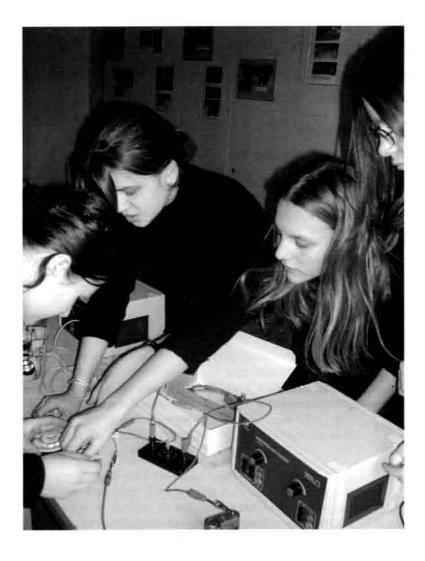
PLUS LUCIS

1/2001

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



Concept Mapping
Physikalischer Erlebnispfad
Roman Ulrich Sexl Preis
Wo geht die Sonne auf
Bumerang
Der Traum vom Fliegen
Robert von Lieben
Freihandexperimente
Bücher

Physik Chemie

Üben und Beurteilen

Ich habe mir Lehrpläne, Schulorganisationsgesetz und die Verordnung zur Leistungsbeurteilung angesehen. Kluge Menschen müssen diese verfasst haben - sie haben lediglich vergessen, dass Gesetzblätter nur von Juristen gelesen werden und ihr Inhalt beim juristischen Laien nur als tradierte Mythen mit teilweise großen Widersprüchen zur ursprünglichen Intention bekannt sind.

Zunächst will ich ein Plädoyer für das Üben ohne Beurteilung vorbringen. Wie heißt es im Sprichwort? "Aus Fehlern lernen wir!" - übrigens auch der Name eines Moduls des in Deutschland laufenden Programms SINUS, das als Reaktion zum schlechten Abschneiden deutscher Schülerinnen und Schüler bei TIMSS initiiert wurde und im Gegensatz zu IMST² die Mittelstufe zum Schwerpunkt hat. Wenn jede Äußerung einen Einfluss auf die Note hat, wird sich niemand, der unsicher ist, an Diskussionen beteiligen, als Unbeteiligter wird er allerdings bald abschalten und sich zurückziehen. Wiederholung, Anwendung und Vertiefung des Verständnisses des Wesentlichen im Lehrstoff erfolgt gerade im Prüfungsgespräch nicht in optimaler Form. Ist nicht auch für den Lehrer wichtiger zu erfahren, ob der Stoff der Vorwoche verstanden wurde und angewendet werden kann, als das (Un-)Verständnis sofort mit 1 - 5 zu klassifizieren? Warum sollten nicht während einer Prüfung die Mitschüler ein Arbeitsblatt bearbeiten, in dem derselbe Stoff zu bearbeiten ist und ein Einsammeln und Anschauen lediglich zu diagnostischen Zwecken dient? Der Einwand, ohne Prüfungsdruck werde nicht gearbeitet, ist durch zweierlei zu entkräften: Wenn die Aufgabenstellungen interessant sind und gerade den richtigen Schwierigkeitsgrad haben, reizen sie zur Befassung mit ihnen; wenn der Nutzen für eine kommende Prüfungssituation klar ist und als Chance gesehen wird, Rückmeldung zum eigenen Leistungsstand zu erhalten, dann lohnt sich die Beschäftigung. (Ihren Einwand höre ich: da sind interessierte Schüler vorausgesetzt!)

Und was sagen dazu die Gesetze und Verordnungen? Sie schränken nicht ein! Was zur Erreichung der Bildungs- und Lehraufgaben geeignet erscheint, ist erlaubt. §17, Abs. 1 des Schulunterrichtsgesetzes sagt klar: "Der Lehrer hat in eigenständiger und verantwortlicher Unterrichts- und Erziehungsarbeit die Aufgabe der österreichischen Schule zu erfüllen. ... hat er unter Berücksichtigung der Entwicklung der Schüler und der äußeren Gegebenheiten den Lehrstoff ... dem Stand der Wissenschaft entsprechend zu vermitteln, eine gemeinsame Bildungswirksamkeit aller Unterrichtsgegenstände anzustreben, den Unterricht anschaulich und gegenwartsbezogen zu gestalten, die Schüler zur Selbsttätigkeit ... anzuleiten, jeden Schüler zu den seinen Anlagen entsprechenden besten Leistungen zu führen, durch geeignete Methoden ... den Ertrag des Unterrichtes als Grundlage weiterer Bildung zu sichern und durch entsprechende Übungen zu festigen."

In der Verordnung zur Leistungsfeststellung liest man in §1, Abs. 2: "Feststellungen der Leistungen ..., die dem Lehrer nur zur Information darüber dienen, auf welchen Gebieten die Schüler die Lehrziele erreicht haben und [wo] ... noch ein er-

gänzender Unterricht notwendig ist, sind nicht Gegenstand dieser Verordnung." Zu diesen Informationsfestellungen wird angemerkt, dass sie vorher als solche bezeichnet werden müssen - missglückte "informelle Tests" (Alternative dazu: standardisierte Tests) dürfen also nicht nachträglich zu Informationsfestellungen umbenannt werden. Als möglich wird aufgezählt: "Gespräche, Diktate, Tests u.ä.". Es gibt also keine Einschränkungen für Lehrkräfte, die sich eine Diagnose des Unterrichtserfolgs verschaffen wollen.

Da bei Prüfungen einzelner Schüler die übrigen "...aus der Leistungsfestellung Nutzen ziehen" sollen, spricht beispielsweise nichts dagegen, den Rest der Klasse ein Arbeitsblatt mit der Fragestellung der Prüfung bearbeiten zu lassen. Durch das schriftliche Festhalten wissen Schüler wie Lehrer, was der Leistungsstand ist. Der Phantasie der Lehrkräfte sind also zur Erreichung der Aufgabe der österreichischen Schule kaum Grenzen gesteckt.

Zur Stofffrage bei mündlichen Prüfungen sagt §5, Abs. 6, dass "über Stoffgebiete, die in einem angemessenen Zeitraum vor der mündlichen Prüfung durchgenommen wurden, eingehender geprüft werden kann, während [weiter zurückliegende] Stoffgebiete..., sofern sie nicht für die Behandlung der betreffenden Prüfungsaufgabe Voraussetzung sind, nur übersichtsweise geprüft werden kann." Im Klartext lese ich die Selbverständlichkeit heraus, dass Basiswissen eines Faches stets vorhanden sein muss, wichtige Ideen ebenfalls überblicksartig im Schülerkopf aktivierbar sein müssen. (Dies setzt m.E. die regelmäßige Wiederholung dieses Stoffes voraus.)

