. Anschließend wird ein Phosphat von ATP an die Aminosäure Asparagin im Enzym übertragen, worauf ADP freigesetzt wird und das Enzym seine Gestalt so ändert, daß die Natrium-Ionen hinaus transportiert werden. Sie werden freigelassen und an ihrer Stelle lagern sich zwei K-Ionen an. Wenn das Phosphat-Ion vom Enzym freigegeben wird, werden die K-Ionen in die Zelle transportiert und freigesetzt, wenn neues ATP an das Enzym bindet. Da mehr Na-Ionen hinaus transportiert werden als K-Ionen hinein, wird quer zur Membran eine elektrische Potentialdifferenz aufgebaut. Letztere ist eine Bedingung dafür, daß sich eine Nerven- oder Muskelzelle ausbreiten kann. Daher führt Nahrungs- oder Sauerstoffmangel im Gehirn schnell zu Bewußtlosigkeit, da die ATP-Bildung aufhört und daher die Ionenpumpe anhält. Außerdem schwellen die Zellen an, wenn die Pumpe steht. Die unterschiedliche Na-Konzentration zwischen Innen und Außen ermöglicht die Aufnahme von für die Zelle wichtigen Nährstoffen wie Glukose und Aminosäuren. Sie kann auch zum Transport anderer Ionen durch die Zellwand führen: Statt Na hineinzutransportieren können Ca-Ionen heraus transportiert werden. Durch letzteren Mechanismus kann Digitalis die Herzfähigkeit unterstützen.

arch Council Laboratory of Molecular Biology, Cambridge. Seit 1995 Mitglied der Royal Society, London.

Jens C. Skou studierte in Kopenhagen und promovierte 1954 in Aarhus, wo er 1963 Professor für Physiologie wurde. 1977 wurde er in Aarhus auch zum Professor für Biophysik ernannt.

Nobelpreis für Physik 1997

Der Physiknobelpreis 1997 wurde den Professoren Steven Chu (Universität Stanford) und Claude Cohen-Tannoudji (Collège de France, Paris) sowie Dr. William D. Phillips (National Institute of Standards and Technology, USA) zuerkannt für die

Entwicklung von Methoden, Atome mit Laserlicht zu kühlen und einzusperren.

Bei Raumtemperatur bewegen sich Atome und Moleküle, z.B. die Luftmoleküle in beliebige Richtungen mit Geschwindigkeiten bis etwa 4000 km/h. Es ist daher schwierig, Atome einzeln zu studieren. Durch Abkühlen läßt sich ihre Geschwindigkeit reduzieren, doch verhindern Kondensation und Gefrieren eine Untersuchung einzelner Moleküle. Man muß daher beim Abkühlen die Dichte gering halten, d.h. Einzelatome im Vakuum untersuchen. Jedoch erst im Mikro-Kelvin-Bereich bewegen sich beispielsweise H-Atome mit Geschwindigkeiten unter 25 cm/s. Die Preisträger entwickelten Methoden, Gase mittels Laserlicht in den Mikro-Kelvin-Bereich abzukühlen, und die kalten Atome in verschiedenen Atomfallen einzufangen. Das Laserlicht wirkt wie dabei eine dicke zähe Flüssigkeit, die von Chu auch als optische Molasse bezeichnet wird, in der die Atome gekühlt werden. Experimente mit solch kalten Atomen haben zu einem tieferen Verständnis der Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie geführt und auch die Experimente zur kürzlich beobachteten Bose-Kondensation ermöglicht.

Abbremsen von Atomen mittels Licht

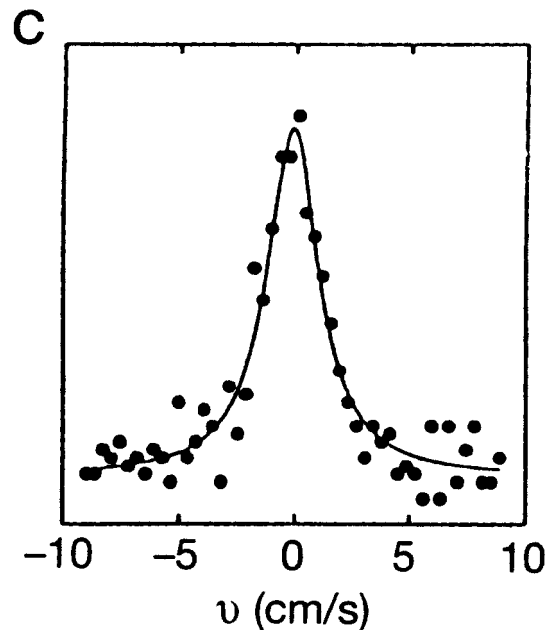
Die genaue Energie, bei der Photonen Atome beeinflussen können, hängt von der Struktur, den Energieniveaus der Atome ab. Wegen des Dopplereffekts hängt sie von der Geschwindigkeit der Atome ab. Wenn sich Licht und Atome einander entgegen bewegen, muß das Licht zur Absorption eine niedrigere Frequenz besitzen als für ruhende Atome. Bei der Absorption erhält das Atom Energie und Impuls des absorbierten Photons. Dadurch wird es geringfügig abgebremst. Nach etwa 10^{-8} Sekunden wird wieder ein Photon emittiert, allerdings in eine beliebige Richtung, so daß das Atom einen kleinen Rückstoß erleidet. Wegen der zufälligen Richtung des Rückstoßes wird nach zahlreichen Licht-Atom-Wechselwirkungen die Geschwindigkeit der Atome beträchtlich abgenommen haben. Bedingung sind allerdings starke abstimmbare Laser.

Diese Methode wurde 1985 - nach einem Vorschlag von Hänsch und Schawlow aus dem Jahr 1975 - von Chu und Mitarbeitern am Bell Lab entwickelt. Sie benutzten 6 paarweise entgegengesetzte, auf einander senkrechte Laserstrahlen, um Natriumatome im Schnittpunkt der Laserstrahlen zu kühlen. In welche Richtung sich die Atome auch bewegten, sie bewegten sich gegen einen der Laserstrahlen und wurden durch Lichtabsorption gekühlt. Schließlich bildeten sie eine erbsgroße Wolke aus kalten Atomen, deren Fluoreszenz mit freiem Auge beobachtbar war. Die erreichbare Temperatur ist in einem ein-

fachen Modell (Atom habe nur Grund- und ersten angeregten Zustand) durch die natürliche Linienbreite bestimmt: für Natrium 240 μ K.

Durch ein zusätzliches inhomogenes Magnetfeld, dessen Stärke vom Zentrum nach außen ansteigt, führt die Zeeman-Verschiebung zusammen mit der Doppler-Verschiebung der Niveaus zu einer auf das Zentrum gerichteten Kraft. In dieser magneto-optischen Falle lassen sich Atome minutenlang speichern. Dabei gab es eine Überraschung: Die Temperatur der Atome wurde zu 40 μ K gemessen, weit unter dem durch den Dopplereffekt begrenzten Wert! Die Lösung: das theoretische Modell war zu vereinfacht, die Wechselwirkung zwischen polarisiertem Licht, Magnetfeld und den niedrigsten Energieniveaus von Natrium ermöglichte es.

Die nächste Grenze, die sog. Rückstoßgrenze, erwies sich ebenfalls als überwindbar. Zunächst war zu erwarten, daß eine Geschwindigkeitsreduktion unter die Rückstoßgeschwindigkeit, die ein Atom bei der Emission eines Photons erhält, nicht möglich ist. Der Ausweg besteht in einer Entkopplung von Atomen mit Geschwindigkeit $v = 0$ vom Laserfeld, der sogenannten Dunkelresonanz: Beleuchtet man ein Ensemble von Atomen mit Licht geeigneter Polarisation aus entgegengesetzten Richtungen, so interferieren die Übergangsamplituden aus unterschiedlichen Grundzustandsniveaus in ein gemeinsames angeregtes Niveau destruktiv, und der angeregte Zustand koppelt nicht mehr an das Lichtfeld. Bei Helium ließ sich damit eine Temperatur von 0,18 μ K erreichen, die Heliumatome bewegen sich dabei mit Geschwindigkeiten um 2 cm/s.



Dreidimensionale Laserkühlung von Heliumatomen unter die Rückstoßgrenze: Geschwindigkeiten 0 ± 2 cm/s.

Eine der spektakuläreren Anwendungen der kalten Atome ist eine kürzlich gebaute Atomuhr, in der ein Springbrunnen von Cs-Atomen - langsame Atome laufen auf einer Wurfparabel

Quelle: Pressemitteilung der Nobel-Stiftung, übersetzt und gekürzt von Red.

zweimal durch ein Mikrowellenfeld von 9,17 GHz, durch die im Vergleich zu herkömmlichen Cs-Atomstrahluhren geringe Geschwindigkeit ist die Wechselwirkungszeit um Größenordnungen erhöht verwendet wird. Dies ist die derzeit genaueste Atomuhr mit einer Ganggenauigkeit von $2 \cdot 10^{-15}$, entsprechend etwa 1 Sekunde in 100 Millionen Jahren. Eine weitere Anwendung könnte die Atomstrahlolithographie werden zur Herstellung bisher nicht realisierbarer Nanometerstrukturen - die dazu notwendigen "optischen" Elemente sind "Linsen" aus stehenden Lichtwellen.

Steven Chu, geboren in Saint Louis, USA, promovierte 1976 in Physik an der Universität Berkeley. Von 1978 bis 1987 arbeitete er in den Bell Labs, seither ist er Professor an der Universität Stanford.

Claude Cohen-Tannoudji, geboren in Algerien, kam 1953 nach Paris. Sein Doktorat machte er 1962, seit 1964 ist er Professor an der Université de Paris und gehört seit 1973 dem Collège de France an.

William Phillips promovierte 1976 am MIT und arbeitet seit 1978 am National Institute for Standards and Technology.

Computorexperimente mit der menschlichen Stimme

Ivo Verovnik und Leopold Mathelitsch

Zur Analyse von Klängen, wie sie etwa von Musikinstrumenten erzeugt werden, müssen vorerst Druckschwankungen in sehr hoher zeitlicher Auflösung aufgenommen werden (Fig. 1a), d.h. es muß eine große Datenmenge erfaßt werden. Im weiteren werden diese Daten mittels Fouriertransformation in aussagekräftigere Parameter und Darstellungen, wie Frequenzspektrum (Abb. 1b) und Sonagramm (Abb. 2) übergeführt.

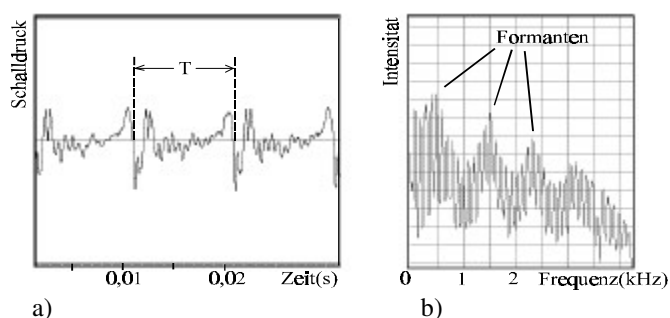


Abb. 1: Der Vokal "e", gesprochen mit einer Frequenz von 100 Hz.
a) Wellenform des Schalldrucks. b) Frequenzspektrum.

Solche Auswertungen konnten bis vor wenigen Jahren nur mit aufwendigen Computern in speziellen Forschungszentren durchgeführt werden. Die rasante Entwicklung der Computertechnik ermöglicht es heute aber, diese Untersuchungen und Berechnungen auch von einem Personal-Computer durchzuführen, wobei die benötigte Software allgemein erhältlich ist. Im folgenden möchten wir ein derartiges Auswertesystem vor-

stellen und anregen, dieses auch im Physikunterricht einzusetzen. Das System ist so einfach zu bedienen, daß es selbst Schüler damit einfache Untersuchungen ("Miniforschungen") durchführen können. Als Anwendungsbeispiel wollen wir hier die physikalischen Grundlagen der menschlichen Stimme diskutieren.

Die von uns verwendete Hardware besteht aus der Soundcard Sound Blaster 16 [1], wobei als Grundeinheit ein PC der Generation 386 und aufwärts benötigt wird. Das Shareware Programm Cool Edit [2] erlaubt, Daten über ein Mikrofon online aufzunehmen und zu speichern, kann aber auch Daten von einer Audio-CD übernehmen. Die Darstellung der Daten erfolgt als Zeitentwicklung der Schallwelle (Abb. 1a) oder als Fouriertransformierte in Form eines Frequenzspektrums (Abb. 1b). Mehr Aussagekraft hat ein sogenanntes Sonagramm, das die Zeitentwicklung der einzelnen Frequenzen (Grund- bzw. Obertöne des Schalls) wiedergibt, wobei die Intensitäten der einzelnen Partialtöne durch die Stärke der Grauschattierung gezeigt sind (Abb.2).

Mit diesem Instrumentarium können die Grundprinzipien einer Stimmformung gezeigt werden. Die Stimmlippen schwingen mit einer bestimmten Periode, die die Höhe des ausgesandten Tons angibt. Das Beispiel von Abb. 1 zeigt eine Schwingungsdauer von $T = 0,01$ s (Abb. 1a) bzw. die entsprechende Grundfrequenz von $f = 100$ Hz (Abb. 1b und linke Hälfte von Abb. 2). Abb. 1b zeigt den Grundton mit der Frequenz f und eine große Anzahl von ausgeprägten Obertönen, deren Frequenzen ganzzahlige Vielfache des Grundtons sind.

Der von den Stimmlippen ausgesandte Ton wird durch die Mundhöhle als Resonator verformt. Die Mundhöhle hat be-

Ivo Verovnik, Staatsschulrat Slowenien, Ljubljana, Slowenien;
Leopold Mathelitsch, Inst. f. Theoret. Physik, Univ. Graz, Österreich

stimmte Eigenfrequenzen, die sogenannten Formanten. Sie verändern den Stimmklang so, daß bestimmte Frequenzbereiche verstärkt werden. Die frequenzmäßigen Positionen der Formanten (besonders der ersten zwei) bestimmen den Vokal, der gesprochen wird. Abb. 2 zeigt den Vokal "e", gesprochen mit der Grundfrequenz 100 Hz bzw. 200 Hz. Das Frequenzmuster wird dabei auf das Doppelte vergrößert, die Lage der Formanten bleibt unverändert.

Schüler können nun selbst experimentieren und etwa die Unterschiede zwischen den einzelnen Vokalen anhand der Formanten aufzeigen (Abb. 3). Sie können untersuchen, welche physikalische Eigenschaften die Konsonanten innehaben, sie können Frauen-, Männer- und Kinderstimmen vergleichen oder Unterschiede zwischen einzelnen Stimmen erkunden (das Geheimnis des Timbres erforschen).

Die Möglichkeit der Verwendung von Audio-CDs erlaubt auch die gezielte Analyse von Singstimmen. Man kann Eigenheiten einer im europäischen Opernstil (bel canto) ausgebildeten Stimme erkennen, von denen eine in Abb. 4 gezeigt ist. Neben den für die Vokalbildung zuständigen Formanten ergibt sich bei etwa 2500-3000 Hz ein sogenannter Singformant. Dieser wird dadurch gebildet, daß sich der Kehlkopf während einer Gesangsausbildung etwas senkt und damit ein zusätzlicher Hohl-/Resonanzraum gebildet wird. Dieser Singformant ist hauptsächlich dafür verantwortlich, daß eine Singstimme ein Orchester "übertönen" kann [3].

Es können weitere Eigenschaften einer ausgebildeten Singstimme, wie z.B. das Vibrato, untersucht werden, es können die Stimmen von Opern-, Musical- oder Schlagersängern verglichen werden usw. Auch Besonderlichkeiten wie Jodeln, Bauchreden können untersucht werden.

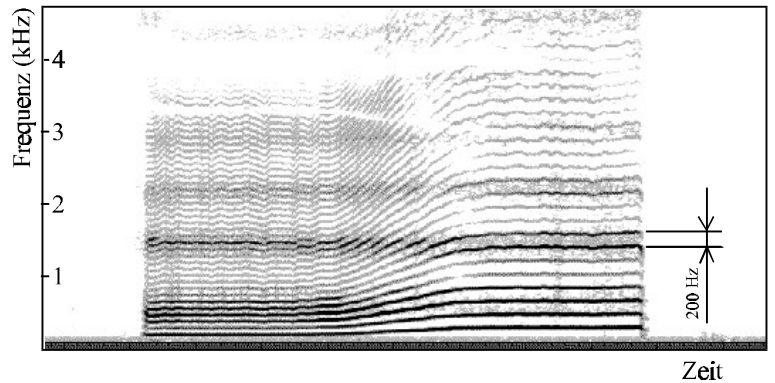


Abb. 2: Der Vokal "e", gesprochen mit einer Frequenz von 100 Hz (linker Teil) und von 200 Hz (rechts).

Wir wollten mit diesem Beispiel die Möglichkeiten aufzeigen, die sich aus einem System von Hard- und Software ergeben, das auch für den Schulunterricht durchaus erschwinglich und zugänglich ist [4]. Andere mögliche Anwendungen, etwa die Analyse der Töne von Instrumenten oder der Geräusche unserer Umwelt ganz allgemein, zeigen weiters, wie der Einsatz eines solchen Systems zu einer Bereicherung des Akustikunterrichts beitragen kann.

- [1] Sound Blaster 16, Creative Labs, Creative Technology Ltd., Singapore, Fax: +65 773 0353.
- [2] Cool Edit 96, Syntrillium Software Corporation, Phoenix, USA. E-mail: syntrill@aol.com. Es ist eine Grundgebühr von US\$ 50,- zu entrichten.
- [3] L. Mathelitsch, G. Friedrich, *Die Stimme*, Springer Heidelberg, 1995.
- [4] Das in Österreichs Schulen eingesetzte System DIBOX/WIN-LAB kann mittels des Softwarepakets "Akustik 1" (Fa. ZOESOFT) Fourieranalysen in einem Frequenzbereich von 40 Hz bis 80 kHz durchführen; die Ausgabemöglichkeit mittels eines Sonagramms ist allerdings nicht vorgesehen.

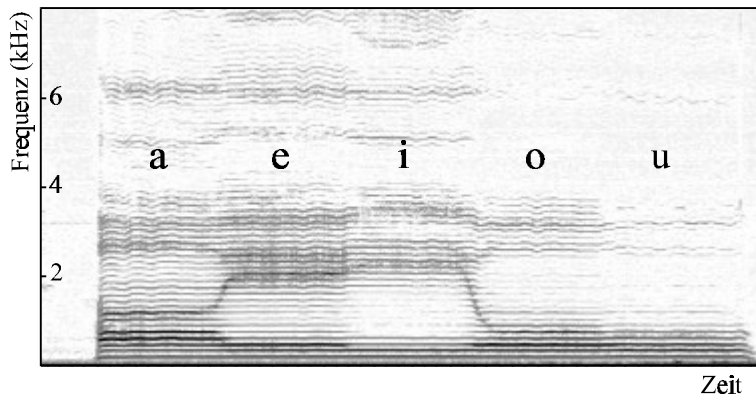


Abb. 3: Sonagramm der einzelnen Vokale.

Abb. 4: Frequenzspektrum der Stimme von José Carreras.



Dampf und Tropfen

Betrachtungen rund um die Luftfeuchtigkeit

Roman Dengler

Einleitung

Was hat Nebelbildung mit Schlittschuhlaufen zu tun? Auf den ersten Blick recht wenig. Unter dem Gesichtspunkt der Thermodynamik zeigen sich jedoch Gemeinsamkeiten, denn in beiden Fällen erfolgt der Übergang von einem Aggregatzustand in einen anderen. Zur Beschreibung wird jeweils eine Gleichung dienen, die von zentraler Bedeutung in der Wärmelehre ist. Mit Hilfe dieser kann man Aussagen über die Luftfeuchtigkeit ebenso machen, wie man erklären kann, warum Eis unter dem Druck der Kufen von Schlittschuhen schmilzt.