Das ernüchternde Ergebnis von TIMSS bei den Maturanten war, dass bereits zum Maturatermin sowohl in Mathematik als auch in Physik Leistungen nicht mehr erbracht werden konnten, die den Lehrstoff betrafen. Sie müssen wohl irgendwann erbracht worden sein, wenn wir nicht annehmen wollen, dass sich die Mehrheit der Maturanten die Zulassung zur Matura erschwindelt hat.

Diagnose der Schwierigkeiten und Maßnahmen zu ihrer Behebung sind also künftig stärker zu beachten als die dauernde - sicherlich auch notwendige - "ständige Beobachtung der Mitarbeit"

Diese Ideen sowie eine umfassende Diskussion der Ziele und wesentlichen Inhalte des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts sind Aufgaben des Schwerpunkts Grundbildung in IMST² und sollen in den auf das Pilotjahr 2000/2001 folgenden Jahren intensiv bearbeitet werden. Wichtig wird es auch sein, die interessanten Ansätze zu einem zeitgemäßen und erfolgreichen Unterricht zu sammeln, zu dokumentieren und für die Kollegenschaft nutzbar zu machen.

PLUS LUCIS ist ein Forum für Innovationen, schreiben Sie über Ihre Unterrichtsideen für Ihre Kolleginnen und Kollegen!

Ihr Helmut Kühnelt

Vorwort PLUS LUCIS 1/2001

Naturwissenschaften an HLAwB

Reaktionen

In der Jahreshauptversammlung des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts wurde eine Resolution zur drohenden Streichung des Physikunterrichts an HLA für wirtschaftliche Berufe beschlossen. Diese wurde an Frau BM Gehrer und den Vorsitzenden des Unterrichtsauschusses sowie an die Unterrichtssprecher der im Parlament vertretenen Parteien gesandt. Die eingetroffenen Reaktionen sind:

Von den Unterrichtssprechern der Oppositionsparteien erfolgte keine Reaktion.

Der Abg.z.NR Werner Amon, MBA, Vorsitzender des Unterrichtsausschusses, antwortete per e-mail am 10. Jänner 2001 für die ÖVP:

"... Ihnen in Antwort auf Ihr Schreiben versichern, dass nicht daran gedacht ist, den Physikunterricht an den HBLAwB abzuschaffen. Tatsächlich wurde im Rahmen der Diskussion über die Weiterentwicklung der Lehrpläne dieser Schulen diese Idee geäussert, aber wir sind weit davon entfernt, ihr nahe zu treten. Nicht zuletzt aufgrund der Tatsache, dass Österreichs BHS und AHS Schüler bei internationalen Vergleichsstudien in diesen Fächern "bescheiden" abschnitten.

Ganz im Gegenteil sind wir bemüht durch eine Reform des naturwissenschaftlichen und mathematischen Unterrichts, Österreichs Schülerinnen und Schüler besser auf die Herausforderung der digital economy vorzubereiten, und hoffen dass uns die Ergebnisse des Projektes IMST auf diesem Weg unterstützen.

Hinsichtlich der Neuregelung der Kustodiatsabgeltung kann ich Ihrer Sorge nicht nähertreten und teile auch nicht Ihre Befürchtungen.

Mit freundlichen Grüßen...

Abg.z.NR Werner Amon, MBA, Vorsitzender des Unterrichtsausschusses"

Der Unterrichtssprecher der FPÖ teilte uns in einem Brief vom 22.01.2001 mit:

"Vielen Dank für Ihr Schreiben in dem Sie Ihre tiefe Besorgnis über negative Auswirkungen auf den naturwissenschaftlichen Unterricht an Höheren Schulen äußern.

Da ich seit 25 Jahren ein Institut für "allgemeine Bildung" an einer technischen Universität (Montanuniversität Leoben) leite, können Sie mir zutrauen, daß ich einen guten Einblick in den von Ihnen angesprochenen Problemkreis habe.

Meine diesbezüglichen Sorgen bestehen darin, daß der naturwissenschaftliche Unterricht an den Schulen in sich selbst erstarrt, mit seinen Inhalten dem gigantischen Wissensfortschritt nicht folgen kann, die Fortbildungswilligkeit der befaßten Lehrer mangelhaft ist und die gebotene Autonomie in den Schulen unzureichend genützt wird.

Konkret richtet sich die vorgebrachte Sorge darauf, daß die Kustodiate nunmehr gleichmäßig und nicht im Verhältnis 1:3 (Junglehrer zu Altlehrer) bezahlt werden. Den erfahrenen älteren Lehrern würde ich ausrichten, daß sie einen Beitrag zum Sparziel der Regierung leisten mögen und weiterhin mit Hingabe ihre berufliche Aufgabe zum Wohle unserer Jugend fortsetzen mögen.

Ich verspreche darauf zu achten, daß nicht durch restriktive Vorgaben die Entwicklungsmöglichkeit von Schwerpunkten in einzelnen Schulen behindert wird,

Mit vorzüglicher Hochachtung Dr. Udo Grollitsch"

Aus dem BMBWK erhielten wir in Beantwortung des Schreibens an Frau BM E. Gehrer von MR Mag. Bernhard als Antwort das Standardschreiben vom 12. März 2001, das allen zuging, die sich gegen die Stundenkürzung aussprachen. Daraus sei zitiert:

"...Der vorliegende Entwurf ist das Ergebnis der Beratungen der letzten Landesschulinspektorenkonferenz für das humanberufliche Schulwesen und wie alle Elemente der Lehrplangestaltung eine Zusammenfassung des aktuellen Diskussionsstandes. Er ist Grundlage für die Beratungen über die Lehrstoffe der einzelnen Unterrichtsgegenstände, die bis zum Sommer 2001 abgeschlossen werden sollen. Es werden Arbeitsgruppen für jene Unterrichtsbereiche eingerichtet, die größere Änderungen erfahren sollen; es sind dies: Deutsch/ Kommunikation und Präsentation, Naturwissenschaften, Musisch-kreative Bildung, Kaufmännische Fächer, Informationsmanagement, Ernährungswirtschaft. Die Arbeitsgruppen, die sinnvollerweise nicht zu groß sein sollen, wurden auf Vorschlag der Landesschulinspektor/inn/en und auch unter Berücksichtigung einer ausgewogenen regionalen Verteilung zusammengesetzt und werden im März 2001 zusammentreten.

Für die davon nicht betroffenen Gegenstände wird der Fachlehrplan so, wie er derzeit besteht, zur Diskussion gestellt. Es sind Vorarbeiten im Gange, um eine Internet-Diskussion über, die Ergebnisse der Arbeitsgruppen und über die anderen Unterrichtsgegenstände zu ermöglichen. Diese soll im Laufe des Jahres 2001 durchgeführt und ausgewertet werden. Die genaue Vorgangsweise wird rechtzeitig bekannt gegeben werden."

Weiters ist diesem Schreiben ein Entwurf einer Stundentafel beigefügt, der pro Jahrgang zwei Wochenstunden Naturwissenschaften ausweist, wobei die Gewichtung der Fächer Chemie, Biologie und Ökologie, sowie Physik "Sache der Direktion auf Basis von Vorschlägen der Fachkolleg/inn/en" sein soll

2 PLUS LUCIS 1/2001 Reaktionen

Gedanken zum neuen Physiklehrplan der Unterstufe

Erich Reichel

Ursprünglich war ich über den neuen Lehrplan für Physik in der Unterstufe sehr verärgert, vor allem weil die AG Physik an AHS in der Steiermark schon früh - wie ich glaube - berechtigte Kritik am Lehrplanentwurf übte, diese aber nie berücksichtigt wurde. (Eine erste Kritik wurde am 13.2.1998 an das Bundesministerium gesandt.) Jetzt ist einige Zeit seit der Unterzeichnung des Lehrplanes verstrichen, und ich hatte genug Zeit über meinen Ärger zum neuen Lehrplan und dessen Ursachen nachzudenken. Dabei sind mir einige Gedanken gekommen, worin die eigentlichen Probleme liegen könnten. Und diese Gedanken möchte ich an die LeserInnen weitergeben, um damit vielleicht einen Diskussionsprozess anzuregen.

Der Lehrplan sollte größtmögliche autonome Entfaltungsmöglichkeit bieten und dabei gleichzeitig eine feste Struktur mit Kernzielen aufweisen, die für ganz Österreich und für jeden Jahrgang verbindlich sein sollen. Allein dieser Ansatz muss zu einem Widerspruch führen, der wahrscheinlich Ursache für die teilweise sehr schwammigen Formulierungen ist. Die laut Mayr (Plus Lucis 1/2000) absichtlich "... sehr allgemeine Textierung der einzelnen Module..." allein ist für den notwendigen Paradigmenwechsel im Physikunterricht zu wenig.

Der vorliegende Physiklehrplan gibt auch der Schulaufsicht Probleme auf. Vom LSR für Steiermark wurden daher die Arbeitsgemeinschaften gebeten, Hilfestellungen für die Handhabung des Lehrplanes an steirischen AHS zu erarbeiten. Auf dieser Ebene sollen also Versäumnisse nachgeholt werden, die bei der Erstellung des Lehrplanes passierten. Ist es sinnvoll, dieser Aufgabe nachzukommen, da für diese Arbeit ja andere Personen zuständig wären? Die AG in der Steiermark wird den ihrer Kritik beigelegten Alternativentwurf für einen neuen Lehrplan (s. Plus Lucis 3/99) auf die 3. und 4. Klasse ausdehnen und als Hilfestellung anbieten, jedoch keine speziellen Empfehlungen abgeben.

Ich glaube aber, all dies sind nur Details und Folgen eines fehlgelaufenen Prozesses in einem fehlerhaften System. Es mag sein, dass im ersten Ansatz zu dieser Reform höhere Ziele verfolgt wurden, als sie in der Endfassung zu finden sind. So findet man im Lehrplan vielleicht vereinzelte Wege, aber keine wirklichen Ziele mehr. Lehrplanerstellung darf kein von der Basis der LehrerInnen isolierter Prozess sein, der in fachlich getrennten Kleingruppen abgewickelt wird, sondern sollte einer laufenden Diskussion unterliegen. Dieser Prozess könnte in drei Teilprozesse aufgegliedert werden:

1. Zunächst soll festgestellt werden, was ein/e SchülerIn unbedingt (unverzichtbar) über Physik am Ende der Unterstufe bzw. der Oberstufe zu wissen hat. Dabei sollte eine vertikale einer horizontalen Gliederung vorgezogen werden. Damit meine ich, dass man zunächst die Ziele und vermittelbaren Kompetenzen am Ende von Unterbzw. Oberstufe festlegen muss. Danach müsste man jedes Lernziel daraufhin untersuchen, in welcher Schulstufe mit seiner Bearbeitung begonnen werden und wie oft es wieder zur Festigung vorkommen muss. Hierbei sollte auf den großen

- Ideenreichtum und die Erfahrungen von LehrerInnen zurückgegriffen werden. Dies hätte man vor der Erstellung des neuen Lehrplanes im Rahmen einer gründlichen Evaluation des alten Lehrplanes tun sollen und können.
- 2. Sind die Ziele festgelegt, so kann mit der Erstellung des Lehrplanes auf Basis von Punkt 1 begonnen werden.
- 3. Steht der Lehrplan einmal fest, so muss auch der Schritt in Richtung Lehreraus- und -fortbildung begangen werden. Die Fachdidaktiker und die in der LehrerInnenausbildung tätigen UniversitätslehrerInnen müssen sich ebenfalls intensiv mit den Lehrplänen auseinandersetzen und den angehenden LehrerInnen ausreichend Hilfestellung in Hinblick auf die Umsetzung jedes bestehenden Lehrplanes anbieten. Selbstverständlich muss die Universität zunächst das notwendige Fachwissen bereitstellen, dennoch sollte sie auch dieses Wissen in geeigneter Weise auf die Ansprüche der Schule transformieren und bei der Übersetzung in die altersgemäße Sprache der SchülerInnen helfen.

Diese drei Schritte müssen ständig diskutiert und an die aktuelle gesellschaftliche und wissenschaftliche Entwicklung angepasst werden können, ohne dass man immer gleich einen neuen Lehrplan schreiben muss. Diese Diskussion bedarf aber auch einer funktionierenden Kommunikation zwischen der Basis der ausübenden PhysiklehrerInnen, zwischen der Schulbehörde und natürlich auch den Universitäten. Und gerade diese Kommunikationsschienen müssen in Zukunft viel mehr aktiviert und kultiviert werden! Nur so sehe ich für die Zukunft eine Möglichkeit, dem Physikunterricht den Stellenwert zu geben, der ihm zusteht und der eine höchstmögliche Qualität bei der Ausbildung unserer Jugend erlaubt.

Zusätzlich müsste auch die fächerübergreifende Dimension bei der Lehrplanerstellung viel mehr Berücksichtigung finden. Es kann nicht sein, dass einzelne Fächer im Lehrplan fächerübergreifende Themen vorschlagen, sich aber nicht um die Koordinierung dieser Themen zwischen den einzelnen Fachlehrplänen kümmern.

Da es Idealzustände leider nicht gibt, sollten wir alle das Beste aus der gegenwärtigen Situation machen. Es ist tatsächlich von jedem/r einzelnen LehrerIn abhängig, wie der Lehrplan in die Praxis umgesetzt wird. Dieser Lehrplan ist interpretierbar, d.h. er ist abhängig davon, mit welchen Augen er gelesen wird, mit denen eines beginnenden - vielleicht unsicheren - Junglehrers oder eines praxiserprobten Lehrers oder gar eines Juristen. Der Lehrplan wird schwer in die Praxis umzusetzen sein, wodurch es sein kann, dass einige KollegInnen resignieren und somit auf den "(un)heimlichen Lehrplan" - das Lehrbuch - zurückgreifen werden. Hier schließe ich eine Bitte an die Lehrbuchkommission an, sehr sorgfältig zu prüfen, damit nicht über das Lehrbuch der maximal zumutbare Rahmen überspannt wird. Auf physikalische Vollständigkeit kann durchaus verzichtet werden, wenn die dargebotenen Inhalte sinnvoll dargestellt werden und zur Umsetzung der Ziele und Anliegen eines modernen Physikunterrichtes ausreichen. Es sollte nicht wieder zu "Universitätslehrbüchern" führen, die mit falsch vereinfachender Sprache das Unterstufenniveau nur vortäuschen.