Neben der Diskussion von Anwendungsmöglichkeiten der angesprochenen Gleichung wird der Zusammenhang zwischen Luftfeuchtigkeit und Taupunkttemperatur ebenso aufgezeigt, wie die Bedeutung von Keimen für die Kondensation von Wasserdampf.

Die Clausius-Clapeyron-Gleichung

Die sog. Clausius-Clapeyron-Gleichung beschreibt den Zusammenhang zwischen Druck und Temperatur bei Phasenübergängen. Warum schmilzt Eis unter Druck? Wie ändert sich der Siedepunkt, wenn sich der Luftdruck ändert? – Solche Fragen lassen sich dann beantworten. Um die Gleichung zu gewinnen, bedient man sich – wie bei vielen Gelegenheiten in der Thermodynamik – eines Kreisprozesses. Auf eine Herleitung wird hier verzichtet, da die Bedeutung von Kreisprozessen an einem anderen Beispiel aufgezeigt wird.

$$\frac{dp}{dT} = \frac{Q}{(V_1 - V_2)T} \quad (1)$$

Mit (1) haben wir die *Clausius-Clapeyron-Gleichung*, die u.a. eine Aussage über die Temperaturabhängigkeit des Dampfdrucks macht.

Sehen wir uns als Anwendung zwei unterschiedliche Beispiele genauer an:

a) Schmelzpunkterniedrigung

Betrachten wir ein Beispiel zum Phasenübergang *fest-flüssig*: Schlittschuhlaufen funktioniert deshalb, weil sich unter dem Druck der Kufen zwischen diesen und dem Eis ein Wasserfilm bildet, der die Reibung stark reduziert. Berechnet wird der Druck, der erforderlich ist, um den Schmelzpunkt um 1 K zu erniedrigen. Hierzu werden in (1) die entsprechenden Werte eingesetzt. Beziehen wir die Größen auf eine bestimmte Menge Wasser bzw. Eis, sagen wir 1 kg, dann gilt:

$$\begin{aligned} V_1 &= 1,000 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ (Wasser)} \\ V_2 &= 1,091 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ (Eis)} \\ Q &= 334 \text{ kJ} \quad \text{(Schmelzwärme)} \\ T &= 273 \text{ K} \quad \text{(Der Vorgang wird bei 0 °C betrachtet)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{334 \text{ kJ}}{(1,000 \times 10^{-3} \text{ m}^3 - 1,091 \times 10^{-3} \text{ m}^3) \cdot 273 \text{ K}} \Delta T \\ \Delta p &= -134 \text{ bar/K} \cdot \Delta T \end{aligned}$$

(Anm.: Da es sich um eine konkrete Schrittweite handelt wurde Δp bzw. ΔT anstelle von dp und dT geschrieben. Die Einheit bar statt Pascal wurde gewählt, da man sich dann eher etwas vorstellen kann.)

Für eine Erniedrigung des Schmelzpunktes um 1 K ist ein Druck von etwa 130 bar erforderlich. Damit hat man auch eine Erklärung, warum bei strengem Frost Schlittschuhlaufen nicht besonders funktioniert; der aufgebrauchte Druck reicht dann nicht mehr aus, um Eis schmelzen zu lassen.

b) Höhenabhängigkeit der Siedetemperatur

Es ist wohl allgemein bekannt, daß der Siedepunkt von Wasser mit zunehmender Höhe (z.B. in den Bergen) geringer wird. Dies liegt daran, daß der Luftdruck dort geringer ist. Sehen wir uns dazu die Clausius-Clapeyron-Gleichung an. Im vorangegangenen Beispiel hatten wir den Druck zu einer gegebenen Temperaturdifferenz berechnet. Jetzt gilt es den Temperaturunterschied bei einer bestimmten Druckdifferenz zu ermitteln. Die Gleichung wird nach ΔT aufgelöst und die entsprechenden Werte werden eingesetzt.

$$\begin{aligned} V_1 &= 1,000 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ (Wasser)} \\ V_2 &= 1,779 \text{ m}^3 \quad \text{(Dampf)} \\ Q &= 2265 \text{ kJ} \quad \text{(Verdampfungswärme)} \\ T &= 373 \text{ K} \quad \text{(Der Vorgang wird bei 100 °C betr.)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T &= \frac{(1,779 \text{ m}^3 - 1,000 \times 10^{-3} \text{ m}^3) \cdot 373 \text{ K}}{2265 \text{ kJ}} \Delta p \\ \Delta T &= 0,03 \text{ K/hPa} \cdot \Delta p \end{aligned}$$

Ein Druckunterschied von 10 hPa (dies entspricht einem Höhenunterschied von ca. 80 m) hat eine Änderung der Siedetemperatur von 0,3 K zur Folge.

Eine wichtige Bemerkung darf nicht fehlen: Durch die vorgezeichneten Beispiele könnte der Eindruck entstehen, daß die Lösungen der Clausius-Clapeyron-Gleichung immer derart einfach zu finden sind. Dem ist aber nicht so. In der Regel hängen die in der Gleichung vorkommenden Größe Q und V selbst von T ab, sind also nicht konstant. Bei den hier gezeigten Anwendungen waren die Abhängigkeiten vernachlässigbar, da nur kleine Temperatur- bzw. Druckunterschiede angenommen wurden. Hat man dagegen beispielsweise den Dampfdruck von Wasser in einem Bereich von 0 °C bis 100 °C zu bestimmen, so kommt man um die mühsame Integration der Differentialgleichung (1) nicht umhin. Einen Ausweg bieten in solchen Fällen spezielle Näherungsformeln wie der nächste Abschnitt zeigen wird.

Dr. Roman Dengler ist Professor für Didaktik der Physik an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe, BRD

Taupunkt und Luftfeuchtigkeit

Luft ist ein Gemisch verschiedener Gase. Hauptbestandteile trockener Luft sind Stickstoff (78,10 Volumen%), Sauerstoff (20,93 %), Argon (0,93 %) und Kohlendioxid (0,03 %). Dazu kommt ein wechselnder Anteil an Wasserdampf, der nicht sichtbar ist, auch wenn man weiße Wolken – etwa aus einem Kühlturm – oft als Dampf bezeichnet. In Wirklichkeit handelt es sich dabei um Kondensat in Form kleiner Tröpfchen. Auf das Vorhandensein von Feuchtigkeit in der Luft kann man aber leicht indirekt schließen. Gegenstände, deren Temperatur niedriger als die Lufttemperatur ist, beschlagen sich. Es erfolgt Taubildung. Die so nachgewiesene Feuchtigkeit ist auf vielfältige Art durch Verdunstung über Land- und Seeflächen in die Atmosphäre gelangt. Bekanntlich nutzt man diesen Effekt zum Trocknen von Wäsche (auch bei Temperaturen unter 0 °C) aus.

Betrachten wir den Vorgang des Verdunstens nun etwas genauer und stellen uns dazu die ebene Oberfläche einer mit Wasser gefüllten Schale vor. Zwischen den Wassermolekülen herrschen Bindungskräfte (Kohäsion), die für einen gewissen Zusammenhalt sorgen. Aufgrund der thermischen Bewegung verlassen dennoch ständig Teilchen die Flüssigkeit, während andere sich wieder anlagern. Welcher Vorgang nun überwiegt, hängt von der bereits vorhandenen Dampfmenge ab. Wenn genügend Flüssigkeit vorhanden ist, wird Verdunstung solange stattfinden, bis der Partialdruck des Wasserdampfes (Wasserdampfdruck) in der Luft einen maximalen Wert, den sog. Sättigungsdampfdruck p_S erreicht hat. Dieser Druck hängt nur von der Temperatur, nicht aber vom Gesamtluftdruck ab. Er ließe sich prinzipiell aus der Clausius-Clapeyron-Gleichung bestimmen. In der Meteorologie werden jedoch sehr gute Näherungsformeln verwendet, die bei anderer Wahl der Koeffizienten auch den Druck über Eis und unterkühltem Wasser (Temperatur unter 0 °C) zu berechnen erlauben.

$$p_S = C_1 \cdot e^{\frac{C_2 \cdot \vartheta}{C_3 + \vartheta}} \quad (2)$$

Hierbei bedeutet p_S den Sättigungsdampfdruck in hPa bei der Temperatur ϑ in °C.

	Wasser	Eis	Wasser unterkühlt
C_1	6,10780	6,10714	6,10780
C_2	17,08085	22,44294	17,84362
C_3	234,175	272,440	245,425

Die Formel zeigt, daß mit zunehmender Temperatur der Sättigungsdampfdruck steigt. Bei 100 °C erreicht er gerade den Wert von 1013 hPa (Normdruck); Wasser siedet.

Die oft gebrauchte Formulierung, daß die Luft in der Lage sei bei einer bestimmten Temperatur eine bestimmte Wassermenge aufzunehmen, ist Ausdruck einer falschen Vorstellung. Die Luft wirkt nicht wie ein Schwamm, der Feuchtigkeit aufnimmt. Die Wassermoleküle lagern sich nicht an Luftmoleküle an. Hierzu noch ein Gedankenexperiment: In einem abgeschlossenen luftleeren Behälter befindet sich eine Schale mit Wasser. Es wird genau soviel Wasser verdunsten, bis in dem Behälter der zur Temperatur passende Sättigungsdampfdruck p_S gemäß Formel (2) herrscht.

In der Regel ist der Wasserdampf aber nicht gesättigt. Die absolute Feuchte ist geringer als die maximal mögliche. Man be-

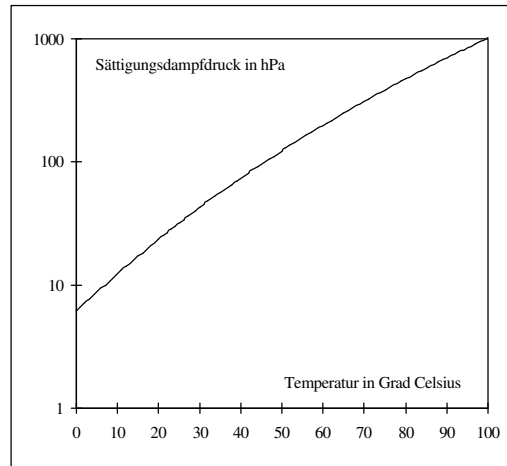
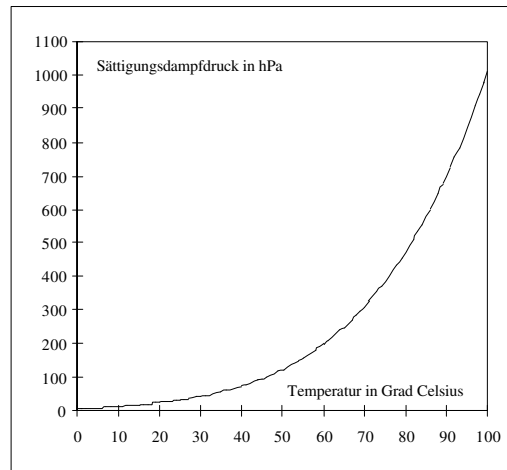


Abb. 1 und 2: Dargestellt ist der Sättigungsdampfdruck von Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur. Im oberen Bild ist die vertikale Achse linear, im unteren Bild logarithmisch skaliert, um den Bereich kleiner Temperaturen besser erkennen zu können.

zeichnet den Quotienten als relative Luftfeuchtigkeit φ . Sie wird meist in Prozent angegeben.

$$\varphi = \frac{\text{absolute Feuchte}}{\text{relative Feuchte}} \quad \text{bzw.} \quad \varphi = \frac{p_D}{p_S} \quad (3)$$

Hierbei ist p_D der tatsächliche Dampfdruck (Partialdruck) und p_S der Sättigungsdampfdruck.

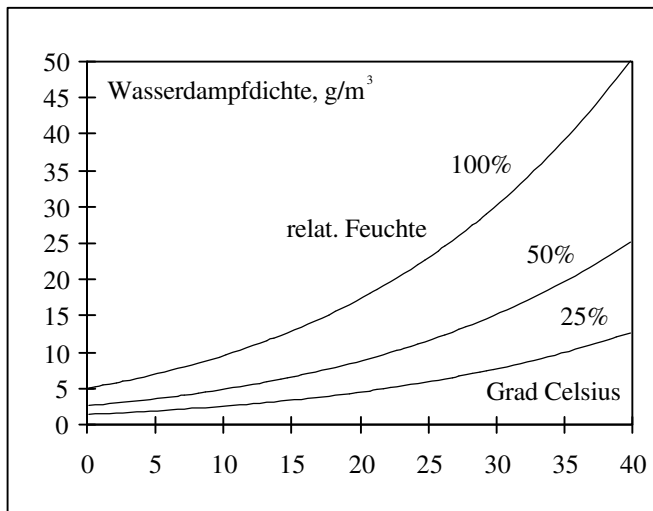
Die Frage, wieviel Wasser sich dann tatsächlich in einem bestimmten Volumen befindet, läßt sich leicht durch Verwenden der allgemeinen Gasgleichung beantworten (Abb. 3).

Aus $p \cdot V = nRT$ folgt mit $n = m/M$ dann für die Wasserdampfdichte

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{p_D M}{RT} \quad (4)$$

R	Gaskonstante	$8,83143 \times 10^3 \text{ J}/(\text{K} \times \text{kmol})$
M	molare Masse (Wasser, H ₂ O)	18 kg/kmol
T	Temperatur in K	

Für 50% relative Feuchte bei 20 °C findet man beispielsweise $\rho = 8,7 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$.



Eine interessante Abschätzung, die jeder selbst durchführen kann, ist die Bestimmung des Verlusts an Körpergewicht während einer Nacht allein durch Befeuchten der Atemluft.

Die relative Luftfeuchtigkeit steigt bei Abkühlen des Dampf-Luftgemisches, da der Sättigungsdampfdruck sinkt. Beim "Taupunkt" tritt Kondenswasserbildung auf. Die Taupunkttemperatur ϑ_d ist also jene Temperatur, bei der der Sättigungsdampfdruck p_S gerade gleich dem wirklichen Dampfdruck p_D ist.

Die zu einer bestimmten Feuchtigkeit gehörige Taupunkttemperatur ϑ_d erhält man durch Auflösen der Gleichung (2) nach ϑ_d :

$$\vartheta_d = C_3 \cdot \ln \frac{p}{C_1} / \left(C_2 - \ln \frac{p}{C_1} \right) \quad (5)$$

Kennt man den Taupunkt – aus direkter Messung oder aus Wettermeldungen – so kann man die relative Feuchtigkeit bestimmen. Offizielle Einrichtungen bedienen sich dazu geeigneter Tabellen, mit deren Hilfe sie aus der Lufttemperatur ϑ und dem Taupunkt ϑ_d die Feuchte bestimmen können. Mit der Formel (6), die aus (2) folgt, sind wir aber in der Lage selbst eine solche Tabelle zu erstellen.

$$\varphi = \frac{e^{\frac{17,08085 \cdot \vartheta_d}{234,175 + \vartheta_d}}}{e^{\frac{17,08085 \cdot \vartheta}{234,175 + \vartheta}}} \quad (6)$$

Hierzu legen wir eine Matrix an und tragen nach rechts die Taupunkttemperatur ϑ_d und nach unten die Lufttemperatur ϑ ein. An den Kreuzungspunkten erscheint dann die Feuchte φ . Bei Verwendung des Programms Excel sieht das im Detail so aus:

- In zwei Zellen (hier Z10 und Z12), auf die dann Bezug genommen wird, stehen die Konstanten $C_2 = 17,08085$ und $C_3 = 234,175$.
- In Zeile 1 stehen ab Spalte B die Taupunkttemperaturen von 1 bis 30 Grad.
- In Spalte A stehen ab Zeile 2 die Lufttemperaturen ebenfalls von 1 bis 30 Grad.

- In Zelle B2 wird die Formel eingetragen:
`=EXP(Z10*B$1/($Z$12+B$1))/EXP(Z10*$A2/($Z$12+$A2))*100`
- Durch anschließendes Ziehen mit der Maus füllt man die Tabelle auf.

In den entsprechenden Zellen steht dann die zu den Temperaturangaben gehörige relative Feuchtigkeit in Prozent. Als Format ist Rundung auf ganze Zahlen gewählt. Selbstverständlich können auch für andere Temperaturbereiche die Berechnungen durchgeführt werden. Hierzu sind in der 1. Zeile und 1. Spalte die entsprechenden Werte einzutragen. Bei offiziellen Angaben des Wetterdienstes ist auch bei Temperaturen unter Null Grad der Dampfdruck für Wasser zugrunde gelegt. Das heißt, daß die Konstanten C nicht zu ändern sind. Dies ist nur bei eigenen Messungen, etwa bei Reifbildung an einem Peltierelement gegebenenfalls zu tun.

Psychrometer

Die verbreitetste Methode der Feuchtemessung, die psychrometrische, mißt keine der bisher genannten Feuchtegrößen direkt. Sie beruht auf der Abhängigkeit der Verdunstung von den Feuchteverhältnissen der umgebenden Luft. Ein Psychrometer besteht aus zwei Thermometern, von denen das eine die Lufttemperatur ϑ_L mißt. Das Vorratsgefäß des anderen ist mit einem feuchten "Strumpf" überzogen und kühlt sich infolge der Verdunstung unter die Lufttemperatur ab. Seine Temperatur ϑ_F dient zusammen mit ϑ_L und dem Luftdruck p zur Berechnung der gewünschten Größen. Der Zusammenhang lautet (Dampfdruck nach Sprung):

$$p_D = p'_S - 0,000660 \cdot (1 + 0,00115 \cdot \vartheta_F) \cdot p \cdot (\vartheta_L - \vartheta_F) \quad (7)$$

Bei Eisansatz gilt (andere Verdampfungswärme und Wärmekapazität):

$$p_D = p'_S - 0,000582 \cdot p \cdot (\vartheta_L - \vartheta_F) \quad (7')$$

Zu beachten ist hier, daß p'_S der auf die Feuchtemperatur ϑ_F bezogene Sättigungsdampfdruck ist! In (7') ist der Sättigungsdampfdruck für Eis einzusetzen.

Entsprechend der Tabelle zur Bestimmung der Feuchte über die Taupunkttemperatur läßt sich auch hier z.B. mit Excel eine Übersicht erstellen. Die entscheidende Formel lautet dann allerdings:

$$= (6,1078 * \text{EXP}(17,0805 * B\$1 / (234,175 + B\$1)) - 0,00066 * (1 + 0,00115 * B\$1) * 1013,246 * (A2 - B\$1)) / (6,1078 * \text{EXP}(17,0805 * \$A2 / (234,175 + \$A2))) * 100$$

Die Temperaturbereiche und die Schrittweite können selbstverständlich auch hier nach eigenen Bedürfnissen gewählt werden.

Kleine Tröpfchen

Nimmt durch Sinken der Temperatur (z.B. durch Abkühlung in der Nacht) die relative Luftfeuchtigkeit zu, so erwartet man nach den bisherigen Ausführungen das Einsetzen von Kondensation. Die Erfahrung zeigt aber, daß die Vorgänge nicht so einfach sind. Nebel entsteht oft schlagartig, besonders dann, wenn sog. Kondensationskeime, also kleine Partikel in der Luft vorhanden sind. Wir werden diesem Phänomen etwas nachgehen.

Die durchgeführten Berechnungen für den Dampfdruck setzen eine ebene Oberfläche des Wassers voraus. Wenn aber Dampf kondensiert, müssen zunächst kleinste Tröpfchen entstehen, die erst allmählich anwachsen. Sind nun hingegen Staubteilchen in der Luft, so können sich Wassermoleküle an diesen anlagern. Es wird also nicht das Anfangsstadium durchlaufen. Worin liegt nun das "Problem" mit den kleinen Wassertropfchen? Je kleiner der Radius, umso größer ist der Dampfdruck. Das bedeutet aber nichts anderes, als daß ihr Bestreben zu verdunsten entsprechend groß ist.