Ich würde mich freuen, wenn ich mit meinen Ausführungen und Vorstellungen eine konstruktive Diskussion in Gang setzen könnte und ich würde mir für die Zukunft wünschen, dass die anspruchsvolle und verantwortungsvolle Arbeit der Lehrplanerstellung zu einem Produkt führt, das leicht in den Schulalltag einführbar und eindeutig anwendbar sein wird.

Dr. Erich Reichel, BG/BRG 8010 Graz, Seebachergasse 11

Reaktionen PLUS LUCIS 1/2001 3

Würdigung des Roman Ulrich Sexl-Preisträgers 2000

Walter Kutschera

Im Jubiläumsjahr der ÖPG wurde der Roman Ulrich Sexl-Preis, der für besondere Leistungen in Unterricht und Lehre der Physik vergeben wird, an Ao. Univ. Prof. Dr. Helmut Kühnelt verliehen. Es ist wohl nicht übertrieben zu behaupten, daß hiermit ein Physiker ausgezeichnet wurde, der sich wie kein Zweiter um das Anliegen des unvergeßlichen Roman Sexl verdient gemacht hat.

Herr Kühnelt wurde 1940 in Pöllau bei Hartberg in der Steiermark geboren. Er studierte Physik und Mathematik an der Universität Graz und verbrachte zwischendurch ein Semester an der Universität Marburg/Lahn. Schon während seines Studiums hat er sich für das Lehramt interessiert, zunächst aber sein Studium 1965 mit einer Dissertation in theoretischer Physik bei Prof. Paul Urban "Über eine höhere Symmetrie der Leptonen" sub auspiciis praesidentis abgeschlossen. Während seiner darauffolgenden Assistentenzeit bei Prof. Urban war er für mehrere Monate an der Universität Boulder, Colorado und in der K⁺-Blasenkammergruppe am CERN tätig. Von Prof. Urban wechselte er zu Prof. Herbert Pietschmann an das Institut für theoretische Physik der Universität Wien, wo er sich mit schwacher Wechselwirkung, Mesonenphysik und Gittereichtheorien beschäftigte. Nach einem Aufenthalt als Humboldt-Stipendiat bei Prof. Julius Wess an der TH Karlsruhe habilitierte er sich 1974 in theoretischer Physik mit Arbeiten über Meson-Meson Streuung und Eigenschaften von instabilen Teilchen. 1975 erhielt er den Ludwig-Boltzmann-Preis der ÖPG für seine Arbeiten über Meson-Meson Streuung. Im Jahre 1983 wurde ihm der Titel Außerordentlicher Universitätsprofessor verliehen.

Im Jahre 1980 begann er in der Arbeitsgruppe von Prof. Roman Sexl mitzuarbeiten, womit seine stetig zunehmende Beschäftigung mit der Physikdidaktik vorgezeichnet wurde. Erste Arbeiten betrafen die Verwendung des Computers im Unterricht und Übersetzungen von Lehrbüchern und Monographien zusammen mit Prof. Sexl. Nach dem frühen Tod von Prof. Sexl im Jahre 1986 übernahm Herr Kühnelt die Leitung der Arbeitsgruppe Physikdidaktik und intensivierte über die nächsten Jahre sein Engagement in dieser immer wichtiger werdenden Richtung der Physik: Durchführung von mehreren physikdidaktischen Tagungen, seit 1987 Ko-Vorsitzender des Fachausschusses Lehrer an Höheren Schulen der ÖPG und Obmann des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts mit jährlichen Fortbildungswochen des Vereins, Herausgeber der Zeitschrift PLUS LUCIS (http:// pluslucis.univie.ac.at), Mitglied der International Group for Physics Education Research (GIREP), der American Association for Physics Teachers (AAPT) und der Association of Science Educators (ASE, UK), Leiter des Physics Department der European Virtual School EUN, wissenschaftlicher Leiter des Universitätslehrgangs "Pädagogik und Fachdidaktik für LehrerInnen der Naturwissenschaften", wissenschaftlicher Leiter für Physik im Schwerpunkt 1 des Projekts "Innovations in Mathematics, Science and Technology Teaching" (IMST²) zur Effizienzsteigerung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts.

Gibt es Hoffnung für die Lösung des Problems, das Leon Lederman, der Nobelpreisträgers für Physik des Jahres 1988, einmal so ausgedrückt hat: "Ignorance of science is not the worst thing - a dislike or discomfort is, because it spreads to children and other students."? Wir wünschen Herrn Kühnelt, daß er mit ungebrochenem Enthusiasmus an der vielleicht größten Herausforderung, die auf die Physikdidaktik im neuen Millenium zukommt, weiterarbeitet: Den Physikunterricht so zu verbessern, daß er Schüler und Studenten aller Interessensrichtungen anzieht und begeistert.



Univ.Prof. Dr. Roman Ulrich Sexl (1939 - 1986)

Univ.Prof. Dr. Walter Kutschera, Institut für Isotopenforschung und Kernphysik, Universität Wien, von 1999 bis 2000 Vorsitzender der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft

4 PLUS LUCIS 1/2001 Aktuelles

Lehrerbildung im Spannungsfeld von Physik und Physikdidaktik

Helmut Kühnelt

Dank

Lassen Sie mich mit Dank beginnen. Dank an die Physikalische Gesellschaft für die Stiftung eines Preises für die Lehre, deren Bedeutung neben der Forschung damit unterstrichen wird. Zurecht wurde der Sexl-Preis in der Vergangenheit - mit einer Ausnahme: Univ.-Prof. Alfred Pflug - an engagierte Gymnasiallehrerinnen und -lehrer vergeben. Zurecht wohl deshalb, da die Aufbereitung der Physik für alle Schülerinnen und Schüler schwieriger als der Unterricht für Interessierte an Hochschulen ist und da das Bild der Physik in der Öffentlichkeit vom Erfolg oder Misserfolg des Schulunterrichts geprägt wird. Natürlich auch Dank für die mir persönlich zuteil gewordene Auszeichnung und Anerkennung meiner Tätigkeit. Aber über diese persönliche Auszeichnung hinaus freue ich mich über die damit verbundene Anerkennung der Bedeutung der Physikdidaktik durch den Vorstand der ÖPG.

Ich möchte an dieser Stelle auch meinen Mitarbeitern Helga Stadler und Helmuth Mayr danken, von deren großem fachdidaktischem Wissen und deren Praxiserfahrung ich profitiere, sowie - stellvertretend für viele - den oftmaligen Diskussionspartnern Leo Ludick, Leopold Mathelitsch und Christoph Leubner, ebenso den Lehrerinnen und Lehrern, mit denen ich zusammenarbeiten durfte, besonders jenen aus dem Lehrgang Pädagogik und Fachdidaktik, und schließlich meinen Wiener 'Chefs' Herbert Pietschmann und dem leider allzu früh verstorbenen Roman Sexl.

Lehrerausbildung - lästige Pflicht der Universität?

Allzu oft wird Lehrerausbildung als lästige Pflicht gesehen, von den Studierenden ist ja nur selten ein Beitrag zur Forschung zu erwarten, sind sie doch durch das Studium zweier Fächer zu sehr belastet, um in einem Spezialgebiet die nötige Tiefe zu erreichen. Dabei wird übersehen, dass der Beruf eines Physiklehrers andere Qualifikationen erfordert als jener des Forschers, wie später auszuführen sein wird.

Von jenen Hochschullehrern, die die Bedeutung der Lehreraus- und -weiterbildung für die Universität, aber auch für das Bild der Physik in der Öffentlichkeit anders eingeschätzt haben, möchte ich hier drei besonders nennen, wobei ich die Wienlastigkeit zu entschuldigen bitte:

Frau Prof. Franziska Seidl, die mit der Einrichtung des Schulversuchspraktikums eine wesentliche Komponente ins LA-Studium brachte und 1947 die Fortbildungswoche für Physikund Chemielehrer begründete, welche seither alljährlich statt-

ao. Univ.Prof. Dr. Helmut Kühnelt, Arbeitsgruppe Physikdidaktik am Institut für Theoretische Physik der Universität Wien Vortrag bei der Jahrestagung der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft an der Universität Graz, September 2000. Erschienen in den

Mitteilungen der ÖPG 1/2001.

findet und in den letzten Jahren von jeweils gut 500 Lehrerinnen und Lehrern besucht wurde. (Zur interessanten Biographie von Frau Prof. Seidl hat Prof. Lintner in PLUS LUCIS geschrieben.)

Prof. Herbert Pietschmann und Prof. Roman Sexl 'erfanden' zu Beginn der 70er Jahre nicht nur die Bundesseminare, einwöchige Lehrerfortbildungskurse für moderne Physik, sondern setzten auch einen Schritt zur Studienreform durch Einführung eines speziell auf Lehramtskandidaten abgestimmten Vorlesungszyklus aus theoretischer Physik mit Betonung des Verständnisses der modernen Physik. Sexl erkannte die Bedeutung einer wissenschaftlich betriebenen und international vernetzten Physikdidaktik, er war der erste und bisher einzige Lehrstuhlinhaber für Physikdidaktik in Österreich und wurde schließlich Vorsitzender der IUPAP Commission for Physics Education. (Über unser gemeinsames Interesse am Einsatz des PC in der Ausbildung kam ich zur Physikdidaktik.) Von ihm stammt ein die Problematik des gymnasialen Physikunterrichts scharf beleuchtender Satz: "Der Physikunterricht beantwortet Fragen, die die Schüler nicht gestellt haben."

Physik von A bis Z

Physik ist eine Weise, die Welt zu sehen, zu untersuchen und zu interpretieren. Das Ziel der wissenschaftlichen Ausbildung ist vor allem, das Untersuchen zu lernen. Das Dilemma der Ausbildung besteht allerdings darin, dass Physik ein Gebäude mit altem Fundament und oberen, in Bau befindlichen Stockwerken ist, dass sie von A bis Z, von Archimedes bis Zeilinger eine ungeheure Fülle an Fakten, Gesetzen und Wissen enthält, die wenigstens teilweise im Lauf des Studiums vermittelt bzw. erworben werden sollen. Für künftige Forscher liegt der Schwerpunkt der Ausbildung bei der modernen Physik, die klassische Physik wird im Eiltempo der einführenden Vorlesungen durchquert. In der Schule stellt jedoch die klassische Physik einen Schwerpunkt dar, zu ihrem Unterricht gehört ein gutes Verständnis von Newtonscher Mechanik und Maxwellscher Theorie. Doch wie gut werden unsere Studierenden auf die Aufgabe, klassische Physik zu unterrichten, vorbereitet?

Testen Sie Ihre Studenten! Es gibt zahlreiche Aufgaben zu Grundprinzipien der Physik, einige sind unter den TIMSS-Aufgaben zu finden (s.a. Arons 1990). Stellen Sie diese 'Gymnasialstoffaufgaben' nach der Einführung in die Mechanik ihren Studenten! Im Zuge einer Lehrveranstaltung fragten wir, wie sich die Anzeige einer Waage verändern werde, wenn wir in einen auf der Waage stehenden Becher Wasser einen Finger eintauchen. Was als Anregung für einen Unterrichtseinstieg gedacht war, entwickelte sich zu einer einstündigen Lektion.

Bei allen Tests dieser Art zeigt sich - nicht nur in Österreich -, dass die Studierenden nur ein schwaches Verständnis der Grundlagen und Begriffe entwickelt haben, dass sie eher die

5

Fachdidaktik PLUS LUCIS 1/2001

Fähigkeit zum Einsetzen in Formeln erworben haben. Zugleich zeigt sich, was aus der physikdidaktischen Forschung bekannt ist:

Schüler und Studenten kommen in den Unterricht mit Vorstellungen aus dem Alltag (die dort meist ausreichen), den sog. Präkonzepten. Im Unterricht sollten diese Vorstellungen zu physikalischen Konzepten transformiert werden, physikalisches Denken sollte erlernt werden. In vielen Beobachtungen zeigt sich jedoch, dass die alten Präkonzepte weiter bestehen, die physikalischen Konzepte nur bei bestimmten Prüfungsfragen aktiviert werden, sonst aber ein Rückgriff auf die alten Konzepte erfolgt. Es kann ebenso beobachtet werden, dass physikalische Konzepte missverstanden werden und es zur Ausbildung von Misskonzepten kommt (wovon die Zentrifugalkraft ein Paradebeispiel ist).

Daraus folgt: Nicht nur in den Schulen, auch an den Hochschulen besteht die Notwendigkeit, den Physikunterricht erfolgreicher zu machen. Dabei sollte die Maxime von Dieter Nachtigall, emeritiertem Physikdidaktiker der Universität Dortmund, beachtet werden:

- Stoff vortragen bedeutet nicht, ihn zu lehren.
- Stoff im Gedächtnis speichern bedeutet nicht, ihn zu lernen.
- Stoff aus dem Gedächtnis reproduzieren bedeutet nicht, ihn zu verstehen.

Diese drei Grundsätze sind besonders für jene bedeutsam, die später als Lehrer tätig sind.