Beim Vergleich des Dampfdrucks p_r eines Tropfens (mit Radius r) und dem einer ebenen Fläche p_∞ (Radius ist ∞) benötigen wir eine Größe, die aus dem Alltag bekannt ist: die Oberflächenspannung σ . Sie wirkt einer Vergrößerung der Oberfläche entgegen und ist definiert als Verhältnis von aufgewendeter Arbeit ΔW zu gewonnener Oberfläche ΔA . Für den Zusammenhang von p_r und p_∞ gilt folgende Gleichung:

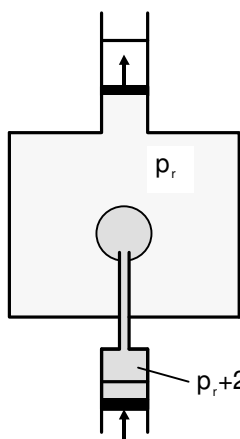
$$p_r = p_\infty \cdot e^{\frac{M}{\rho RT} \cdot \frac{2\sigma}{r}} \quad (8)$$

Mit den Werten für Wasser (bei 20 °C):

M	Molmasse	18 Kg/kmol
σ	Oberflächenspannung	$72,75 \times 10^{-3}$ N/m
ρ	Dichte der Flüssigkeit	$1,0 \times 10^3$ kg/m ³
R	Gaskonstante	$8,83143 \times 10^3$ J/(K×kmol)
T	Temperatur	293 K
r	Tröpfchenradius	

Diese Gleichung gewinnt man mit Hilfe eines geeigneten Kreisprozesses. Für jeden Schritt wird die verrichtete bzw. gewonnene Arbeit A bestimmt.

In einem Behälter mit Wasserdampf befindet sich ein Tröpfchen, das mit einer Spritze Wasser in Verbindung steht. Es herrscht Gleichgewicht. Der Druck im Dampfraum ist p_r und der in der Flüssigkeit aufgrund der Oberflächenspannung um $2\sigma/r$ größer.



1. Schritt

Nun wird dem Dampfraum 1 Mol entnommen

$$A_{Gas} = \int p dV = nRT$$

und gleichzeitig der Flüssigkeit 1 Mol zugeführt.

$$A_{Fl} = \left(p_r + \frac{2\sigma}{r}\right) LV_0$$

Zusammen:

$$A_1 = RT - \left(p_r + \frac{2\sigma}{r}\right) LV_0$$

2. Schritt

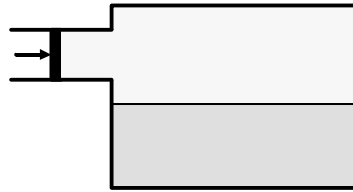


Der Dampf wird isother expandiert von

$$p_r \rightarrow p_\infty$$

$$A_2 = RT \ln \frac{p_r}{p_\infty}$$

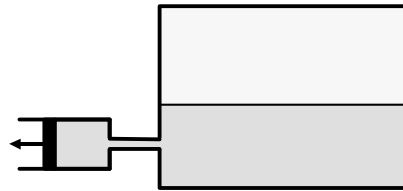
Nun wird ein Hilfsbehälter betrachtet, in dem sich gesättigter Dampf über einer ebenen Wasserfläche befindet.



3. Schritt

In den Gasraum wird 1 Mol gepresst (stammt von Schritt 1)

$$A_3 = -RT$$



4. Schritt

Der Flüssigkeit wird 1 Mol entnommen (wird in Schritt 1 benötigt).

$$A_4 = LV_0 p_\infty$$

Zusammen ergibt dies:

$$RT - \left(p_r + \frac{2\sigma}{r}\right) LV_0 + RT \ln \left(\frac{p_r}{p_\infty}\right) - RT + LV_0 p_\infty = 0$$

$$RT \ln \left(\frac{p_r}{p_\infty}\right) = V_0 \left[\frac{2\sigma}{r} + (p_r - p_\infty) \right],$$

dabei kann man $p_r - p_\infty$ vernachlässigen.

$$\text{Mit } LV_0 = \frac{M}{\rho} \text{ und } R = kL \text{ gilt } \ln \left(\frac{p_r}{p_\infty}\right) = \frac{M}{\rho RT} \frac{2\sigma}{r}$$

oder in der bekannteren Form

$$p_r = p_\infty \cdot e^{\frac{M}{\rho RT} \frac{2\sigma}{r}}$$

Wie man durch Einsetzen leicht bestätigen kann, ist der Dampfdruck eines Tröpfchens mit Radius $r = 15 \times 10^{-10}$ m gerade etwa doppelt so groß wie der über einer ebenen Fläche.

Der betrachtete Radius mag sehr klein erscheinen, aber immerhin müssen sich fast 500 Wassermoleküle zusammenschließen, um einen solchen Tropfen zu bilden. Bestandteile von Tabakrauch weisen die gleiche Größe auf.

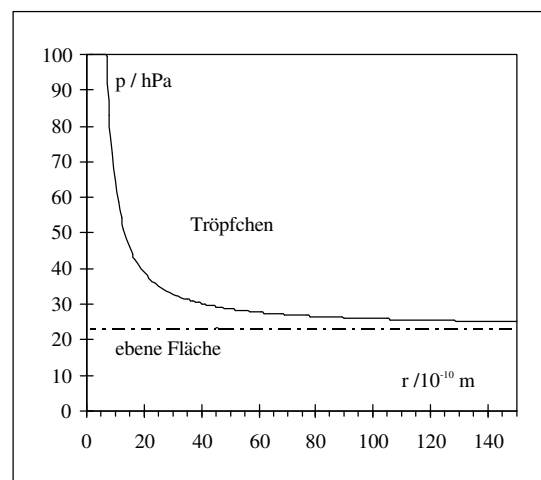


Abb. 4: Dargestellt ist der Dampfdruck in Abhängigkeit vom Radius. Gestrichelt ist der Dampfdruck über einer ebenen Fläche eingezeichnet (20 °C).

Interessant ist vielleicht noch folgende Übersicht über typische Tröpfchengrößen:

Tropfen durchmesser (mm)	Tropfenzahl/mg	Fallgeschwindigkeit (cm/s)	Typ
0,001	1 900 000 000	0,003	Wolken
0,005	15 000 000	0,07	Wolken
0,01	1 900 000	0,3	Wolken
0,05	15 000	9	Wolken
0,1	1 900	32	Wolken
0,5	15	200	Sprühregen
1	2	300	Regen
5	-	670	Regenschauer

Für kleine Tröpfchen (Kugelform, laminare Strömung) mit dem Radius r läßt sich die Sinkgeschwindigkeit (von Windbewegungen und Auftrieb wird abgesehen) leicht berechnen. Die Geschwindigkeit v wird gerade so groß, daß die Reibungskraft

F_R gemäß des Stokesschen Reibungsgesetzes $F_R = 6\pi\eta rv$ gleich dem Gewicht $G = \rho Vg$ des Tropfens ist.

Dabei ist η die dynamische Viskosität von Luft (1708×10^{-8} Paxs, bei 0°C), ρ die Dichte von Wasser ($1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) und g die Fallbeschleunigung ($9,81 \text{ m/s}^2$).

Anhang

Bei der hier behandelten Thematik sind in der Physik und in der Meteorologie bei Formeln unterschiedliche Bezeichnungen üblich. Die folgende Übersicht erlaubt einen Vergleich.

Phys.	deutsch	Metor.	englisch
ϑ	Lufttemperatur in $^\circ\text{C}$	TT	air temperature in degrees Celsius
ϑ_F	Feuchttemperatur in $^\circ\text{C}$	HT	humid temperature
ϑ_d	Taupunkttemperatur in $^\circ\text{C}$	DT	dew-point temperature
p	Luftdruck	P	pressure
p_D	aktueller Dampfdruck	VP	vapor pressure
p_S	Sättigungsdampfdruck	SVP	saturated vapor pressure
φ	relative Luftfeuchtigkeit	RH	relative humidity

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	100																													
2	93	100																												
3	87	93	100																											
4	81	87	93	100																										
5	75	81	87	93	100																									
6	70	75	81	87	93	100																								
7	66	70	76	81	87	93	100																							
8	61	66	71	76	81	87	93	100																						
9	57	61	66	71	76	81	87	93	100																					
10	53	57	62	66	71	76	82	87	93	100																				
11	50	54	58	62	66	71	76	82	87	94	100																			
12	47	50	54	58	62	67	71	76	82	88	94	100																		
13	44	47	51	54	58	62	67	72	77	82	88	94	100																	
14	41	44	47	51	55	58	63	67	72	77	82	88	94	100																
15	38	41	44	48	51	55	59	63	67	72	77	82	88	94	100															
16	36	39	42	45	48	51	55	59	63	68	72	77	82	88	94	100														
17	34	36	39	42	45	48	52	55	59	63	68	72	77	82	88	94	100													
18	32	34	37	39	42	45	49	52	56	59	64	68	73	77	83	88	94	100												
19	30	32	34	37	40	43	46	49	52	56	60	64	68	73	78	83	88	94	100											
20	28	30	32	35	37	40	43	46	49	52	56	60	64	68	73	78	83	88	94	100										
21	26	28	30	33	35	38	40	43	46	49	53	56	60	64	69	73	78	83	88	94	100									
22	25	27	29	31	33	35	38	41	43	46	50	53	57	60	64	69	73	78	83	88	94	100								
23	23	25	27	29	31	33	36	38	41	44	47	50	53	57	61	65	69	73	78	83	89	94	100							
24	22	24	25	27	29	31	34	36	38	41	44	47	50	54	57	61	65	69	74	78	83	89	94	100						
25	21	22	24	26	28	29	32	34	36	39	41	44	47	50	54	57	61	65	69	74	79	83	89	94	100					
26	20	21	23	24	26	28	30	32	34	37	39	42	45	48	51	54	58	61	65	70	74	79	84	89	94	100				
27	18	20	21	23	24	26	28	30	32	34	37	39	42	45	48	51	54	58	62	66	70	74	79	84	89	94	100			
28	17	19	20	21	23	25	26	28	30	32	35	37	40	42	45	48	51	55	58	62	66	70	74	79	84	89	94	100		
29	16	18	19	20	22	23	25	27	29	31	33	35	37	40	43	45	48	52	55	58	62	66	70	75	79	84	89	94	100	
30	15	17	18	19	21	22	24	25	27	29	31	33	35	38	40	43	46	49	52	55	59	62	66	70	75	79	84	89	94	100

relative Luftfeuchte in %
nach rechts: Taupunkttemperatur
nach unten: Lufttemperatur

Lichtmessung im Physiksaal

A. Holzinger, L. Mathelitsch, M. Sakulin

Ausgangspunkt und Motivation

Die Ausgaben für elektrische Energie machen einen beträchtlichen Anteil eines Schulbudgets aus. Da die elektrische Energie, abgesehen von Warmwasserbereitung und fallweiser Raumbeheizung, zum überwiegenden Teil zur Beleuchtung verwendet wird, erhebt sich die Frage, ob bzw. welche Sparmöglichkeiten auf dem Beleuchtungssektor möglich sind, ohne die persönlichen Bedürfnisse und gesetzlichen Auflagen nach ausreichender Beleuchtung einzuschränken.

Diese Problematik wurde von der Direktion des BG und BRG Lichtenfelsgasse an das Institut für Elektrische Anlagen der TU Graz herangetragen und im Rahmen eines Projekts in Zusammenarbeit mit dem Institut für Theoretische Physik der Universität Graz, in Form zweier Diplomarbeiten [1, 2], bearbeitet.

Datenaufnahme

Als erstes wurde der Tageslastgang der Schule vermessen (siehe Abb. 1).

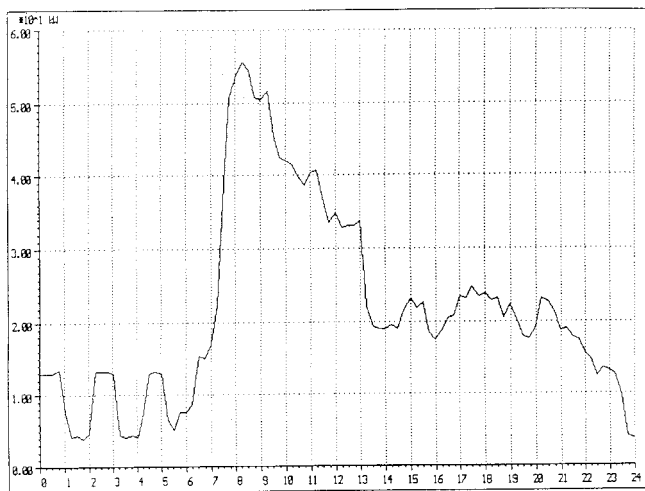


Abb. 1: Tageslastgang am BG und BRG Lichtenfelsgasse am 11. Jänner 1994

Neben dem erwarteten Anstieg des Stromverbrauchs während der Unterrichtszeit fallen periodische Schwankungen während der Nachtstunden und eine große Leistungsspitze von 55 kW nach 8 Uhr auf. Diese hohe Leistungsspitze war deshalb besonders schmerzhaft, weil die Schule dadurch eine Grenzleistung von 50 kW (wenn auch nur zeitlich sehr begrenzt) überschritt und damit im Stromtarif in eine höhere Gebührenstufe fiel.

Um die Beleuchtungsverhältnisse über einen längeren Zeitraum feststellen zu können, wurde im Physiksaal von Novem-

ber bis Mitte Dezember 1994 eine Langzeit-Licht- und Energiemessung durchgeführt [2]. Lichtsensoren, die im Raum verteilt wurden, nahmen über Photodioden das Licht auf und wandelten es in ein, der Beleuchtungsstärke proportionales, elektrisches Signal. Dieses Signal wurde über einen Operationsverstärker zu einer Multiplexer-Meßbox geleitet. In diesem Gerät wurde über einen Analog-Digital-Wandler das analoge ankommende Signal digitalisiert und über eine RS-232 serielle Schnittstelle direkt zum seriellen Port eines 386-er Personal Computers geleitet. Dort wertete ein spezielles Analyseprogramm der Technischen Universität die Daten aller Sensoren aus und speicherte diese in Zeitabständen von fünf Minuten ab. Gleichzeitig wurde über Stromwandlerzangen der augenblicklich benötigte Strom für die Beleuchtung gemessen und über einen Leistungsmultiplexer ebenfalls an die Meßbox geleitet, digitalisiert, im PC ausgewertet und in Zeitabständen von fünf Minuten abgespeichert. Mit Hilfe dieser hohen Anzahl von Daten war es möglich, die Beleuchtungsverhältnisse im Langzeitverhalten zu studieren.

Resultate

Abb. 2 zeigt den mittleren zeitlichen Verlauf der Beleuchtungsstärke sowie des Lampenstroms über 18 Stunden eines Tages. Bei der Beleuchtungsstärke ist die 500 Lux-Marke stärker hervorgehoben: Dies ist der Beleuchtungswert, der für Räumlichkeiten, wie für einen Physiksaal oder ein Klassenzimmer, als Richtlinie derzeit (früher 300 lx) empfohlen wird [3]. In Zeichensälen ist der Wert mit 1000 lx weit höher angesetzt. Man sieht, daß dieser Richtwert nur einmal kurzfristig überschritten, sonst aber meist nicht erreicht wird (wenn auch nur knapp). Im Vergleich mit dem zeitlichen Verlauf des Lampenstroms sieht man eine eindeutige Korrelation, d.h. ohne elektrische Beleuchtung könnte die gewünschte Beleuchtungsstärke nicht erreicht werden. Da der 500 lx Wert nur für kurze Zeit überschritten wurde, ergeben sich hier kaum Sparpotentiale.

Sparmöglichkeiten im Bereich der Beleuchtungstechnik ergeben sich durch Einsatz effizienter Lampen, durch lichteffiziente Gestaltung der Räume sowie durch Anpassung der Dienstleistung Licht an den Bedarf der Benutzer (d.h. Vermeidung von Verschwendungen). Durch Ersatz der alten Leuchtstoffröhren durch neue mit besseren Wirkungsgrad könnte eine Einsparung erzielt werden, vor allem aber auch durch den Einbau von geeigneten Reflektoren in den Lampenträgern und durch günstigere (d.h. niedrigere) Anbringung der Lampen.

Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler

Einen Teil der Diplomarbeit [1] bildete die Durchführung des Physikunterrichtes während dieses Projekts (im Rahmen des Unterrichtspraktikums) in der 7A Klasse. Es wurden mit den SchülerInnen die physikalischen, aber auch physiologischen und lichttechnischen Grundlagen von Licht und Beleuchtung

A. Holzinger, L. Mathelitsch, Inst. f. Theoretische Physik, Universität Graz,
M. Sakulin, Inst. f. Elektrische Anlagen, TU Graz

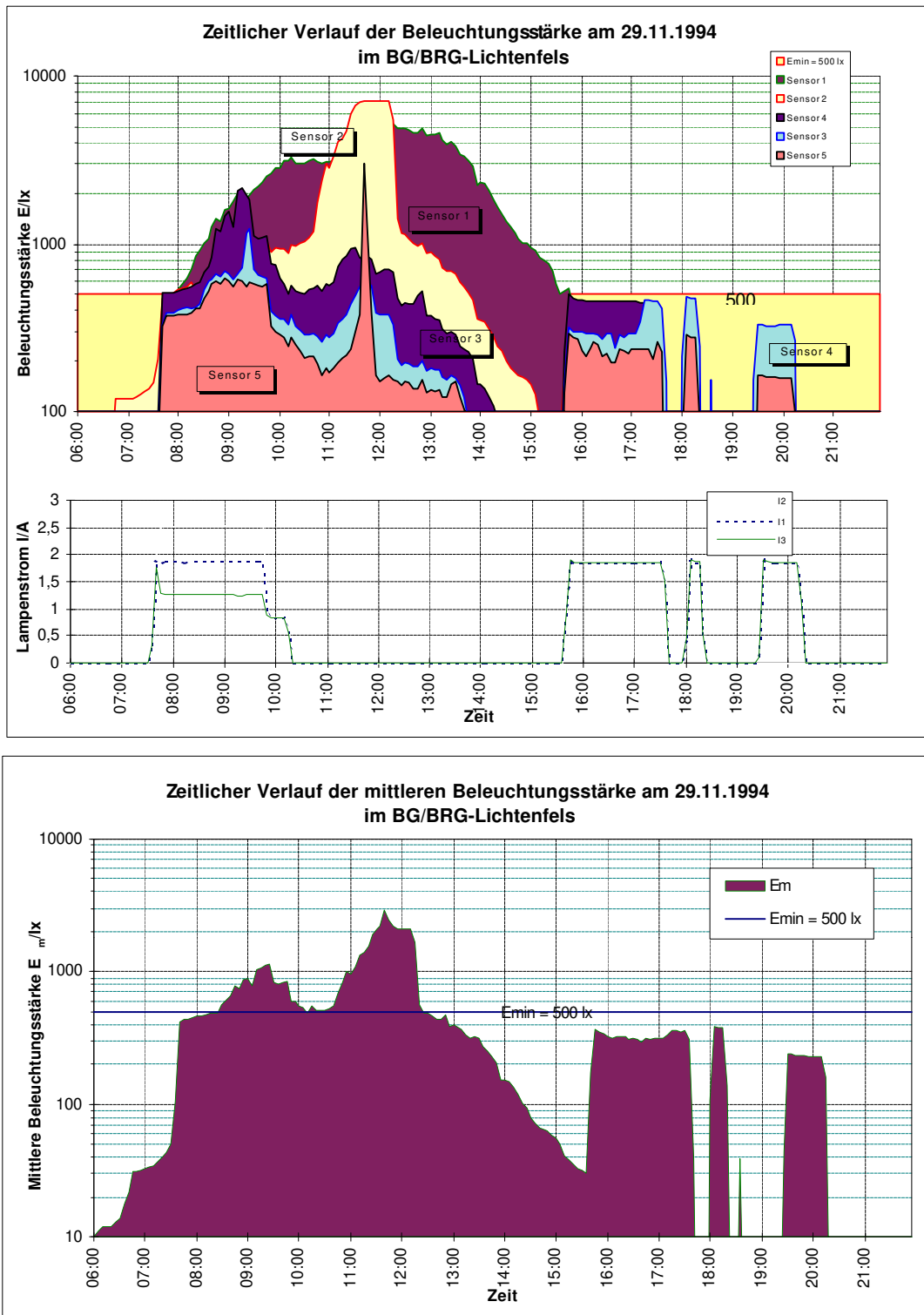


Abb. 2: Zeitl. Verlauf der Beleuchtungsstärke und des Lampenstroms im Physiksaal.

erarbeitet, die SchülerInnen wurden aber auch aktiv in die Datenaufnahme eingebunden. Dabei konnten die SchülerInnen während des Physikunterrichts selbst experimentell tätig werden. Sie führten Messungen mit digitalen und analogen Lichtmeßgeräten durch. Diese manuell ermittelten Meßwerte waren von besonderer Wichtigkeit, denn sie dienten als Vergleichswerte zur Kontrolle der automatisierten Meßdatenerfassung. Die Messung selbst wurde in Gruppen durchgeführt. Davor wurden die theoretischen Grundlagen für die Messungen erarbeitet: Die grundsätzliche Vorgangsweise bei der Meßdatenerfassung, das Erstellen des Meßprotokolls, die physikalischen

Grundlagen der Licht- und Beleuchtungstechnik und das Handling mit den verschiedenen Lichtmessgeräten. Abb. 3 und 4 zeigen die Begeisterung und den Eifer, mit dem die SchülerInnen die Messungen durchführten.