Neben der Kenntnis von Inhalt und Methode der Physik ist das Wissen über Physik für Lehrer wichtig (und in den Studienplänen kaum berücksichtigt). H. Pietschmann sagte 1998 in einem Vortrag dazu: "Wer aber Physik erfolgreich vermitteln will, muss sich die Frage - was Physik ist und bedeutet - stellen... Dieses Ziel ist viel schwerer zu erreichen als die Fähigkeit, physikalisch erfolgreich tätig zu sein."

Physikdidaktik - Teil der Physik oder der Pädagogik?

Zunächst ist zu klären: Was ist Physikdidaktik? Ist sie die Handwerkskunst des erfahrenen Lehrers oder ist sie mehr? Soll sie in den Physikinstituten verankert sein oder bei den allgemeinen Pädagogen? Die Antwort auf diese Fragen hat Konsequenzen: Genügen Lehraufträge für bewährte Lehrer oder ist Personal (und kleiner Sachaufwand) in Konkurrenz zum (immer knappen) Personal der physikalischen Forschung einzuplanen?

Forschende Physikdidaktik, Physics Education Research, ist eine internationale wissenschaftliche Gemeinschaft mit eigenen Journalen, Konferenzen und Netzwerken (z.B. Homepage der PER-Gruppe an der University of Maryland). Damit Physikdidaktik neben ihrer Rolle bei der Lehrerausbildung einen Einfluss auf den Unterricht erhält, bedarf es des dauernden Kontakts zu den Lehrenden.

Physikdidaktik hat die Aufgabe der Forschung und Lehre für den Physikunterricht. Damit ist sie (und nicht die Physik) die Bezugswissenschaft des Lehrers, bei dem die Vermittlung und nicht die physikalische Forschung im Zentrum steht. Sie benötigt Physik und alle anderen Naturwissenschaften (besonders wenn der Unterricht von natürlichen Phänomenen ausgeht, die selten pure Physik sind), daneben ist sie aber auch auf Pädago-

gik, Philosophie, Psychologie,... angewiesen. Oft wird sie zur Methodenlehre reduziert, wohl zu ihrem Schaden. Zu den Aufgaben zählen:

- Lehre und Weiterentwicklung von Methoden des Physikunterrichts, aber auch
- Elementarisierung, d.h. die Übersetzung physikalischer Sachverhalte in zielgruppengerechte Darstellung,
- Erforschung der physikspezifischen Lernschwierigkeiten (unter Beachtung von Alter und Geschlecht der Zielgruppe) und von Maßnahmen, um ihnen zu begegnen,
- Diskussion und Begründung der Lehr- und Bildungsziele und der damit verbundenen Stoffauswahl.

In Diskussionen wird von erfolgreichen Forschern gelegentlich die Ansicht vertreten, dass 'Fachkenntnis + Begeisterung' erfolgreichen Unterricht ergibt. Während es natürlich zutrifft, dass ohne 'Fachkenntnis + Begeisterung' kein erfolgreicher Unterricht stattfinden wird, trifft die genannte Ansicht bestenfalls für den Einzelunterricht mit Hochbegabten zu, in der Realität des Schulunterrichts ist der Misserfolg vorprogrammiert. Was fehlt also noch?

Lehrer sind Physiker mit dem Schwerpunkt Vermittlung

Dem wird zwar meist zugestimmt, doch die Konsequenzen für die Ausbildung werden nicht gezogen. Schauen wir, welche Kompetenzen Physiklehrer - und natürlich auch Physiklehrerinnen - brauchen.

Fachkompetenz ist unabdingbar und muss sich tatsächlich von Archimedes bis Zeilinger erstrecken. Natürlich muss nicht auf jede Frage eine schnelle Antwort gegeben werden, aber die Fähigkeit, sich kompetent zu informieren, muss gegeben sein. Für die Behandlung alltagsrelevanter Fragen sind über die engeren Fachgrenzen hinausreichende Kenntnisse aus Technik, Biologie, Medizin,... notwendig, Meteorologie, Geo- und Astrophysik/nomie nicht zu vergessen.

Kenntnisse über Physik werden benötigt, ebenso über die Geschichte und Entwicklung ihrer Konzepte, sowie Grundlagen der Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie, und Reflexion über Mächtigkeit und Grenzen der physikalischen Methodik.

Unterrichtsmethoden umfassen neben dem traditionellen Lehrervortrag und Demonstrationsexperiment das Schülerexperiment (meist in Gruppen), aber auch das selbständige Erarbeiten von Wissen aus Literatur und Internet und das selbständige experimentelle Untersuchen werden heute gefordert. Projekte stehen im Zeichen von Schulqualität hoch im Kurs. Gerade im Bereich der Methodik ist die Kooperation mit der allgemeinen Pädagogik besonders gewünscht. Die Arbeit mit Medien und die Online-Datenerfassung erfahren in der Ausbildung zu wenig Beachtung.

Zusammenarbeit mit Kollegen des eigenen und fremder Fächer wird immer notwendiger. Die beginnende verstärkte Autonomie der Schulen führt zur Diskussion des Stellenwerts der Schulfächer, ihres Umfangs und der notwendigen Mittel. Physikunterricht ist - wie das Beispiel gerade aus dem berufsbildenden Schulwesen zeigt - keineswegs selbstverständlich und oft stundenmäßig unzureichend dotiert. In dieser Diskussion werden gute Argumente benötigt, ähnlich bei der schulautono-

6 PLUS LUCIS 1/2001 Fachdidaktik

men Gestaltung von Lehrplänen. Ansatzweise sollte das Studium darauf vorbereiten. Viel zu wenig funktioniert auch der professionelle Erfahrungsaustausch. (Auch hier sehe ich ein Defizit in der Ausbildung.)

Reflexion über den eigenen Unterricht mit dem Ziel der Verbesserung erfordert eine das eigene Tun kritisch prüfende Haltung, die auch während des Studiums angelegt werden müsste.

Warum Spannungsfeld?

Der Umfang an physikalischem Wissen, über das man (also auch junge Lehrer) verfügen sollte, ist jedem Leser bewusst, die obige unvollständige Aufzählung von Fähigkeiten, die Lehrer zusätzlich zum Fachwissen benötigen, zeigt die Vielfalt weiterer lehrerspezifischer Fähigkeiten. Und damit kommen wir zum Dilemma, in dem sich das Spannungsfeld von Physik und Physikdidaktik für die Ausbildung manifestiert.

Durch die Notwendigkeit eines zweiten Faches stehen nach dem Gesetz für jedes der Fächer, bedenkt man einen Aufwand von einem Semester für Diplomarbeit und Abschlussprüfung, lediglich 2 Studienjahre zur Verfügung. Reicht dies wohl kaum für die fachliche Vorbereitung, so führt der fachdidaktische Teil des Studiums umso mehr auch in den neuen Studienplänen ein Aschenputteldasein.

Als Konsequenz stellt sich dar - und dies wurde bereits 1994 in einem Memorandum einer ÖPG-Arbeitsgruppe festgestellt und vom ÖPG-Vorstand gebilligt:

Im Studium muss für den Beruf vorbereitet werden, das heißt, der Überblick ist der Erlernung von Spezialtechniken vorzuziehen, was vermehrt getrennte Lehrveranstaltungen für Diplomstudenten und Lehramtskandidaten bedeutet. Seminare müssen gegenüber Vorlesungen ausgeweitet werden, selbständiger Wissenserwerb muss verstärkt werden und die geringe Zeit für persönlichen Kontakt zur Klärung von Verständnisproblemen genutzt werden.

Der Stellenwert der Physikdidaktik innerhalb der physikalischen Institute muss neu bestimmt werden, wenn die Ausbildung fachlich *und* didaktisch gut vorbereiteter Lehrer ein ernstes Anliegen ist. Ich muss nochmals die Notwendigkeit einer personell qualitativ und quantitativ angemessenen Ausstattung betonen.

Lebensbegleitendes Lernen

Als Konsequenz aus der geschilderten Lage stellt sich die Notwendigkeit zur verstärkten Fortbildung nach der Erstausbildung und einigen Jahren Berufserfahrung, Fortbildung sowohl in einzelnen berufsorientierten Seminaren (wie auch der Fortbildungswoche des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts) als auch in längerfristigen Kursen. Ziel sollte dabei sowohl die Verbesserung des Unterrichts als auch die Weiterqualifikation sein, die etwa Betreuungslehrer in ihrer Ausbildungsfunktion bei Studierenden und Junglehrern benötigen.

Ein erfolgreiches Modell stellt der zweijährige Universitätslehrgang *Pädagogik und Fachdidaktik für LehrerInnen* dar, dessen Naturwissenschaftszweig im Herbst 2000 zum 3. Durchgang angesetzt hat. Ein Team aus Hochschullehrern (Pädagogik, Biologie, Chemie, Physik) und zwei Gymnasial-

lehrern betreut und begleitet eine Gruppe von etwa 30 Lehrerinnen und Lehrern, die ihre didaktische und fachliche Kompetenz steigern und in zwei kleinen Forschungsarbeiten erste Schritte in fachdidaktischer Forschung machen.

Drei Hinweise an dieser Stelle: In der Schweiz wurde ein postgraduales Studium zur Qualifikation des fachdidaktischen Nachwuchses an der Universität Bern eingeführt. In den Niederlanden vergibt die Forschungsstiftung Stipendien an Lehrer zur Weiterbildung. Die National Science Foundation NSF (USA) fördert sowohl physikdidaktische Forschung und Entwicklung als auch die Weiterbildung von Lehrern durch Stipendien.

Hier sollte auch die engagierte Weiterbildungsarbeit erwähnt werden, die die Arbeitsgemeinschaftsleiter in den Bundesländern mit und für ihre Kollegen organisieren.

Herausforderungen an den naturwissenschaftlichen Unterricht

Ähnlich wie in der BRD hat auch in Österreich die TIMS-Studie zu den Fachleistungen in Mathematik und Physik gezeigt, dass der Unterricht für die große Mehrheit der Maturantinnen und Maturanten nicht das leistet, was in einem internationalen Vergleichstest erwartet wurde. Das Bildungsministerium hat dieses Ergebnis ernst genommen und nach einer Detailanalyse der TIMSS-Ergebnisse den Auftrag zu einem Projekt Innovations in Mathematics, Science und Technology Teaching (IMST²) gegeben. Hier sollen im Lauf von 5 Jahren Ideen für einen erfolgreicheren Naturwissenschaftsunterricht entwickelt und erprobt werden sowie an Schulen bereits vorhandene Initiativen unterstützt und weiterentwickelt werden. Federführend ist das IFF Klagenfurt, fachdidaktische Arbeitsgruppen sind eingebunden, und es besteht natürlich Offenheit für Ideen und Unterstützung von außen. Die Arbeit wird in vier Teilschwerpunkten ablaufen und Mathematik und die naturwissenschaftlichen Fächer betreffen, wobei auch die Konsequenzen der Informationstechnologien für den Unterricht beachtet werden.

Schwerpunkt 1: Grundbildung. Welche Fähigkeiten und Kenntnisse sollten über die Unterstufe hinaus in der Oberstufe erworben werden? Was sollten alle Maturanten können, wie soll dies erreicht werden?

In Schwerpunkt 2 wird die Bildung naturwissenschaftlicher Schwerpunktschulen fachlich und organisatorisch unterstützt.

Schwerpunkt 3 arbeitet an Forschung und Entwicklung von Unterricht unter Berücksichtigung des unterschiedlichen Zugangs von Mädchen und Burschen. Zusätzlich werden Videodokumentationen von gutem Unterricht zum Einsatz in der Aus- und Weiterbildung erstellt.

In Schwerpunkt 4 geht es um eigenverantwortliches und selbständiges Arbeiten.

Alle Teilprojekte arbeiten mit Schulen und Lehrergruppen zusammen, so dass eine intensive Vernetzung von Theorie und Praxis gegeben ist. Mit einem ähnlichen Projekt in der BRD zur Effizienzsteigerung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts, das im Auftrag der Bund-Länder-Kommission vom IPN Kiel koordiniert wird, wird kooperiert.

Fachdidaktik PLUS LUCIS 1/2001 7

Schlussbemerkung

Das neue Studiengesetz hat mit der Trennung der Lehramtsstudien von den wissenschaftlichen eine ambivalente Weichenstellung vorgenommen. Einerseits entspricht dies einer Forderung nach stärkerer Berufsvorbildung als bisher, andererseits reduziert die Entkopplung der beiden Physikstudien die Durchlässigkeit zwischen den Studien. Wenn die Universitäten ihre Verantwortung für die Fachdidaktik nicht wahrnehmen, stehen die Pädagogischen Akademien bereit, die pädagogische und fachdidaktische Ausbildung zu übernehmen.

Die LA-Studenten müssen sich bewusst sein, dass sie nicht nur einen schwierigen, sondern auch einen wichtigen Beruf gewählt haben. Die Lehrenden müssen - besser als bisher - deutlich machen, dass die gediegene Berufsvorbereitung ein echtes Anliegen der Physikinstitute ist und dass fachliche, fachdidaktische und pädagogische Ausbildung angemessen gewichtet werden.

Ich habe bewusst mehr Probleme angerissen, als Lösungen angeboten. Lösungen müssen in gemeinsamem Bemühen von Physikern und Physikdidaktikern gefunden werden.

Zum Nachlesen

Arons, Arnold B. (1990): A guide to introductory physics teaching, Wiley, NY.