Unterlagen zur historischen Entwicklung und zu physikalischen, biologischen und psychologischen Grundlagen von Licht und Beleuchtung finden sich in der Diplomarbeit [1], worin auch Reflexionen des Verfassers über den von ihm gehaltenen Unterricht und über das Projekt, sowie eine Umfrage unter den SchülerInnen zum Benutzerverhalten von Licht und Beleuchtung enthalten sind.

Zusammenfassung

Untersuchungen, wie die oben geschilderte, können für eine Schule aus mehreren Gründen von Interesse sein. Erstens kann die Beleuchtungssituation erhoben und kritisch untersucht werden. Dies kann zu Energieeinsparungen führen (sowohl durch Änderung des Benutzerverhaltens als auch durch Austausch von Beleuchtungskörpern oder durch einfache bauliche Veränderungen), kann aber auch Mängel der Beleuchtung in verschiedenen Räumen oder Teilen von Räumen aufzeigen und damit zu Verbesserungen Anlaß geben.

Zum zweiten kann durch die Einbindung von Schülerinnen und Schülern in ein derartiges Projekt das Interesse an dieser Problematik geweckt werden und damit die Motivation zu einer Behandlung dieses Lehrstoffes im Physikunterricht erhöht werden.

PS: Als Ursache für die Schwankungen, die sich in der Nacht besonders deutlich zeigten, aber auch zur hohen Tagesspitze beitragen (siehe Abb. 1) konnte ein defekter Muffelofen festgestellt werden, der sich fortlaufend in der Werkstätte der Schule in periodischen Zeitintervallen von etwa 2 Stunden mit einer Leistung von etwa 10 kW ein- und ausschaltete. Ein

leicht zu behebender Fehler, der erst durch die Langzeitmessung sichtbar wurde.

Hinweis: Im Jänner 1998 erscheint eine interdisziplinäre Einführung [7].

Literatur

- [1] Holzinger, Andreas (1995): *Energiesparpotentiale bei Licht und Beleuchtung: Implikationen im Physikunterricht*; Diplomarbeit an der Universität Graz.
- [2] Scherthaner, Gerhard (1995): *Energiesparpotentiale bei Licht und Beleuchtung*; Diplomarbeit an der Technischen Universität Graz.
- [3] Fischer, D. (1980): *PHILIPS-Lichthandbuch*; 2.Auflage; Eindhoven: Philips.
- [4] Bergmann, L.; Schaefer, C.(1993): *Experimentalphysik III: Optik*; 9.Auflage; Berlin: de Gruyter.
- [5] Hentschel, H. J.(1987): *Licht und Beleuchtung*; 3.Auflage; Heidelberg: Hüthig.
- [6] Prochazka, H. (1984): *Wissenswertes zur Lichttechnik: Hinweise, Neuerungen und Tendenzen*; Wien: Philips.
- [7] Holzinger, Andreas (1998): *Von der Wachskerze zur Glühlampe: eine fächerübergreifende Einführung und historische Entwicklung der Lichttechnik*. Verlag Harri Deutsch, Frankfurt/Main.

Euromoon, Vigiwind und Lunarsat

Weltraumvisionen für das 21. Jahrhundert

Peter Habison, Claudia Schlögl (Ed.)

"Die Erde ist nicht die Welt, sondern die Welt ist das Universum und die Erde ist ein ganz kleines Raumschiff, das durch das Universum segelt."

Im September 1997 fand an der Kuffner-Sternwarte ein Symposium zum Thema "Weltraumvisionen für das 21. Jahrhundert" statt. Internationale Experten aus Astronomie und Raumfahrt versammelten sich in Wien um gemeinsam über "himmliche" Projekte zu berichten und diskutieren. Die Wünsche hierbei sind nicht immer gerade bescheiden, aber die Astronomen, die Archäologen des Kosmos, meinten immer schon im Weltall Antworten auf existentielle Fragen zu finden und sind stetig auf der Suche, das Unsichtbare sichtbar zu machen. Woher kommen wir, wohin gehen wir? Wie ist unser Sonnensystem entstanden, wann hat das Universum begonnen? Roger Bonnet, Direktor des wissenschaftlichen Programms der Europäischen Weltraumorganisation, erwartet sich im 21. Jahrhundert sichtbare Belege für heutige Theorien:

"Den sogenannten Urknall - wenn man überhaupt an ihn glaubt - hat ihn bisher schon jemand gesehen? Sicher nicht mit unseren Augen und sicherlich nicht mit Licht. Wir brauchen dazu eine neue Astronomie. Eine Astronomie, die nicht Licht, sondern andere Signale des Urknalls sammelt. So könnten zum Beispiel Gravitationswellen diese Signale sein. Diese Wellen

sind ein Teil von Einsteins Gravitationstheorie, aber sie wurden direkt noch nicht entdeckt. Die ESA baut derzeit ein großes Teleskop, mit dem man die Verzerrung von Raum und Zeit messen können. Zur Zeit des Urknalls gab es eine Menge Gravitationswellen und diverse Strahlungen, welche noch teilweise heute existieren. Wenn wir nun heute diese Strahlungen messen können, dann können wir zu Beobachtern des Urknalls werden. Das zu sehen würde mich natürlich sehr interessieren, vor allem deswegen, weil ich nicht an die Urknalltheorie glaube. Was ich noch gerne sehen möchte, was aber nicht zu sehen ist, sind Schwarze Löcher. Wir sehen nur die Manifestationen dieser Objekte, aber ich hoffe, daß die Röntgen-Astronomie uns mehr zeigen wird. Was ist heute noch unsichtbar? Planeten um andere Sterne herum, besonders Planeten wie die Erde. Ich denke, daß ich nicht übertreibe, wenn ich behaupte, sollten wir einmal eine andere Erde sehen, die um einen Stern kreist, dann wäre das eine Revolution. Eine Revolution nicht nur für die Wissenschaft, sondern für die gesamte Menschheit. Es wäre eine philosophische Revolution. Ich denke, daß es im nächsten Jahrhundert soweit sein wird."

Astronomie im 21. Jahrhundert

Als Moriz von Kuffner - Sproß einer wohlhabenden Industriellenfamilie, die unter anderem auch die Ottakringer Brauerei besaß - sich 1883 eine eigene Sternwarte bauen ließ, um den

Dipl.-Ing. Peter Habison ist Leiter der Kuffner-Sternwarte in Wien-Ottakring

Himmel zu vermessen, hätte er sich wohl kaum vorstellen können, 110 Jahre später die Landung eines Roboters am Mars live im Internet mitverfolgen zu können. 8468 Sterne haben die Wissenschaftler der Kuffner-Sternwarte um 1890 katalogisiert und veröffentlicht. Über eine Million Sterne ist die Ausbeute des europäischen Astrometriesatelliten HIPPARCOS im Jahre 1997 und der Nachfolgesatellit GAIA, der im Jahr 2016 starten soll, wird bereits 500 mal mehr Sterne hundertmal genauer als HIPPARCOS vermessen. Trotzdem setzt man in der Astronomie beim Blick in das All auch weiterhin auf Bodenteleskope wie etwa das VERY LARGE TELESCOPE (VLT) der Europäischen Südsternwarte (ESO), das Anfang 1998 mit seinem ersten 8,2 m Spiegelteleskop der neuesten Generation am Cerro Paranal in Chile in Betrieb genommen wird. Vier Spiegel mit 8,2 m Durchmesser werden zum größten Spiegelteleskop der Welt vereint. Wird das Licht von diesen vier Teleskopen zusammengefaßt, dann erreicht man eine extreme Bildschärfe. Richard West, Astronom und Leiter der Abteilung für Öffentlichkeitsarbeit der ESO ist daher überzeugt: Bodenteleskope haben trotz der Satelliten immer noch eine große Zukunft vor sich:

"Ich gehe davon aus, daß die neuen großen Teleskope, welche derzeit gebaut werden, bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts schon sehr viel Neues herausgefunden haben werden. Es besteht große Hoffnung, daß wir jetzt mit diesen ganz großen neuen Spiegelteleskopen wirklich zum ersten Mal sehen können, was am Anfang des Universums wirklich passiert ist. Wir haben die Möglichkeit, ganz junge Galaxien zu erforschen, welche soeben erst entstanden sind und vielleicht werden wir dadurch auch erfahren können wie das Universum sich zu Beginn aller Zeiten entwickelt hat. Vor 15 Jahren hätte niemand gewagt vorauszusagen, daß es zur Jahrtausendwende so viele neue große Teleskope geben wird. Plötzlich jedoch versuchte man in zahlreichen Ländern, nicht nur hier in Europa sondern auch in Amerika, in Japan und Australien, große neue Teleskope zu finanzieren. Hier in Europa ist es gelungen, für den Bau des VLT eine Milliarde Mark zu bekommen. Damit kann man natürlich einiges machen!"

Wenn wir über das VLT und den visuellen Spektralbereich sprechen, dann gibt es überhaupt keinen Zweifel, daß die Spiegel hier auf der Erde viel größer als im Weltraum sein können. Das bedeutet, daß man am Boden viel mehr Licht sammeln kann und dadurch auch schwächere Objekte beobachten kann als vom Weltraum aus. Wenn es aber darum geht, Details zu beobachten, dann muß man sagen, daß dies auch vom Weltraum aus zu machen ist. Die Erdatmosphäre ist natürlich sehr turbulent und das bedeutet, daß die Bilder hier ein bißchen verwaschen sind. Allerdings muß ich hinzufügen, daß es in den letzten 10 Jahren mit einer neuen Technik, der sogenannten "adaptiven Optik", gelungen ist, das Teleskop auf der Erdoberfläche wieder zu fokussieren und die Turbulenzen in der Atmosphäre, auszugleichen. Die Bilder von der Erdoberfläche sind somit ebenfalls äußerst scharf."

Sind wir allein im Universum?

Vielleicht entdeckt man auf diesen scharfen Bildern neue Planeten um andere Sterne. 42 sogenannte transneptunische Planeten fand man in den letzten Jahren. Es sind dies Planeten, die weiter entfernt sind als Neptun und Pluto. Diese sind derzeit bloß erkennbar aus Störungen der Lichtstärke des Sterns wor-

aus man schließt, daß diese Körper so groß und massiv wie etwa Jupiter sein müssen. Dies bedeutet aber einen gasförmigen Körper, der keine feste Oberfläche und keine Chance für Leben bietet. Es sieht bei diesen Sternen weiters so aus, als wären die Planeten dem Zentralgestirn näher als die Erde der Sonne. Dies ist derzeit noch völlig unverständlich, berichtet Professor Siegfried Bauer vom Institut für Weltraumforschung:

"In unserem Sonnensystem sind die massiven Planeten wie Jupiter und Saturn weit draußen, die kleineren Planeten mit einer festen Oberfläche wie Venus, Mars und Erde sind viel näher am Zentralgestirn. Bei diesen fernen Planetensystemen scheint alles verkehrt zu sein. Diese Situation versteht man noch nicht ganz. Es ist eine Tatsache, daß man bis heute noch keinen einzigen Planeten gesehen hat, der ungefähr von der Größe der Erde ist, einen vergleichbaren Abstand von der Sonne besitzt und wo man mit Gewißheit sagen kann, es sind nicht Gasbälle mit hoher Schwerkraft sondern Objekte mit fester Oberfläche. Wichtig hierbei jedoch ist, daß es Planeten um andere Sterne gibt. Der nächste Schritt ist - und das wird eine Herausforderung des nächsten Jahrtausends sein, mit verbesserten Beobachtungsmöglichkeiten diese kleineren Planeten zu entdecken. Hat man diese Objekte einmal gefunden, wird man nach den Voraussetzungen von Leben auf diesen fremden Himmelskörpern suchen. Fragen wie, gibt es Wasser, sind die Oberflächentemperaturen für Leben geeignet sind, findet man Kohlendioxid, Wasserdampf oder vielleicht sogar Ozon, werden wahrscheinlich im Mittelpunkt der Forschungen stehen. Das sind alles Dinge, die meiner Meinung nach sehr wohl im nächsten Jahrtausend von der Weltraumforschung zu erwarten sind. Wir Menschen sind natürlich daran interessiert zu erfahren, ob es anderswo im Universum Leben oder sogar Intelligenz gibt? Aber schon allein die Tatsache, irgendeine Form von einfachem Leben im All zu finden wäre eine ungeheure Leistung der Wissenschaft."

An einem Nachweis dieser Art wäre auch Roger Bourke, Mitarbeiter am Marsprogramm des Jet Propulsion Laboratory der NASA, interessiert:

"Die große Frage ist, gab es jemals Leben auf dem Mars? Wenn ja, was ist damit geschehen? Wenn nein, wo, wann und warum hat der Prozeß in Richtung Leben aufgehört? Die Geschichte des Mars ist eine sehr spannende wissenschaftliche Frage auf die wir gerne eine Antwort hätten."

Zu den offenen Fragen gehört auch: Wohin verschwand das Wasser, das sich am Mars befunden haben muß, gibt es heute noch Stellen mit flüssigem Wasser? Der Mars wird im 21. Jahrhundert im Mittelpunkt zahlreicher Weltraumprojekte stehen. Bis zum Jahr 2005 wird die NASA jedes zweite Jahr Raumsonden zum Mars schicken. Dabei geht es nicht nur um die Sammlung von Marsgestein zwecks wissenschaftlicher Auswertung, sondern auch um die Kolonialisierung, die Eroberung und gleichsam Urbarmachung eines Teils unseres Sonnensystems. Nicht zufällig nennt sich jede menschliche Aktivität im Weltraum "Mission".

"Ich halte eine menschliche Mission zum Mars in der zweiten Dekade des 21. Jahrhunderts für vernünftig und machbar. Das bedeutet aber nicht, daß sie auch stattfinden wird. Es sollte nur ein Besuch sein, keine permanente menschliche Präsenz. Die Menschen werden eineinhalb Jahre dort bleiben und dann zur Erde zurückkehren."

Roger Bourke hat selbst keinerlei Ambitionen, die drei Jahre dauernde Reise zu Mars und wieder retour durchzuführen. Er ziehe es vor, den Marsroboter untertags von der Erde aus zu lenken und abends zu Hause im eigenen Bett zu schlafen.

Rendezvous mit dem neuen Jahrtausend

Der Ausschuss für Langfristige Weltraumpolitik ("Long Term Space Policy Committee") der Europäischen Weltraumorganisation ESA hat Überlegungen darüber angestellt, wie Europa den Eintritt in das neue Jahrtausend mit einem Jubiläums-Raumfahrtprojekt gebührend feiern kann. Im Rahmen des Symposiums wurden auch jene Weltraumprojekte vorgestellt, die von diesem Gremium dafür ausgewählt wurden bzw. sich darum bewerben.

EUROMOON 2000: Virtuelle menschliche Präsenz zwar nicht auf dem Mars, aber immerhin auf dem Mond, sieht das Projekt EUROMOON 2000 vor. Es geht um die Eroberung des Südpols des Mondes. Dort am Rande eines Kraters befindet sich mit großer Wahrscheinlichkeit ein Punkt des "ewigen Lichts". So nennen die EUROMOON - Projektleute jene Stelle, die trotz Rotation des Mondes im ständigem Sonnenlicht liegt. Ein bestens geeigneter Landeplatz also für die mit Solarzellen ausgestatteten Mondroboter, da man sich dadurch die schwere Batterien zur Energiegewinnung spart. Dort, am Punkt des "ewigen Lichts" sollen im Jahr 2001 mechanische Abgesandte der ESA landen und europäische Präsenz markieren, wie es Peter Creola nennt. Dem Berater für Europäische Weltraumzusammenarbeit und Ideengeber für Euromoon 2000 schwebt ein virtuelles Monddorf vor:

"Wir sitzen bequem hier herunter auf der Erde und fahren trotzdem oben den Mondkrater entlang. Wenn sie denken, was für ein Interesse die Mars Pathfinder Mission geweckt hat und welche Beziehung die Leute zu dem kleinen sechsrädrigen Gefährt aufgebaut hatten, dann ist das eine Weiterentwicklung. Wenn wir diese Art von Verbindung zwischen kleinen Maschinen, die am Südpol des Mondes operieren und den Menschen auf der Erde hier in Europa herstellen können, dann haben wir gewissermaßen ein Dorf gegründet, das durch diese Roboter-maschinen bewohnt wird. In dieses Dorf können sich die Menschen auf der Erde hineinversetzen, indem sie sich einen Helm aufsetzen und durch die Augen des Roboters virtuell durch die Landschaft rollen. Man kann das Gefühl haben, einen Felsbrocken zu erklimmen oder in einen Krater hinabzufahren."

Peter Creola denkt weiters an ein von der Erde aus gesteuertes Roboterwettrennen zum Südpol des Mondes. Vermutlich kein Formel-1 Wettbewerb, sondern bloß ein Go-Kart-Rennen, aber immerhin. Schließlich, so seine Begründung, wurden vor 100 Jahren der Nord- und Südpol der Erde auch quasi in einem internationalen Wettbewerb erreicht. Warum nicht das nächste Jahrtausend mit einer virtuellen Mondralley beginnen?

"Wissen Sie, der Mond ist gar nicht richtig Raumfahrt, das ist Vorortsverkehr. Der Mond ist eine Plattform, die uns die Natur gegeben hat und die viel besser ist als die Internationale Weltraumstation. Der Mond ist stabiler, größer und hat auf seiner Rückseite ein Gebiet, von welchem man völlig ungestört mit verschiedensten astronomischen Geräten das Universum erforschen kann. Er ist eine natürliche Weltraumstation, die zur Erde gehört und ich bin überzeugt, daß im nächsten Jahrhundert das Erde-Mond-System gewissermaßen eine Einheit sein

wird. Er ist nicht weit entfernt, rund 380 000 km, in 3 Tagen ist man dort. Wenn man denkt, daß frühere Entdeckungsreisen auf der Erde ein bis drei Jahre gedauert haben und daß es immer wieder Leute gab, die das Risiko dieser Expeditionen auf sich nahmen, dann wäre es eigentlich lächerlich, wenn man sich nicht einmal vorstellen könnte, daß man eben einen neuen Kontinent der jetzt 380 000 km von den bisher bekannten Kontinenten entfernt liegt einfach unerforscht läßt."

VIGIWIND: Der scheinbar freie Raum des Universums sowie die Jahrtausendwende sind alles Nährstoffe für die menschliche Phantasie, um Weltraumvisionen wie zum Beispiel VIGIWIND und EUROSAIL zu entwerfen. Im Mittelpunkt stehen Sonnensegel - große leichte Flächen, die im Weltraum aufgespannt werden und verschiedene Umlaufbahnen einnehmen können. Da gibt es die Idee, das Sonnensegel nahe der Erde zu entfalten. Es würde dann von der Erde aus wie ein neuer Stern aussehen und wir auf der Erde könnten in kleinen Kontrollzentren diesen Stern für ein paar Minuten zum Erleuchten bringen. Bei VIGIWIND hingegen würde man das Sonnensegel etwa drei Millionen Kilometer von der Erde entfernt stationieren - als Vorposten, um die Erde vor Sonnenstürmen zu warnen. Solarstürme können Satelliten beschädigen und im Extremfall die Stromversorgung ganzer Gebiete zusammenbrechen lassen.

Das Hauptproblem bei der Realisierung dieser Projekte ist nicht die technische Durchführbarkeit sondern das Geld. Die Space Community beklagt die mangelnde Bereitschaft von Politik und Bevölkerung, für derartige Visionen Geld bereitzustellen. Bloß einen Dollar hätte die "PATHFINDER" Mission jeden Amerikaner gekostet, weniger als der Hollywoodfilm über den Untergang der Titanic. Nicht einmal ein Prozent des Bruttosozialproduktes mache die Raumfahrt aus. 500 Millionen Franken gebe die Schweiz für die Subventionierung von Milch und Käse aus, aber bloß 115 Millionen Franken gingen an die ESA, die Europäische Weltraumorganisation. Immer schon habe der Mensch Gebiete kolonialisert. Der Vergleich mit Columbus darf hier natürlich nicht fehlen. Hätte Isabella von Spanien damals nicht investiert, nicht auszudenken, wo wir heute wären. Die Frage, ob man das Geld für das Aufspüren von Wasser auf dem Mars nicht besser in die Wasserversorgung Afrikas stecken solle, ruft reflexartig die Aufzählung der positiven Errungenschaften der Raumfahrt hervor:

"Denken Sie doch", sagt Nandasiri Jasentuliyana, Direktor des Weltraumbüros der Vereinten Nationen, "an all die Satelliten, ohne die unser Leben heute anders aussehe. Erdbeobachtung für die Umwelt, Kommunikation, Wettervorhersage, Innovationen im Gesundheitsbereich, das alles wird sich noch verbessern. Viele Diagnosetechniken entstanden beispielsweise aus der Raumfahrt. Oder denken Sie an Diabetiker. Früher mußten sie sich täglich eine Spritze geben. Heute gibt es ein Implantat, daß von selbst Insulin freisetzt. Oder der Herzschrittmacher, Erziehung, Bildung. In so großen Ländern wie Indien oder Brasilien können sie nicht in jedem kleinen Dorf eine Schule und Lehrer haben. Aber Dank der Satelliten gibt es Teleschulen. In tausenden indischen Gemeinden finden wir heute Kommunikationszentren nicht nur zwecks Schulbildung sondern auch als Informationsstelle für die Bauern oder für Familienplanung. Oder denken Sie ans Internet. Das alles wäre ohne Satelliten nicht möglich gewesen. Alles Dinge, die wir für selbstverständlich betrachten."

Überleben auf dem Planeten Erde

Die Weltraumindustrie also als Wohltäterin der Menschheit? Gewissermaßen sicher, Satelliten blicken wie gütige Eltern wachsam auf unser Treiben, sie warnen vor Wirbelstürmen, Flutwellen und Vulkanausbrüchen. Sie registrieren penibel die Abholzung der Regenwälder, das Fortschreiten der Wüsten und halten das Ozonloch unter konstanter Beobachtung. Ihnen verdanken wir unser Wissen über den Klimawechsel. Ein Temperaturanstieg von zwei bis zweieinhalb Grad erwartet die Erde in den kommenden 100 Jahren. Ichtiague Rasool, ehemaliger NASA-Wissenschaftler und jetzt an der Universität von New Hampshire, zeigt sich leicht beunruhigt:

"Zwei Grad mehr, das klingt nicht sehr viel. Derzeit beträgt die durchschnittliche Erdtemperatur 15 Grad Celsius. Genauer gesagt 14,8°. Aber das Interessante ist, daß die Durchschnittstemperatur der Erde in den vergangenen 1000 Jahren gleichgeblieben ist. Um 15 Grad herum. Mehr oder weniger 0,2 oder 0,3 %. Zwei Grad mehr bedeutet also einen gewissen Sprung. Das letzte Mal hatten wir einen derartig großen Wechsel vor 20 000 Jahren, während der letzten Eiszeit".

Rasool wünscht sich verbesserte Klimamodelle, damit es nicht wieder trotz aller Satelliten zur Mississippi-Pleite kommt. 1993 gab es eine riesige Überschwemmung entlang des Mississippi. Die Voraussagen für 1993 behaupteten damals, Mittelamerika bleibe trocken und der Südosten der USA werde feucht. Aber - so Rasool - genau das Gegenteil sei geschehen. Der Mississippi trat über die Ufer. Die Ursache dieser falschen Prognose sieht er darin, daß sich die Modelle nicht um die Bodenfeuchtigkeit kümmerten. Man müsse wöchentlich die Bodenfeuchtigkeit und Vegetation messen und sehen, wie sich diese zur Wolkenbildung, zum Regenfall usw. verhält. Wir wissen, sagt Rasool, daß der steigenden Temperaturen wegen der Wasserzyklus intensiver sein wird, aber es läßt sich derzeit nicht vorhersagen, welche Gebiete starke Regenfälle zu erwarten haben und entlang welcher Flüsse es zu Überschwemmungen kommen wird.

Für Peter Creola gibt es daraus nur eine Schlußfolgerung: *"Wir werden im nächsten Jahrhundert unser Raumschiff Erde nur dann in einigermaßen akzeptabler Art managen können, wenn wir Einblick in sein Funktionieren haben. Und dazu müssen wir hinaus gehen. Es ist eine lebenswichtige Mission, das Raumschiff Erde von außen zu beobachten und seine Systeme zu verstehen."*

Wird sie tatsächlich nur von außen - aus dem Weltall - kommen, die Lösung für das globale Klimaproblem? Reicht der Blick von oben und das Zusammentragen von Informationen über die Ursachen des Treibhauseffektes wenn CO₂ und FCKW-Ausstoß nicht maßgeblich reduziert werden? Stimmt die Rolle des Weltraums als Hoffnungsträger, Experimentierfeld, Hinterhof und Auslagerungsstätte für jene Industrien, die der Biosphäre schaden?

"Eine typische Industrie, die unsere Natur belastet ist die Aluminiumindustrie. Die Aluminiumerzeugung ist sehr energieintensiv; auf der anderen Seite wir wissen, daß Aluminium als Mineral sehr häufig am Mond vorkommt. Wenn man im Wirtschaftssystem Erde - Mond denkt, dann haben wir die Möglichkeit, die Rohprodukte vom Mond zu beziehen und mit Energie aus dem Weltraums zu verarbeiten. Hier entfallen alle Verschmutzungsprobleme von der Mine, von der Energieproduktion bis zum halbfertigen Produkt."

Marco Bernasconi, Ingenieur an der ETH Zürich sowie beim schweizer Örlicon-Konzern, trennt sauber zwischen Biosphäre und Weltall. Die Biosphäre bezeichnet er als unser Haus. Den Raum draußen als Werkstatt. Und er stellt die Frage: Warum die Arbeit mit ins Haus nehmen? Der Weltraum biete hervorragende räumliche und zeitliche Bedingungen um neue Ideen umzusetzen. Man könnte ihn als eine Art Lernwerkstätte betrachten. Eine der bedeutendsten Fragen des nächsten Jahrhunderts werde es sein, wie man Milliarden von Menschen mit ausreichend Energie versorgen kann. Die Antwort lautet, wie könnte es anders sein: durch Energieproduktion aus dem Weltraum. Denn dort draußen ist die Sonnenstrahlung kontinuierlicher als auf der Erde und wir haben beliebig viel Sonnenenergie zur Verfügung, die wir mit minimalen Verlusten zur Erde schicken können.

Das einfachste Modell, das schon vor über 30 Jahren von Peter Glaser vorgeschlagen wurde, ist die Idee eines möglichst großen Sonnenkollektor, der aus Sonnenlicht mittels Solarzellen Strom erzeugt. Dieser Strom wird dann in Mikrowellenstrahlung umgewandelt und zum Boden gesendet. Dort macht eine Empfangsantenne das Gegenteil - sie wandelt die einfallende Mikrowellenstrahlung in Strom um. Es gibt natürlich viele Varianten dieser Idee. Man könnte z.B. keinen einzelnen großen Satellit bauen, sondern auf der Mondoberfläche Kollektoren mit lokalen kleinen Sendern verteilen. Das hätte gewisse Vorteile, wie zum Beispiel daß der Mond schon einen festen Boden besitzt. Die Ressourcen für die Erstellung dieser Solarzellen könnten vielleicht einmal am Mond gewonnen werden. Hier denkt man bereits an kleine Roboter, die eben diese Solarzellen produzieren, aufbauen und in Betrieb nehmen.

Der klare Durchblick

Die schöne neue Energiewelt könnte unter anderem aber den Nachteil haben, daß die großen Antennen sowie die leuchtenden Spiegel von der Erde aus mit bloßen Augen zu sehen wären. Einige Astronomen stehen daher diesen Vorschlägen abwartend gegenüber. Sehen sie doch die Dunkelheit des Nachthimmels in Gefahr. Die Zunahme an Wolken, der Treibhauseffekt und die Lichter der Großstädte erschweren schon jetzt den Blick ins All, kritisiert Richard West von der Europäischen Südsternwarte. Die Internationale Astronomische Union (IAU), der etwa 10.000 Fachastronomen aus der ganzen Welt angehören, hat daher bei ihrer letzten Tagung beschlossen, bei der UNESCO einen weitreichenden Antrag zu stellen.

"Man hat sich überlegt, was man gegen die Ausbreitung der Lichtverschmutzung tun könnte. Leider gibt es darüber hinaus auch Pläne, im Weltraum Reklame zu machen, also irgendwelche Satelliten, die sehr hell sind, für Burgers und andere Dinge werben zu lassen. Diese fliegen dann um die Erde herum und können von vielen Leuten gesehen werden. Wir Astronomen sind der Meinung, so etwas gehört nicht an den Himmel. Wir sollten ihn schützen! Es gibt nur einen Himmel über uns und es gibt nur eine Möglichkeit hinauszublicken. Vielleicht könnte man den Himmel gleichsam wie andere Denkmäler hier auf der Erde, alte Städte, Paläste oder Kirchen, als "Kulturerbe der Menschheit" deklarieren und sagen: Es muß so bleiben, wie es ist und darf nicht verändert werden. Insbesondere darf es keine helle Reklame am Himmel geben!"

Eine einfache Methode zur Bestimmung der Entfernung und Größe des Mondes

Peter Habison

Eine der grundlegendsten Aufgaben der Astronomie ist die Bestimmung von Entfernungen im Weltall. Um allgemein ein Gefühl für diese Entfernungsskala zu entwickeln, sind eigene Beobachtungen und daraus abgeleitete Ergebnisse von großer Hilfe. Im Rahmen des internationalen Projektes Astronomy-On Line wurde mit Schülern und Studenten auf der Kuffner-Sternwarte in Wien eine einfache Bestimmung der Entfernung und Größe des Mondes vorgenommen. Der vorliegende Artikel beschreibt das Prinzip einer Parallaxenbestimmung, die Messung und die daraus gewonnenen Ergebnisse.

Einleitung und Prinzip

Die Beobachtung des Mondes durch ein Fernrohr ist stets ein beeindruckendes Erlebnis für jung und alt. Erstmalige Besucher einer Sternwarte erkennen sogleich die zahlreichen Krater, Ebenen und Gebirge des Mondes im Detail und stellen rasch die Frage nach der Entfernung und Größe unseres Nachbarn im All. Die Antwort darauf kann heute mittels moderner Lasertechnologie bis auf wenige Zentimeter genau gegeben werden, sie vermittelt jedoch kein Gefühl über die wahren Entfernungsverhältnisse und erfordert das Verständnis einer komplizierten Methode der Vermessung. Eigene Beobachtungen und daraus abgeleitete Entfernungen sind von großer Hilfe bei der Erarbeitung der Problemstellung und regen oft zur weiteren Beschäftigung mit dem Thema an. Das bei der Beobachtung der Entfernung verwendete Prinzip beruht auf der Vermessung von Winkeln und der Berechnung ebener Dreiecke. Neben einfachen Gesetzen der ebenen Trigonometrie ist nur grundlegende Mathematik erforderlich.

Wenden wir uns gleich dem Begriff der "Parallaxe" zu. Spricht man von einer sog. "trigonometrischen Parallaxe", so handelt es sich um jenen Winkel, unter welchem ein naher Gegenstand von zwei unterschiedlichen Standorten aus betrachtet, gegenüber dem weit entfernten Hintergrund erscheint. Nehmen wir als Beispiel unsere beiden Augen als "linken" und "rechten" Standort und den Daumen unserer ausgestreckten Hand als nahen "Gegenstand". Als Hintergrund kann ein weiter entfernter Baum, ein Haus oder sonst irgendein Objekt verwendet werden. Betrachten wir nun unseren Daumen einmal mit dem rechten und dann mit dem linken Auge, so "springt" der Daumen vor dem Hintergrund "hin und her". Jener Winkel, um welchen der Daumen springt, wird als "Parallaxe" bezeichnet. Abb. 1 (nicht maßstabsgetreu) zeigt dies anhand zweier Beobachter auf der Erdkugel. Beobachter 1 befindet sich beispielsweise in Europa, Beobachter 2 in Afrika. Beide beobachten den Mond vor dem weit entfernten Himmelshintergrund. Für Beobachter 2 entspricht die Deklination des Mondes (dies ist seine Abweichung in Grad vom Himmelsäquator) seiner geographischen Breite. Beobachter 1 hingegen sieht den Mond um den Winkel α gegen den Hintergrund verschoben - diesen

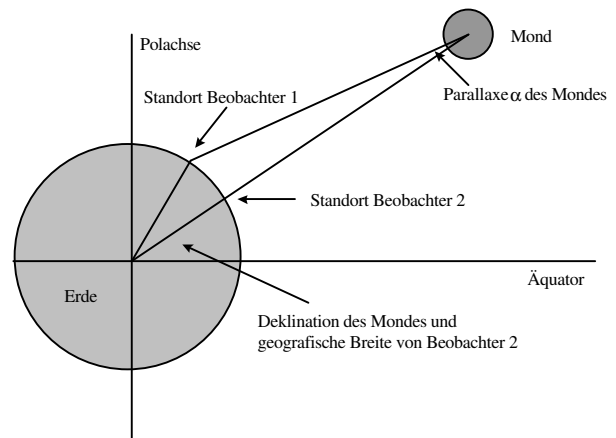


Abb. 1: Die geometrischen Verhältnisse bei der Beobachtung des Mondes durch Beobachter 1 und 2 auf unterschiedlichen geographischen Breiten. Eingezeichnet ist neben der Deklination des Mondes auch seine Parallaxe zwischen Beobachter 1 und 2.

Winkel bezeichnet man nun als die Parallaxe α des Mondes in bezug auf die beiden Beobachter 1 und 2.

Die Methode der Parallaxenbestimmung ist für die Astronomie von grundlegender Bedeutung, erlaubt sie doch die Vermessung unserer näheren astronomischen Umgebung. Da die Methode auf der Messung von Winkeln beruht und diese bei weit entfernten Objekten immer schwieriger zu vermessen sind, ist ihre Reichweite beschränkt. Dennoch konnten mit trigonometrischen Parallaxen von der Erde u.a. die Entfernungen der Venus, des Merkur und einiger naher Sterne (bis zu etwa 300 Lichtjahren) vermessen werden. Der Astrometrie-Satellit HIPPARCOS, welcher die Messungen außerhalb der Erdatmosphäre durchführen konnte und dessen Kataloge nun fertiggestellt sind, vermaß sogar über 100.000 Sterne bis zu einer Entfernung von ca. 3300 Lichtjahren in unserer Galaxis. Seine Ergebnisse veränderten unsere Vorstellung über die Größe des Universums um ca. 10%!

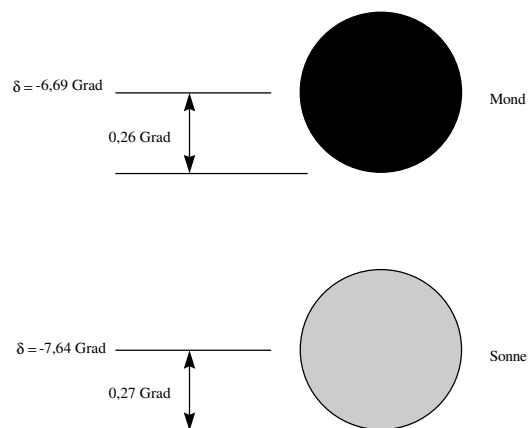


Abb. 2a: Vom Mittelpunkt der Erde (oder von Beobachter 2) aus betrachtet kommt es zu keiner Sonnenfinsternis. Sonne und Mond überdecken einander nicht. Eingezeichnet sind Deklination und scheinbare Halbmesser von Sonne und Mond in Winkelgrad.

Dipl.-Ing. Peter Habison ist Leiter der Kuffner-Sternwarte in Wien-Ottakring

Die Beobachtung der Finsternis

Die Messung der Mondparallaxe kann nach zwei einfachen Varianten der grundlegenden Methode durchgeführt werden. Die erste Variante der Entfernungsmessung erfordert zwei Beobachter auf unterschiedlichen geographischen Breiten, jedoch mit möglichst gleicher geographischer Länge. Die Beobachtungsergebnisse müssen dann zur Bestimmung der Entfernung des Mondes kombiniert werden. Die zweite Variante erfordert nur einen Beobachter, jedoch die genauen geozentrischen Koordinaten von Mond und Vergleichsobjekt am Himmel. Diese Koordinaten müssen einem astronomischen Jahrbuch entnommen werden. Da nicht immer ein Beobachtungspartner in einem anderen Land zur Verfügung steht, soll im folgenden Variante 2 beschrieben werden.

Als Möglichkeit zur Messung der Mondparallaxe bot sich die partielle Sonnenfinsternis vom 12. Oktober 1996 ideal an. Für die Beobachtung wurde ein kleines Spiegelteleskop mit 8 Zoll Durchmesser und fest verbundenem Projektionsschirm für das Sonnenbild verwendet. Vor Beginn der Finsternis wurde die Größe des Sonnenbildes am Schirm eingestellt und während der gesamten Messung unverändert belassen. Um den kleinsten Abstand der Mittelpunkte von Sonne und Mond zu messen, mußte der Zeitpunkt der größten Bedeckung ermittelt werden. Dies konnte durch regelmäßige Aufzeichnung (alle 5 Minuten) des Durchmessers H der Sonne und der Höhe Δh erreicht werden (siehe hierzu Abb. 2b). Trägt man das Verhältnis $\Delta h/H$ als Funktion der Zeit auf und sucht das Minimum, so erhält man den Zeitpunkt der größten Bedeckung. In Abb. 3 ist ein derartiges Diagramm mit den gemessenen Werten vom 12. Oktober 1996 für Wien abgebildet. Für den Zeitpunkt der maximalen Bedeckung vermisst man sodann die Distanz der Mittelpunkte von Sonne und Mond ($\Delta\delta_2$) am Schirm (z.B. in cm). Die dieser Abstandsbestimmung ist die Beobachtung abgeschlossen und es folgt die Auswertung der Daten.

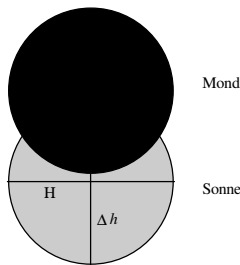


Abb. 2b: Von Beobachter 1 aus betrachtet ist die Sonnenfinsternis sichtbar, Sonne und Mond überdecken einander. Eingezeichnet sind die "Höhe" Δh und der Sonnendurchmesser H .

Die Vorgangsweise der Berechnung

Für die Berechnung betrachten wir Abb. 4. Sie zeigt die geometrischen Verhältnisse bei der Beobachtung (exakt nur für Beobachtungen im Meridian). Das eingezeichnete Dreieck setzt sich aus folgenden Entfernungen bzw. Winkeln zusammen: Entfernung b vom Beobachter zum Mond, Entfernung r des Beobachters zum Erdmittelpunkt (Erdradius), Entfernung d der Mittelpunkte Erde-Mond, Parallaxe α des Mondes und der Winkel $\phi - \delta$, wobei ϕ die geographische Breite des Beobachters und δ die Deklination des Mondes sind. Bis auf die Entfernung d des Mondes sind die restlichen Größen bekannt und können mit Hilfe des Sinussatzes einfach berechnet werden. Zuvor jedoch muß die Parallaxe α des Mondes aus der

Beobachtung gewonnen werden. Da wir keinen zweiten Beobachter auf einer anderen geographischen Breite zur Verfügung haben, müssen wir die Deklination von Sonne und Mond für den Zeitpunkt der größten Annäherung einem guten astronomischen Jahrbuch entnehmen. Wir verwendeten hierfür den *Astronomical Almanac 1996*, welcher für den Zeitpunkt der maximalen Bedeckung folgende Werte angibt:

- Deklination der Sonne: $-7,64^\circ$
- Deklination des Mondes: $-6,69^\circ$

Die scheinbaren Winkeldurchmesser von Sonne und Mond am Himmel wurden mit Hilfe der Erdrotation bestimmt und ergaben die folgenden Werte:

- Winkeldurchmesser der Sonne: $0,54^\circ$
- Winkeldurchmesser D' des Mondes: $0,52^\circ$

Die Parallaxe α des Mondes ergibt sich, wie leicht einzusehen ist, aus der Differenz der Deklinationenwerte von Sonne und Mond zum Zeitpunkt der maximalen Bedeckung ($\Delta\delta_1$) und der Differenz des beobachteten Mittelpunktabstandes Sonne-Mond ($\Delta\delta_2$):

$$\alpha = \Delta\delta_1 - \Delta\delta_2$$

Mit Hilfe des scheinbaren Winkeldurchmessers von Sonne oder Mond kann $\Delta\delta_2$ leicht von [cm] in [Grad] umgerechnet werden. Nun ergibt die Anwendung auf das ebene Dreieck in Abb. 4:

$$\frac{\sin\beta}{d} = \frac{\sin\alpha}{r}$$

Der dritte Winkel β im Dreieck kann aus der Winkelsumme leicht berechnet werden. Damit ergibt sich für die Entfernung d des Mondes:

$$d = \frac{r \sin(180 - \alpha - \phi - \delta)}{\sin\alpha}$$

Der wahre Durchmesser D des Mondes ist nun einfach aus der scheinbaren Größe des Mondes D' am Himmel und seiner Entfernung d von der Erde mit der Beziehung

$$D = 2 d \tan\left(\frac{D'}{2}\right)$$

berechenbar.

Die Ergebnisse

Für die endgültigen Berechnungen wurden noch folgende Werte aus der Literatur verwendet: Erdradius $r = 6378$ km und geographische Breite ϕ für Wien = $+48,2^\circ$. Mit der gemessenen Parallaxe $\alpha = 0,76^\circ$ ergibt sich die Entfernung (für den 12. Oktober 1996) und der Durchmesser des Mondes schließlich zu:

	Berechnet	Literaturwert (aus: <i>Astronomical Almanac 1996</i>)
Entfernung am 12.10. `96 in [km]	396.990	392.577
Durchmesser in [km]	3.603	3.475

Bedenkt man, welche einfache Methode und welches kleine Instrument verwendet wurden, so ist die Abweichung von den Literaturwerten erstaunlich gering. Der Fehler der Mondent-

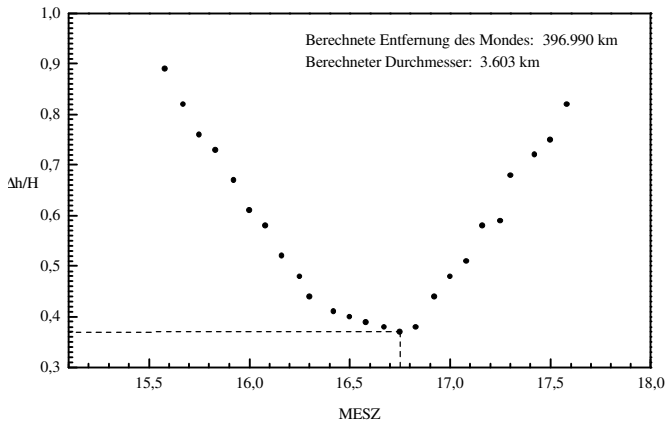


Abb. 3: Diagramm zur Bestimmung des Zeitpunktes der maximalen Verfinsterung. Die etwas größere Streuung der Werte nach dem Minimum ist auf den schon tieferen Stand von Sonne und Mond gegen Ende der Finsternis zurückzuführen.

fernung aufgrund der Ungenauigkeit der Beobachtung und der vereinfachten Modellannahme (zweidimensionale Methode) liegt bei ca. ± 5000 km. Die tatsächlichen Werte liegen im Bereich des Fehlers.

Die Vorbereitung, Beobachtung und Berechnung der Mondentfernung bereitete den mitwirkenden Schülern und Studen-

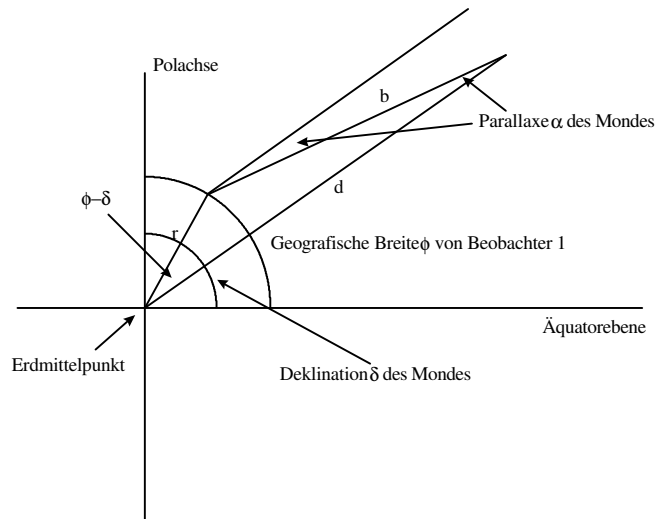


Abb. 4: Die geometrischen Verhältnisse im allgemeinen Dreieck zwischen Erdmittelpunkt, Mond und Beobachter. Die Beschreibung der einzelnen Größen erfolgt im Text.

ten eine große Freude. Für viele war dies ihre "erste Vermessung des Himmels". Als Abschluß der Arbeit wurden die Ergebnisse auf der internationalen Homepage des Projekts "Astronomy On-Line" zusammengestellt und präsentiert.

Der Tag, an dem sich die Sonne (teilweise) verdunkelte

Michael Teubenbacher

Es war ein wunderschöner Samstagnachmittag, der 12.10.1996, und nichts deutete auf das bevorstehende Naturereignis, eine partielle Sonnenfinsternis, hin. Um 15 Uhr trafen wir uns, einige Schüler der 6A. Es blieben uns noch 30 Minuten bis zu Beginn dieses "Spektakels". Zeit genug, so meinten wir, um unsere "Apparaturen" aufzubauen. Doch das Suchen eines geeigneten Platzes nahm soviel Zeit in Anspruch, daß wir die ersten Messungen erst einige Minuten nach Beginn der Sonnenfinsternis nehmen konnten.

Als Ort für unsere Messungen wählten wir schließlich eine größere freie Fläche vor der Porzellanmanufaktur im Augarten. Dieser Platz hatte den Vorteil, daß keine Bäume störenden Einfluß auf unsere Beobachtungen nehmen konnten.

Unsere Ausrüstung bestand aus:

- mit Ruß geschwärzte Glasplatten, um die Sonne ohne Schädigung der Augen die Sonne beobachten zu können.
- 2 Stativen
- einem Fotoapparat mit speziellen Filter

Michael Teubenbacher (6. Kl. Naturwiss. RG, Wien-Brigittenau). Dieser Bericht wurde von Prof. Mag. Ilse Bartosch zur Verfügung gestellt.

- einem Spiegel, mit dem wir das Abbild der Sonne auf eine Leinwand projizierten.
- zwei Ferngläser, mit den wir das Abbild der Sonne auf ein Blatt Papier projizierten.
- verschiedenen Meßgeräten (Uhr, Geodreieck, Maßband,...)
- einer Camera Obscura: in unserem Fall ein ca. 2 m langes Rohr mit einem Durchmesser von ca. 2 cm. Dieses ist vorne mit schwarzen Papier mit einem sehr kleinem Loch (ca. 1 mm) in der Mitte und hinten mit Transparentpapier beklebt. Durch die vordere Öffnung wird das Sonnenlicht eingefangen und auf das Transparentpapier am anderen Ende scharf abgebildet.

Kaum hatten wir unsere Arbeit begonnen, waren interessierte Zuschauer um uns versammelt. Bereitwillig erklärten wir ihnen den Zweck unserer Messungen und unsere Arbeitsweise.

Für unsere Arbeit gab es drei Schwerpunkte:

Das Beobachten. Mit Hilfe von rußgeschwärzten Glasscheiben konnten wir völlig gefahrlos in die Sonne schauen und die Umrisse der Sonne mit dem Mondschatten scharf erkennen. Auch vorbeikommenden Spaziergängern, die Interesse an der

partiellen Sonnenfinsternis zeigten, konnten wir es so ermöglichen, sie sehen.

Das Fotografieren. Durch den erwähnten Filter war es möglich, die Finsternis abzulichten. Um noch schärfere Aufnahmen zu erhalten, hielten wir bei manchen Fotos zusätzlich ein geschwärztes Glas vor die Linse.

Den wesentlichsten Anteil der Arbeit dieses Nachmittages stellte die *systematische Beobachtung* dar.

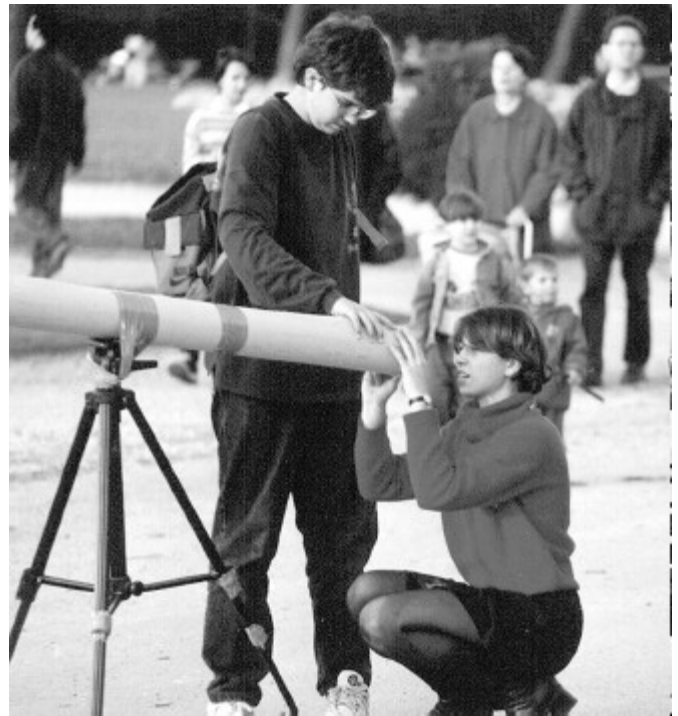
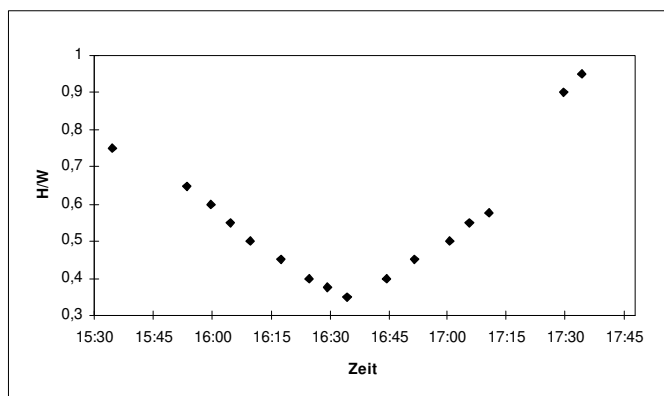
Wir wendeten 2 Methoden an:

1. Das Abbild der Sonne wurde mit Hilfe eines Spiegels auf eine Leinwand, die im Schatten stand, projiziert. Nun war der Umriß der Sonne auf der Leinwand gut erkennbar, und man konnte den Verlauf der Sonnenfinsternis genau beobachten. Alle 5 Minuten wurde vermessen, wie weit der Mond die Sonne verdeckte. Verglich man die Daten miteinander, so war erkennbar, wie die Sonnenfinsternis sich entwickelt und wann sie ihren Höhepunkt erreicht hatte.
2. Wir richteten unsere Camera Obscura auf die Sonne. War sie genau ausgerichtet, so zeichnete sich der Sonnenumriß auf dem Transparentpapier ab. Dieses Abbild ermöglichte es uns die "Daten" der Finsternis zu bestimmen. (siehe Tabelle und Abbildung)

Insgesamt dauerte unsere Arbeit von 15.30 bis 17.30. Eigentlich dauerte die Sonnenfinsternis bis 17.47, doch Bäume machten ein weiteres Beobachten der schon sehr tief stehenden Sonne unmöglich. Somit war ein sehr schöner Nachmittag und zugleich ein seltenes Spektakel zu Ende gegangen, und zufrieden mit den Ergebnissen unserer Arbeiten traten wir den Heimweg an.

Abstand Loch - Schirm: 2,31 m
Breite der Sonnenscheibe auf Schirm: 2 cm

Zeit	Höhe (in cm)	H/W	Zeit	Höhe (in cm)	H/W
15:35	1,5	0,75	16:35	0,7	0,35
15:54	1,3	0,65	16:45	0,8	0,4
16:00	1,2	0,6	16:52	0,9	0,45
16:05	1,1	0,55	17:01	1	0,5
16:10	1	0,5	17:06	1,1	0,55
16:18	0,9	0,45	17:11	1,15	0,575
16:25	0,8	0,4	17:30	1,8	0,9
16:30	0,75	0,375	17:35	1,9	0,95



Arbeit mit der Camera Obscura im Wiener Augarten



Kräftemessen mit Magdeburger Halbkugeln zwischen Prof. Kutschera (re.), dem Organisator der ÖPG Jahrestagung 1997, und Prof. Kühnelt im Anschluß an die Präsentation "1000 Jahre Naturwissenschaften in Österreich" durch Schüler des BG Horn (siehe Bericht Seite 32)

Mind-Mapping im Physikunterricht

Helga Stadler

Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, eine Unterrichtssequenz zu einem bestimmten Thema zu gliedern. In Schul- und Fachbüchern wird meist eine lineare Form gewählt: ausgehend von der allgemein gehaltenen Einführung werden die Themen der Reihe nach meist mit zunehmender Komplexität behandelt. Bezüge zur Alltagswelt des Lesers werden - z.T. auch weil es sich hier um besonders komplexe Themen handelt - häufig erst gegen Ende hergestellt. Häufig folgt Unterricht dieser linearen Methode. Sie bietet vor allem den Vorteil der Übersichtlichkeit und durch das lineare Ansteigen der Komplexität wird das Verstehen erleichtert. Der Nachteil der Methode liegt auf der Hand: Die eigentlichen Interessen des Lesers kommen erst nach einer oft langen Durststrecke zum Tragen. Schülerinnen und Schüler sind häufig nicht bereit, dieses Warten auf Themen, die für sie interessant sind, auf sich zu nehmen, zumal im Laufe des Geschehens dann auch auf die ursprünglichen Fragen manchmal vergessen wird oder schlicht keine Zeit bleibt.

Mind-Mapping (mit einem anderen Wort kognitive Landkarte oder Gedankenlandkarte) bietet die Möglichkeit, die Komplexität eines Themas von Anfang an deutlich zu machen und den Blick darauf auch im Verlaufe des Lerngeschehens nicht zu verlieren. Querbezüge haben von Anfang an ihren Stellenwert, wodurch auch der Aspekt der Interdisziplinarität während des Unterrichts gewahrt bleibt.

Mind-Mapping kann für den Unterricht vielfältig genutzt werden: Als Einstieg in ein Thema, als Auswertung (Wiederholung, Zusammenfassung) einer Unterrichtssequenz, zum Festhalten der Ergebnisse einer Gesprächsrunde, zur Dokumentation eines Projekts, als Lernhilfe. (Vgl. U.Lipp, *Mind-Mapping in der Schule*. In: Pädagogik 10/94). Im Physikunterricht bietet sich darüber hinaus die Möglichkeit, etwas über die Vorstellungen und Vorerfahrungen der Schüler mittels Mind-Maps zu erfahren (Vgl. Naturwissenschaften im Unterricht, Heft 4/1997).

Mind-Mapping als Einstieg in ein Thema.

Eine Unterrichtssequenz zu einem bestimmten Thema mit Brain-Storming zu beginnen ist eine durchaus übliche Methode: die Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert, alle Stichworte, die ihnen zum genannten Thema einfallen, zu nennen, dann wird nach Themengebieten geclustert. So erhält man eine Übersicht über die unterschiedlichsten Aspekte eines Themas. Methodisch kann dies auch mit einer größeren Gruppe ein Einstieg sein, bei dem mit relativ wenig Zeitaufwand jeder die Chance hat, jene Aspekte, die ihm vertraut oder wichtig sind, zu nennen, und wobei die Gewähr gegeben ist, daß diese Aspekte im Unterrichtsgeschehen nicht verlorengehen.

Mind-Maps stellen eine Weiterführung dieser Methode dar. Im Unterschied zum Clustern von Ideen ermöglicht sie einerseits eine übersichtliche Zuordnung der einzelnen Cluster, andererseits ergeben sich häufig weitere Verästelungen bzw. Verbindungen unter den einzelnen Ästen.

Mind-Mapping für Einsteiger

(Vgl. U.Lipp, *Mind-Mapping in der Schule*)

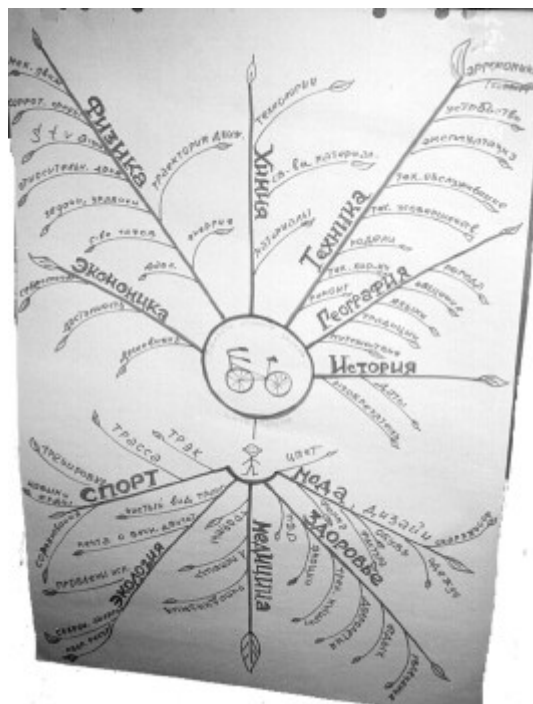
1. Schreiben Sie zunächst das Thema, die Fragestellung in die Mitte eines Papierbogens.
2. Überlegen Sie einige wichtige Aspekte (zwei bis drei) und notieren Sie diese als erste Hauptäste, einen rechts, einen links, eventuell noch einen nach unten. Lassen Sie zunächst den Anspruch auf Vollständigkeit und auf Trennschärfe ruhig weg.
3. Notieren Sie nun die Gedanken, "wie sie kommen". Wenn der Gedanke zu einem schon vorhandenen Hauptast paßt, hängen Sie ihn dort an.

Konzentrieren Sie sich vor allem auf das Thema. Achten Sie darauf, daß Sie keinen Gedanken verlieren.

Und weitere Tips: Um die Übersicht zu bewahren, Zeichnen Sie die Linien am Anfang möglichst waagrecht und schreiben Sie auf die Linien. Verwenden Sie Druckbuchstaben um die Leserlichkeit zu bewahren.

Mind-Maps eignen sich insbesondere für den themenzentrierten Unterricht oder für Projekte. Sie zwingen SchülerInnen (und Unterrichtende) dazu, aus einem engen Modell herauszutreten und einen Begriff, einen Gegenstand in einem größeren Gesamtkontext zu sehen. So erfahren SchülerInnen, die Mind-Maps beispielsweise zum Thema Energie verfertigen, wie viele unterschiedliche Bereiche mit diesem Thema verknüpft sind. Die Erstellung der Mind-Map führt sie zur Erkenntnis, welche Bedeutung der Energiebegriff für sie und die Gesellschaft hat und in welcher Weise unsere Lebensbereiche über diesen Begriff vernetzt sind.

Die nachfolgende Mind-Map zum Thema Fahrrad stammt aus einem Workshop unserer Arbeitsgruppe mit russischen Lehrerinnen und Lehrern, der im November 1997 in St. Petersburg stattfand.

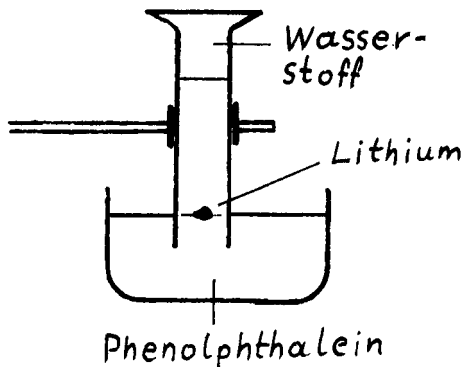


Freihandexperimente

Blutrot

Wasserstoffdarstellung aus Lithium

Material: Stativ und Stativmaterial, Standzylinder, Kristallisierschale, Deckglas, Pinzette, Messer, Saugpapier, Lithium, Phenolphthaleinlösung, ev. kl. Glastrichter, Reagenzglas und



Brenner

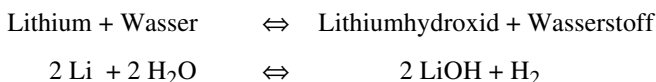
Durchführung: Eine Kristallisierschale wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt, in welches man etwas Phenolphthaleinlösung schüttet. Der Standzylinder wird mit Wasser vollständig gefüllt, mit einem Deckglas verschlossen und verkehrt unter Wasser gebracht. Dort wird das Glas entfernt und der Zylinder im Stativ fixiert.

Von einem Stück Lithium schneidet man ein ca. linsengroßes Stück ab, tupft anhaftendes Petroleum bzw. Paraffinöl gut ab. Mit einer Pinzette bringt man das Metall zügig unter die Standzylinderöffnung.

Gasentwicklung ist zu beobachten. Das Wasser im Zylinder wird durch das entstehende Gas verdrängt und das Wasser färbt sich rot.

Alkalimetalle reagieren mit Wasser unter Wasserstoffbildung.

Reaktionsgleichung:



Die entstehende Base wird durch die Rotfärbung des Phenolphthaleins angezeigt.

Tips und Tricks:

- Sollte das Lithium an der Oberfläche stark oxidiert sein, muß es vor dem Versuch entrindet werden.
- Möchte man den Standzylinder vollständig mit Wasserstoff füllen, bringt man nötigenfalls ein zweites Stück Lithium unter die Glasöffnung. Keine zu großen Stücke verwenden.
- Man kann auch den Nachweis durchführen, dass es sich bei dem entstandenen Gas um Wasserstoff handelt. Man füllt unter Wasser eine Proberöhre mit Wasser und gibt ebenfalls noch unter Wasser einen Trichter in die Reagenzglasöffnung. Durch den Trichter kann man nun Wasserstoff in das Reagenzglas füllen.

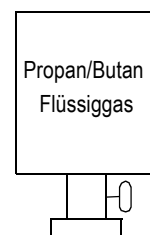
Man verschließt das Glas mit dem Daumen und führt die Knallgasprobe durch.

Noch besser ist der Nachweis zu hören, wenn man ca. 3/4 des Reagenzglasvolumens Luft in diesem läßt und erst dann den Wasserstoff einfüllt. Durch das lautere Verbrennungsgeschrei bei der Knallgasreaktion ist der Wasserstoffnachweis auf diese Art eindrucksvoller.

- In vielen Chemiebüchern wird die Wasserstoffdarstellung mit dem Alkalimetall Natrium beschrieben. Mit einem Sieblöffel soll Natrium unter den Standzylinder gebracht werden. Da es immer wieder zu Unfällen bei dieser Art der Wasserstoffdarstellung gekommen ist (Natrium schmilzt im Wasser zu einem Kügelchen), ist die Verwendung von Lithium günstiger.

Werner Rentzsch

Sieden bei vermindertem Druck

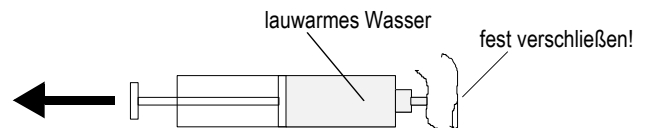


100 ml Becherglas
mit etwa 5 ml Wasser

Ein mit einer ziemlich vollen Gaskartusche bestückter Gasbrenner wird über ein Becherglas, das mit etwas Wasser gefüllt ist, gehalten und das austretende Flüssiggas aufgefangen.

Die Flüssiggastropfen sieden im Becherglas. Dies ist am Overhead schön zu sehen.

Da die "Verdampfungswärme" der Umgebung entzogen wird, erstarrt das Wasser nach etwa einer halben Minute - Prinzip des Kühlschranks.



Eine 10 ml (oder größer) Kunststoffspritze wird zur Hälfte mit lauwarmem Wasser gefüllt.

Achtung! Die Füllung muß vollständig blasenfrei sein.

Die Öffnung der Spritze wird mit einem Finger fest verschlossen und gleichzeitig wird der Kolben der Spritze nach hinten gezogen.

Das Wasser in der Spritze bildet sofort Siedebällchen.

Ewald Hosemann, HS Passail

Sezieren eines Schweinsauges

Nötiges Material:

- 1 Schweinsauge
- 1 Universalmesser oder 1 Rasierklinge
- 1 oder 2 Zeitungen als Unterlage
- 1 Kerze
- 1 Paket Zündhölzer

Bitte beachten Sie:

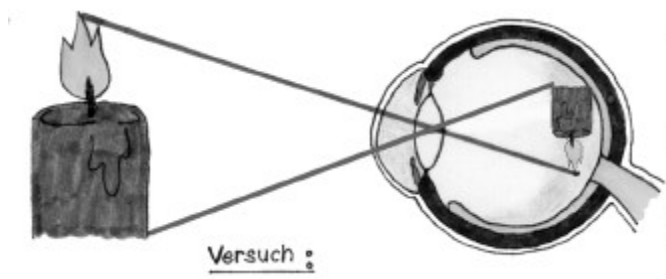
1. Das Schweinsauge erhält man frisch vom Fleischer
2. Das Schweinsauge darf höchstens 2-3 Tage aufbewahrt werden
3. Das Schweinsauge kühl (Kühlschrank) lagern!
NICHT einfrieren

Anwendung:

Man lege das Schweinsauge auf die schon vorbereitete Unterlage. Zuerst werden mit dem Stanlymesser oder der Rasierklinge alle Muskeln weggeschnitten. Danach schneidet man oberhalb des Sehnervs einen ca. 1 cm langen Schnitt

1. Versuch:

Nun zündet man die Kerze an. Man nimmt das Auge vorsichtig zwischen die Finger und sieht durch den Einschnitt hindurch. Die Kerzenflamme kann man nur schwach, aber verkehrt sehen.



2. Versuch:

Jetzt drückt man vorsichtig den Glaskörper (geleeartige Masse) heraus. Die Linse befindet sich noch in der Augenhülle. Man drücke sie vorsichtig heraus. Nun legt man die Linse auf die Unterlage (Zeitungspapier). Man kann sehen, daß die Buchstaben vergrößert und aufrecht sind. Sie wirkt wie eine Lupe. Die Augenlinse ist bikonvex, d.h. auf beiden Seiten gewölbt.

Sonjas Experimentieranleitung (4. Kl. HS Groß-Enzersdorf) wurde uns von ihrer Lehrerin Frau HOL Anita Holzer zugesandt.

PI Wien: Chemie übersiedelt

Werner Rentzsch

Die Räumlichkeiten, in denen der Chemiesaal und die Chemievorbereitung am Pädagogischen Institut der Stadt Wien in der Burggasse untergebracht waren, werden jetzt für das ICE (Internet Center for Education - Vienna) genützt.

Der neue Chemiestandort des PI (Expositur) ist seit November 1997 die Hauptschule in der Staudingergasse 6 im 20. Bezirk, Brigittenau. Er ist leicht erreichbar: z.B. mit der U4 (Friedensbrücke) und von dort entweder zu Fuß (3 Gehminuten); oder mit den Straßenbahnlinien 5, 31, 33 (Station Klosterneuburgerstraße). Auch Parkplätze sind in Schulnähe zu finden.

Die Übersiedlung

Unangenehme Ereignisse verdrängt man meist, solange es geht. Anfang Juni 1997 war es dann soweit. Die schon seit längerer Zeit geplante Übersiedlung der "Chemie" vom Pädagogischen Institut in meine Schule mußte stattfinden. Alles mußte schnell gehen. In der Schule war Raum für die neu aufzustellenden Kästen des PI zu schaffen und am PI selbst mußten eine Unzahl von Chemikalien, Gläsern und Geräten sicher verpackt werden. Unbrauchbare Chemikalien wurden aussortiert und nach Vorschrift der Entsorgung zugeführt; eine umfangreiche Arbeit, die ohne meinen lieben Kollegen Christian Fürst in der kurzen Zeit nicht zu bewältigen gewesen wäre.

Nach 14 Tagen war der Chemiesaal am PI besenrein und im Physik/Chemiesaal meiner Schule war mit Kästen als Trennwand ein zusätzlicher Raum für PI-Kästen geschaffen. Das Chemiekammerl war leer und bereit für die großen Chemikalienkästen. Ende der vorletzten Schulwoche fand der Transport der Kästen und Kisten statt - eine Tagesarbeit für 6 starke Männer. Milde lächelnde Kollegen erklärten es für unmöglich, daß der Inhalt mehrerer Möbelwagen in einem schon vorher überfüllten Chemiesaal und Vorbereitungsraum Platz finden könnte. Etwa 40 Kästen wurden von meinem Schüler Kadir und mir an die vorbestimmten Plätze geschleppt und am Anfang der letzten Schulwoche montiert. Sogleich wurden die Kästen wieder eingeräumt, und am letzten Schultag war die Ordnung wieder soweit hergestellt, daß dem Schulbeginn im Herbst mit Freude entgegengesehen werden durfte.

Für die Hilfe bei der Übersiedlung möchte ich mich bei der Sekretärin Frau C. Szabo und bei Herrn E. Marinkovits vom PI bedanken. Mein Dank geht auch an die Mitarbeiter verschiedener Magistratsabteilungen, die auch die sehr knapp angesetzten Termine einhielten und bei den vielen Telefonaten immer freundlich blieben. Dank an meinen Direktor G. Langer, der mich mit freundlichem Zuspruch unterstützte. Dank an die Schulfürer Herrn Cech und Herrn Brand, die ordnend das Chaos verringerten. Dank an die vielen Schüler, die Kisten und Kästen schleppten, Müll in den Müllraum trugen, Fächer auswuschen und beim Aus- und Einräumen halfen.

Das Fest

Zu Faschingsbeginn am 11.11.1997 war es dann soweit, daß einer kleinen Eröffnungsfeier nichts mehr im Wege stand.

Pünktlich ab 14.30 Uhr fanden sich die Besucher und Kursteilnehmer ein. Nach einer herzlichen Eröffnungsrede durch Herrn Mag. Paul Kral, den Direktor des PIs der Stadt Wien, und einer Begrüßung durch Kursleiter Werner Rentzsch wurden im Stationsbetrieb verschiedenste Versuche durchgeführt. In dem gut ausgestatteten Chemiesaal wurde experimentiert, diskutiert und geschmökert. Herr Mag. Paul Kral, der selber viele Jahre als Dozent in der Chemie/Physiklehrer-aus- und -weiterbildung tätig war, blieb bis zum Schluß und erinnerte sich mit uns an viele spektakuläre Chemieversuche bei früheren Veranstaltungen.

Kurs "Chemie - Von allen für alle"

Am neuen Chemiestandort findet derzeit der Kurs "Chemie - Von allen für alle" statt. Der Kurs wird im Sommersemester 1998 mit sechs Veranstaltungen, jeweils am Dienstag nachmittags von 14.30 bis 17.30 Uhr fortgesetzt. Die voraussichtlichen Termine sind 17.2., 10.3., 24.3., 28.4., 12.5., 26.5. 1998.

An jedem Chemienachmittag werden Versuche zu verschiedenen Themenschwerpunkten angeboten. Als kleine Kostprobe die Themen der ersten drei Kurstage im Wintersemester 97:

- Papier selbst gemacht - bunt, aus Pflanzen und tintenfest.
- Schießbaumwolle - die etwas andere Watte.
- Wir machen unseren Zucker selber - die ausgelaugte Zuckerrübe.

Die Veranstaltungen verstehen sich als Experimentierkurse, bei denen die Praxis im Mittelpunkt steht, aber auch die Theorie nicht zu kurz kommt. Alle Experimente können selbstverständlich selbst durchgeführt werden. Zu den Kursen gibt es immer schriftliche Unterlagen.

Was ist an diesen Nachmittagen noch alles möglich?

- Eigene Experimente, die man selber entwickelt oder irgendwo gelesen hat, können vorgezeigt bzw. ausprobiert werden (oft fehlen an der eigenen Schule Chemikalien oder einfach die nötige Zeit).
- (Fast) jeder Wunsch nach einem chemischen Experiment wird erfüllt.
- Neueinsteiger in die Chemie (freiwillig oder unfreiwillig/HS oder AHS) sind herzlich willkommen und werden liebevoll in alle Arbeitstechniken eingeweiht - Entmutigte verlassen uns hochmotiviert.
- Herzlich willkommen sind Wiedereinsteiger/innen nach einem Karenzurlaub und Kollegen, denen die Praxis bei der Lehrerausbildung zu wenig war.
- Erfahrungsaustausch aus dem eignen Unterricht ist willkommen.
- Probleme im Chemieunterricht (auch Kustodiat) können besprochen werden, wir suchen gemeinsame Lösungen.
- Neue Bücher, Zeitschriften, Overheadfolien, Videos bzw. Filme und andere Unterrichtsbehelfe werden vorgeführt, gezeigt, vermittelt usw.
- Es erfolgen Informationen über Vorträge, Tagungen, Chemieverbände, Exkursionsmöglichkeiten usw.

Kursziel: Lebensnaher, experimentenzentrierter und lustbetonter Chemieunterricht, der Freude und Interesse an Chemie weckt. Gemeinsam lassen sich Probleme leichter lösen. Wen die Naturwissenschaft bewegt, der muß sich bewegen.



Mag. Paul Kral, Direktor des PI der Stadt Wien freut sich über den gelungenen Umzug der Chemiesammlung.

1000 Jahre Naturwissenschaften in Österreich

Unter diesem Motto stand ein Projekt, das im Millenniumsjahr 1996 auf Initiative von Prof. Mag. Werner Lang am BG Horn/NÖ durchgeführt wurde. Schülerinnen und Schüler der Oberstufe bereiteten die Biografien zahlreicher Wissenschaftler vom Mittelalter bis zur Gegenwart auf und faßten sie in Wandtafeln und einer Broschüre zusammen. Ergänzend wurden fundamentale Versuche der Physik vorbereitet. Nach einer Präsentation in der Schule ging die Gruppe an die Öffentlichkeit und präsentierte ihre Arbeit in der Sparkasse Horn und der Raika Gars der Öffentlichkeit. Auf Einladung des ÖPG-Fachausschusses Lehrer an Höheren Schulen zeigten Prof. Lang und seine Schüler, die teilweise bereits maturierten und trotzdem den Weg von ihren derzeitigen Arbeits- und Ausbildungsstätten nach Wien auf sich nahmen, im Rahmen der Jahrestagung der ÖPG ihre Arbeit. Rund 60 Physiker spendeten dem engagierten Team begeisterten Beifall.



Birgit Amon vom BG Horn präsentiert Biographien österreichischer Wissenschaftler anlässlich der ÖPG Jahrestagung 1997

Preise der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft

Roman Ulrich Sexl - Preis

der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft für besondere Leistungen in Unterricht und Lehre der Physik

Die Österreichische Physikalische Gesellschaft stiftet mit dem Ziel der Förderung einer motivierenden und effizienten physikalischen Lehre den Roman Ulrich Sexl-Preis.

Die auszuzeichnenden Leistungen können in der Lehre, in der Unterrichtsplanung und Unterrichtserteilung auf jedem Wissensniveau, im Rahmen der Lehrerfortbildung oder bei der Erstellung von Lehrbehelfen jeder Art erbracht werden. Es werden nur solche Leistungen ausgezeichnet, die sich in der Lehrpraxis bewährt haben. Als Preisträger kommen Personen bzw. Personengruppen in Betracht, die ihre auszuzeichnenden Leistungen in Österreich erbracht haben.

Vorschläge auf Auszeichnung können durch jedes Mitglied der ÖPG gemacht werden. Eigenbewerbung ist ausgeschlossen.

Der Roman Ulrich Sexl-Preis ist derzeit mit ÖS 20.000,- dotiert, die alternierend vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung und vom Bundesministerium für Unterricht und Kunst zur Verfügung gestellt werden.

Über die Zuerkennung des Preises entscheidet der Vorstand der ÖPG unter Ausschluß des Rechtsweges.

Vorschläge müssen bis spätestens

28. Februar 1998

beim Vorsitzenden der ÖPG:

Univ. Prof. Dr. Anton ZEILINGER
Institut für Experimentalphysik
Universität Innsbruck
Technikerstraße 25, 6020 Innsbruck

eingereicht werden.

Die Vorschläge müssen folgende Informationen enthalten:

Name, Adressen und kurze Lebensläufe der für die Auszeichnung vorgeschlagenen Personen bzw. Personengruppen (in letzterem Fall ist die Kontaktadresse anzugeben); Beschreibung der auszuzeichnenden Arbeit(en); Nachweis der Bewährung der auszuzeichnenden Leistungen in der Lehrpraxis.

Prämierung von Fachbereichsarbeiten Physik

In Würdigung der Tatsache, daß Fachbereichsarbeiten aus Physik praktische und theoretische Kenntnisse vertiefen, die Herstellung von Querverbindungen zu anderen Fächern erlauben und es zudem ermöglichen, die Bedeutung der Physik als Teil der Kultur darzustellen, schreibt die ÖPG auch im Jahre 1998 eine Prämierung von Fachbereichsarbeiten in Physik aus. Damit möchte die ÖPG die Leistungen interessierter und begabter Maturanten würdigen.

Die ÖPG lädt daher Physiklehrer, die eine von ihnen im laufenden Schuljahr betreute Fachbereichsarbeit für auszeichnungswürdig erachten, und Personen der Schulaufsicht, welche Kenntnis von einer auszeichnungswürdigen Fachbereichsarbeit haben, ein, diese bis zum

1. Mai 1998

einzureichen.

Hiezu ist es erforderlich, eine Kopie der Arbeit, welche im Einvernehmen mit dem Verfasser erstellt wurde, zusammen mit einer Begründung (etwa 1 A4-Seite) an

Univ. Prof. Dr. Anton ZEILINGER
Institut für Experimentalphysik
Universität Innsbruck
Technikerstraße 25, 6020 Innsbruck

zu senden. Die Arbeiten werden von einer vom Vorstand der ÖPG eingesetzten Jury beurteilt. Die Preisverleihung findet anlässlich der Jahrestagung der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft im September 1998 in Graz statt.

Neben einem Anerkennungsschreiben und einem Sachpreis winkt den Ausgezeichneten und ihren Betreuern ein ganztägiger Besuch des Forschungszentrums Seibersdorf. Die prämierten Arbeiten sollen ferner im Rahmen der Jahrestagung 1998 an der Universität Graz (16.-18.9.1998) als Poster präsentiert werden und über die Zentralbibliothek für Physik und den VFPC-Informationsserver der Öffentlichkeit zugänglich werden (WWW-Adresse: <http://www.thp.univie.ac.at/~vfpc>).

Betrifft: Kustodiate

Ab Herbst 1998 werden AHS und BHMS mit mehr als 10 Klassen zusätzliche Werteinheiten für die Kustodiate erhalten, deren Aufteilung schulautonom erfolgen wird. Der erhöhte Arbeitsaufwand der Kustodiate für Physik und Chemie sollte endlich berücksichtigt werden. Eine langjährige Forderung der Kustoden ist damit anerkannt worden.

Lehrplan aus Physik

3. Klasse AHS und HS

Lehrstoff

1. Unser Leben im "Wärmebad"

Ausgehend von Alltagserfahrungen sollen die Schülerinnen und Schüler ein immer tiefer gehendes Verständnis der thermischen Vorgänge in der unbelebten und belebten Welt gewinnen.

Ziele:

- Die Alltagsbegriffe "Wärme" und "Kälte" als Bewegungsenergie der Aufbauteilchen der Körper sowie den Unterschied zwischen "Wärme" und "Temperatur" verstehen.
- Modellartig verschiedene Formen des Wärmetransportes und wichtige Folgerungen erklären können.
- Die Bedeutung der Wärmeenergie für Lebewesen in ihrer Umwelt erkennen.
- Zustandsänderungen und dabei auftretende Energieumsetzungen mit Hilfe des Teilchenmodells erklären können.
- Einsichten in globale und lokale Wettervorgänge und Klimaerscheinungen gewinnen.

2. Elektrische Phänomene sind allgegenwärtig

Ausgehend von Alltagserfahrungen sollen die Schüler und Schülerinnen immer intensiver mit grundlegenden elektrischen Vorgängen im technischen Alltag und in Naturvorgängen vertraut gemacht werden.

Ziele:

- Auswirkungen der elektrisch geladenen Atombauusteine auf makroskopische Vorgänge qualitativ verstehen.
- Verschiedene Spannungsquellen als Energieumformer und einfache Stromkreise verstehen.
- Elektrische Erscheinungen in Technik und Natur erklären können.

3. Elektrotechnik macht vieles möglich

Ausgehend von Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler soll ein grundlegendes Verstehen von Aufbau und Wirkungsweise wichtiger elektrischer Geräte erreicht und die Wichtigkeit von Schutz- und Sparmaßnahmen erkannt werden.

Ziele:

- Energieumformung, Arbeitsverrichtung und Wirkungsgrad wichtiger Elektrogeräte verstehen.
- Grundlegendes Sicherheitsbewußtsein im Umgang mit elektrischen Einrichtungen entwickeln.
- Einsicht in die ökologische Bedeutung von Energiesparmaßnahmen gewinnen und ökologische Handlungskompetenz aufbauen.

Gruppe Physik: Mathuber, Mayr, Zirbs

4. Klasse AHS und HS

Lehrstoff

1. Elektrizität bestimmt unser Leben

Ausg. von Alltagserfahrungen sollen die Schülerinnen und Schüler ein immer tiefer gehendes Verständnis von technischer Erzeugung und Konsum von Elektroenergie gewinnen.

Ziele:

- Einsicht in den Zusammenhang zwischen elektrischer und magnetischer Energie gewinnen.
- Grundlegendes Wissen über Herstellung, Transport und "Verbrauch" elektrischer Energie erwerben.
- Gefahren des elektrischen Stromflusses erkennen und sicherheitsbewußtes Handeln erreichen.
- Einsichten in Funktionsprinzipien technischer Geräte aus dem Interessensbereich der Schülerinnen und Schüler gewinnen.

2. Die Welt des Sichtbaren

Ausg. von Alltagserfahrungen sollen die Schüler und -innen grundlegendes Verständnis über Entstehung und Ausbreitungsverhalten des Lichtes erwerben und anwenden können.

Ziele:

- Die Voraussetzungen für die Sichtbarkeit von Körpern erkennen und die Folgeerscheinungen der geradlinigen Lichtausbreitung verstehen.
- Funktionsprinzipien optischer Geräte und deren Grenzen bei der Bilderzeugung verstehen und Einblicke in die kulturhistorische Bedeutung gewinnen.
- Grundlegendes Wissen über das Zustandekommen von Farben in der Natur erwerben.

3. Gekrümmte Wege auf der Erde und im Weltall

Ausgehend von Alltagserfahrungen sollen die Schülerinnen und Schüler ein immer tiefer gehendes Verständnis der Auswirkungen von Kräften auf das Bewegungsverhalten von Körpern gewinnen.

Ziele:

- Eine Bewegung längs einer gekrümmten Bahn als Folge der Einwirkung einer Querkraft verstehen.
- Die Gewichtskraft als Gravitationskraft deuten können.
- Bewegungen von Planeten und Satelliten grundlegend erklären können.

4. Das radioaktive Verhalten der Materie

Ausgehend von Alltagsvorstellungen der Schüler und Schülerinnen soll ein grundlegendes Verständnis wichtiger Vorgänge in Atomkernen erzielt werden.

Ziele:

- Einsichten in Veränderungen im Atomkern als Ursache der "Radioaktivität" gewinnen.
- Radioaktive Zerfälle als ständig auftretende Vorgänge erkennen.
- Grundlegende Vorgänge bei der Energieumsetzung in Sonne, Sternen und bei Kernreaktionen verstehen können.

Gruppe Physik: Mathuber, Mayr, Zirbs

Bücher

Materie ist nicht materiell. Die Bedeutung der Quantenchemie für unser Denken und Handeln.

Heinz Werner Preuß

XIV+239 S., ca. 40 Abb.. Reihe Facetten. Braunschweig/Wiesbaden: Verlag Vieweg 1997. Geb. DM 58,-

Der Autor arbeitete bei Werner Heisenberg, bevor er 1969 auf einen Lehrstuhl für Theoretische Chemie an der Universität Stuttgart berufen wurde. Sein Anliegen ist es, dem Leser die Bedeutung der "Materie", d.h. der quantenphysikalischen Objekte Elektron und Atomkern, für alle Bereiche des Lebens darzulegen. Er kämpft gegen die Trennung von Geist und Körper, gegen die öffentliche Abwertung naturwissenschaftlichen Denkens als "materialistisch": "... ist es gefährlich, daß die naturwissenschaftliche Erkenntnisstruktur einen so geringen Stellenwert hat! Das liegt einmal daran, daß sich ein großer Teil der Bevölkerung - was das naturwissenschaftliche Wissen betrifft - noch im 19. und bestenfalls im beginnenden 20. Jahrhundert befindet,... zum anderen geht der naturwissenschaftlichen Erkenntnis der (falsche) Ruf voraus, daß sie alles auf materieller Basis "erklärt", geradezu alles mechanisch und somit alles kausal begreift,... Die Naturwissenschaft erklärt die Welt "rational", und somit wird dort immer mehr Mystik durch Aufklärung ersetzt..."

So verdienstvoll das Anliegen auch ist, die Zielgruppe dieses Buches ist schwer zu definieren. Einerseits werden keine Vorkenntnisse aus Quantenmechanik vorausgesetzt, ja es wird sogar einiges an elementarer Mathematik für den Leser aufbereitet, andererseits gibt es bei allem Bemühen um eine konsistente Darstellung immer wieder Andeutungen, die nur der Vorgebildete verstehen kann. Worum handelt es sich bei den "Weiterentwicklungen [der Wellenmechanik]"? Warum wird der Compton-Effekt vorgerechnet, wenn hingegen das Pauli-Prinzip kaum erwähnt wird? (Es überrascht auch, in einem Band der Reihe Facetten kein Literaturverzeichnis zu finden.)

H. Kühnelt

Sonne, Mond und ... Schwarze Löcher. Ein Streifzug durch die moderne Astrophysik.

Eckehard Mielcke

286+XII S., 12 farbige und zahlreiche S/W-Abbildungen. Braunschweig/Wiesbaden: Verlag Vieweg 1997. DM 54,-. ISBN 3-528-06620-2.

Hervorgegangen aus dem Manuskript für eine Vorlesung für Hörer aller Fakultäten stellt das Buch einen mit Humor gewürzten Streifzug durch die moderne Astrophysik dar und hält, was der Titel verspricht. Kosmologie wird allerdings ausgespart. Die Darstellung wendet sich an den interessierten Laien und bietet in leicht verständlicher Form einen Einblick in das Leben der Sterne mit ihren unterschiedlichen Endsta-

dien. Zahlreiche Abbildungen unterstützen den Text. Geschickt werden Hintergrundinformation, Formeln und Ableitungen in eigenen Informationskästen verpackt.

Das Buch kann auch astrophysikalisch interessierten Schülern empfohlen werden!

H. Kühnelt

Schwarze Löcher

Jean Pierre Luminet

326 + XVIII S., 71 Abbildungen. Braunschweig/Wiesbaden: Verlag Vieweg 1997. DM 58,-. ISBN 3-528-06751-9.

Ein weiteres astrophysikalisches Buch in der bewährten Reihe Facetten ist das nun nach französischen und englischen Ausgaben auch in einer deutschen Übersetzung vorliegende allgemeinverständliche Werk "Schwarze Löcher" des Astrophysikers Jean-Pierre Luminet.

Luminet konzentriert sich stärker als Mielcke auf den extremen Endzustand "Schwarzes Loch", daneben werden natürlich Sternentstehung und -entwicklung detailliert dargestellt. Grundlage aller Überlegungen ist die Allgemeine Relativitätstheorie zusammen mit der Quantenphysik. Welche Evidenz für Schwarze Löcher ergibt sich aus Beobachtungsdaten? Wir lernen Supernovae, Röntgensterne und Quasare kennen und schließlich wird die Frage diskutiert, ob das Universum als ganzes ein Schwarzes Loch sei.

Unter Studenten ist der "Luminet" sehr beliebt, da er die Physik Schwarzer Löcher in den Vordergrund stellt, den mathematischen Formalismus lernen sie in den Vorlesungen. Daher ist das Buch interessierten Schülern zu empfehlen und wird auch dem Lehrer nützlich sein.

H. Kühnelt

Viewegs Geschichte der Astronomie und Kosmologie

John North

463+XIII S., Braunschweig/Wiesbaden: Verlag Vieweg 1997. ISBN 3-528-06644-X. Geb. DM 78,-

John North, Wissenschaftshistoriker an der Universität Groningen, führt seine Leser von der Jungsteinzeit durch alle Zeiten und Weltregionen, wobei der Schwerpunkt auf der europäischen Astronomie des 17. - 19. Jahrhunderts liegt. Auf rund 400 Seiten eine Geschichte der Astronomie und Kosmologie - nicht nur der europäischen - der letzten 5000 Jahre zu schreiben, setzt den Autor unter großen Druck, auszuwählen, kurz darzustellen (vielleicht allzu kurz). So erfahren wir im ersten Kapitel auf 5 Seiten alles über neolithische "Observatorien" wie Stonehenge. Die Reise führt vom antiken Ägypten über Mesopotamien nach Griechenland und Rom. Ein Parallelstrang betrifft China und Japan bis zu den Jesuiten am Hof zu Peking. Die Astronomie der Maya, Azteken und Südamerikaner findet auf 4 Seiten Platz. Mehr Raum erhalten Indien, Persien und der Islam. Der europäischen, oder heute besser als westlich bezeichneten Astronomie ab dem Mittelalter sind immerhin 250 Seiten gewidmet. Damit wird aber das Dilemma

dieses beeindruckenden Werkes deutlich. Jedes der 20 Kapitel könnte eine eigene Monographie abgeben. Stellen wir also den Überblick über die Entwicklung der Astronomie und die Querbeziehungen, die sich in der Astronomie über die Grenzen von Kulturen und Reichen ergeben haben, in den Vordergrund. Dann ist North's "Geschichte der Astronomie und Kosmologie" ein handliches Nachschlagewerk mit einer großen Fülle an Information, das seinen Platz auch in Schulbibliotheken finden sollte.

Leider gibt es daneben aber auch Kritik zu äußern. Wie so oft bei Übersetzungen von Fachliteratur aus dem Englischen gibt es nicht nur hölzerne Satzkonstruktionen, sondern auch Probleme mit Fachausdrücken. Als Beispiel sei die "Schnelligkeit" von Photoplatten genannt, die wohl besser mit Empfindlichkeit übersetzt worden wäre. Leider gibt es auch Druckfehler, die den Sinn einer "Geschichte der Astronomie" in Zweifel stellen. So wird auf S. 315 das Entstehungsdatum der Planckschen Strahlungsformel mit 1906 (statt 1900) angegeben.

H. Kühnelt

Handbuch des Physikunterrichts - Sekundarbereich I

R. Götz, H. Dahnke, F. Langensiepen (Hrsg.)

Band 1: Mechanik I. 392 S., 198 Abb., Aulis Verlag Köln 1990, ISBN 3-7614-1133-2. Geb. DM 108,-.

Band 6: Elektrizitätslehre II/Elektronik. 356 S., 269 Abb., Aulis Verlag Köln 1996, ISBN 3-1791-8. Geb. DM 104,-.

Ziel des auf 8 Bände angelegten Gesamtwerkes ist es, Physiklern unabhängig vom jeweils gültigen Lehrplan erprobte Experimente und Unterrichts Anregungen zu bieten. Daß dabei weit über den in Österreich gültigen Lehrplan der Unterstufe hinausgegangen wird, wird interessierte Lehrer nicht stören, da so eine bessere Einordnung des eigenen Wissens möglich wird.

Die ersten 70 Seiten von Band 1 sind "Perspektiven des Physikunterrichts" gewidmet. Es werden hier kurze Einführungen in Aspekte von Unterricht und Fachdidaktik gegeben. Wissenschaftstheorie und Unterricht, Aufgaben der Fachdidaktik Physik, historische Entwicklung, Lerntheorie, die Rolle des Experiments sind einige der Themen, die Ziele, Methoden und Tendenzen der Fachdidaktik betreffen. Dieser Teil ist bei all seiner bewußten Knappheit mit Gewinn zu lesen. Allerdings sieht man ihm auch die Entstehungszeit an. Der Rezensent vermißt eine stärkere Betonung des Aspekts der Schülerorientierung und des Schülerexperiments.

Der etwa 200 Seiten starke Thementeil gibt zunächst eine Einführung in die Behandlung der Grundgrößen der Mechanik (Länge, Fläche, Volumen; Kraft, Masse, Dichte, Hookesches Gesetz), gefolgt von einem umfangreichen Kapitel "Kräfte und einfache Maschinen". Didaktische Grundsätze stehen an der Spitze jedes Kapitels und machen auf die häufigsten Fehler aufmerksam; die Diskussion verschiedener Unterrichtswege spricht die Vielfalt der Lehrenden an.

Band 6 Elektrizitätslehre II und Elektronik behandelt neben der Elektronik vor allem die elektromagnetische Induktion, Generatoren und Motoren, Kondensatoren, Stromleitung in

Gasen und im Vakuum, sowie elektromagnetische Schwingungen und Wellen. Erklärtermaßen ist der Stoff für die 9. und 10. Schulstufe gedacht, wodurch sich aus österreichischer Sicht die Bezeichnung "Sekundarstufe I" relativiert.

Die weiteren Bände dieser Reihe betreffen Wärmelehre und Wetterkunde, Atomphysik, Energieversorgung, Computereinsatz, sowie Astronomie. Bei Bezug der gesamten Reihe gewährt der Verlag 15% Nachlaß.

H. Kühnelt

Unterricht Physik - Experimente, Medien, Modelle. Band 2: Optik II. Brechung, Linsen.

Hartmut Wiesner, Peter Engelhardt, Dietmar Herdt

84 S., zahlreiche Abbildungen, 5 OH-Folien, 1 Dia. Aulis Verlag 1996, ISBN 3-7614-1873-6. DM 42,-.

Die Bände dieser Reihe sollen die Lehrer bei einem Physikunterricht mit möglichst hoher Selbsttätigkeit der Schüler unterstützen. Um die dafür notwendige Vorbereitung zu verkürzen und Zeit für die eigene Vertiefung zu gewinnen, werden Lehrkräfte gerne Unterlagen benutzen, die ein erprobtes Unterrichtskonzept auf der Basis einer Analyse von Verständnisschwierigkeiten vertreten und durchgehend mit detaillierten Vorschlägen zur Unterrichtsdurchführung bis hin zu fertigen Schülerarbeitsblättern aufwarten.

Nach Band 1, der sich mit Lichtquellen und Reflexion befaßte, bietet Band 2 in 9 Unterrichtseinheiten einen Kurs durch das Thema Brechung und Linsen. Nach einer kurzen Zusammenfassung des Basiswissens für den Lehrer, werden die didaktischen Leitvorstellungen vorgestellt: Vertrautwerden mit optischen Erscheinungen durch Eigentätigkeit, Berücksichtigung bekannter Verständnisprobleme, Betonung der Fleck-zu-Fleck-Abbildung eines Objektes. Letztere wird konsequent durchgezogen, um der bei Schülern weitverbreiteten Vorstellung entgegenzuwirken, ein Bild werde als Gesamtbild abgebildet.

Folgende Unterrichtseinheiten werden vorgestellt: Brechungsgesetz; Bildkonstruktion und optische Hebung; Totalreflexion; reelles Schirmbild und Luftbild der Sammellinse; Bildkonstruktion bei Sammellinsen; Abbildungsgesetz, Linsenformel; Lupe - virtuelle Bilder; virtuelle Bilder bei Zerstreuungslinse und Prisma; Kurz-, Weitsichtigkeit, Dioptrie, Linsenfehler. Die Unterrichtseinheiten sind in Einzelschritten aufgebaut und klaren Lernzielen zugeordnet. Im Materialenteil stehen kopierfähige Vorlagen für Experimente zuhause und für Arbeitsblätter bereit. Als Draufgabe ist eine Bauanleitung für ein Augenmodell mit einer wassergefüllten Linse beigelegt, daneben gibt es 5 farbige OH-Folien der wichtigsten Abbildungen des Kurses.

Wer Anregungen für einen kompakten Kurs zum Thema Linsen sucht, wird mit dieser Broschüre gut bedient sein, insbesondere wenn auch quantitatives Arbeiten der Schüler (Brechungsgesetz, Linsengleichung) angestrebt wird.

H. Kühnelt