Pietschmann, H.: Wirklichkeitsvorstellung und Physikunterricht

http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/981/pietschmann.pdf

Zur Bildung der Lehrerinnen und Lehrer am Gymnasium und vergleichbaren Schulformen, Memorandum der MNU 1999, http://www.mnu.de/Lehrerbi.htm

Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung an der Schwelle zu einem neuen Jahrhundert, Memorandum der MNU 1998, http://www.mnu.de/Schwelle.htm

Projekt IMST², http://imst.uni-klu.ac.at

ÖPG-Memorandum zur Lehrerausbildung: http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/951/memo1.pdf

Kühnelt, H.: *Teacher Education for the 21st Century,* Resümee des Round Table 3 bei GIREP Konferenz Barcelona 2000: http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/Artikel/RT3-resume.pdf

Kühnelt, H.: New ways of in-service teacher Training University Course: Pedagogy and Science Education for Teachers, GIREP Conference Ljubljana 1996, http://pluslucis.univie.ac.at/Artikel/v2b.pdf

zu Prof Seidl:

http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/962/SEIDL.pdf

Physics Education Research Group at the University of Maryland: http://www.physics.umd.edu/perg/

zu TIMSS:

http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/002/timss.pdf

100 Jahre Quantentheorie

Ausstellung in der Österreichischen Akademie der Wissenschaften

Historische Geräte - Nachbauten - Originaldokumente - Experimente - Animationen

veranstaltet von der Kommision für Geschichte der Naturwissenschaften, Mathematik und Medizin der Österreichischen Akademie der Wissenschaften

Diese Ausstellung wurde von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft gestaltet.

4. April - 3. Mai 2001, Mo. - Fr. 9.00 - 17.00 Uhr (ausgenommen 13. und 16. April sowie 1. Mai 2001)

Dr.-Ignaz-Seipel-Platz 2, A-1010 Wien

Auskünfte und Anmeldungen zu Führungen: http://www.oeaw.ac.at und (01) 51581-519



8 PLUS LUCIS 1/2001 Fachdidaktik

Abwechslung im Naturwissenschaftsunterricht mit Concept Mapping

Helga Behrendt und Priit Reiska

Was ist Concept Mapping?

Die Übersetzung von Concept Mapping trifft das Wesentliche recht gut: Concept Maps sind "Begriffs-Landkarten", die aus Begriffen eines Themenbereichs bestehen und Verbindungen zwischen den Begriffen aufzeigen. Eine Landkarte kann uns einen groben Überblick der Verkehrswege zwischen Städten geben, und je feiner die Karte ausgearbeitet ist, desto mehr Informationen liefert sie uns bis hin zu Nebenstraßen und Wanderwegen. Concept Mapping ist der Prozess, der zu solchen "Landkarten" führt, etwa die Erstellung eines Netzes mit Papier und Bleistift. Die Definition von Concept Mapping ist insofern unscharf, als weder das genaue Vorgehen noch die spezielle Form des Endprodukts festgelegt ist.

Begriffsnetze sind ein Mittel, etwas darüber herauszufinden, welche Beziehungen ein Lernender zwischen Dingen, Ideen und Personen sieht. Mit Begriffsnetzen kann erfasst werden, inwieweit Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, Zusammenhänge in einem bestimmten Sachgebiet differenziert wiederzugeben.

Die Methode des Concept Mapping ist vor allem im englischsprachigen Ausland entwickelt und weitergeführt worden. In den 70er Jahren entwickelte Novak in den USA das Concept Mapping zunächst als Instrument zur Diagnose von Lernschwierigkeiten und zur Analyse der Begriffsentwicklung bei Kindern. Novak erkannte bald, dass Concept Mapping außerdem sehr gut geeignet ist, sinnvolles Lernen in den Naturwissenschaften zu unterstützen. Es stellte sich heraus, dass diese Methode auch in vielen anderen Fächern mit Erfolg einsetzbar ist.

Die grundlegenden Ideen des Forschungsprogramms von Novak basieren auf der Assimilationstheorie von Ausubel. Wissen wird als ein vernetztes System eng miteinander zusammenhängender Begriffe gesehen. Sinnvolles Lernen führt zu einer größeren Differenzierung der bestehenden kognitiven Struktur des Lernenden. Auswendiggelerntes kann jedoch niemals in ein Wissensnetz eingebaut werden.

In kognitionspsychologischen Ansätzen wird davon ausgegangen, dass deklaratives Wissen - also Wissen von Fakten, Daten, Sachverhalten und Ereignissen - in Form von Propositionen gespeichert ist. Eine Proposition ist eine Aussage, die eindeutig als wahr oder falsch bestimmt werden kann. Sie wird auch als Prädikat bezeichnet, d. h. sie stellt eine Relation zwischen Begriffen dar. Hiervon ausgehend, wird auch im Concept Mapping von Propositionen und Relationen gesprochen.

Die Bedeutung eines Begriffs gerade in der Physik und Chemie - denken wir etwa an Begriffe wie "Masse", "Kraft" oder

Kernenergie
g

Wasser
6

Waschmaschine
4

Muster CM

Begriff Relation

Proposition

schädigt)

Abb. 1: Eine Proposition ist die kleinste Einheit in einem Begriffsnetz

"Atom" - lässt sich in einer Definition oder Umschreibung meist nur unzureichend erfassen. Die Bedeutung eines Begriffs ist vielmehr durch seine Einbettung in das Beziehungsgeflecht innerhalb einer Theorie oder eines Inhaltsbereiches zu erkennen. So kann der schwierige Kraftbegriff nicht isoliert, sondern nur im Rahmen der anderen Begriffs der Newtonschen Theorie verstanden werden. Die Begriffsnetze geben also Einblicke in die Bedeutung, die etwa dem Begriff "Kraft" zugeordnet wird. Sie zeigen die Beziehungen zu anderen Begriffen und ergänzen die Definition oder Umschreibung der Schülerinnen und Schüler.

Einsatzmöglichkeiten des Concept Mapping im Unterricht

Concept Mapping hat im Vergleich mit Tests den Vorteil, dass die Schülerinnen und Schüler sich nicht mit der Formulierung und grammatikalischen Richtigkeit von Sätzen abmühen müssen. Sie verknüpfen Begriffe einfach mit Wörtern zu einer Aussage, also fertigen gewissermaßen eine Landkarte ihres Begriffsverständnisses an. Daraus ist zu erkennen, welche Begriffe ein Schüler überhaupt verknüpfen kann, welche Lücken das Netz noch hat und wo es bereits zufrieden stellend entwikkelt ist. Es lässt sich schnell erkennen, ob alle Begriffe eines Sachgebiets miteinander verknüpft sind oder ob einzelne Inseln entstanden sind. Aufschlussreich ist auch, welchem Begriff der Lernende eine zentrale Rolle zugewiesen hat oder ob er Fachbegriffe oder eher Alltagsbegriffe verwendet hat.

Helga Behrendt und Priit Reiska, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Erziehungswissenschaftliche Fakultät, Abt. Physik und ihre Didaktik email: behrendt@uni-kiel.de

Fachdidaktik PLUS LUCIS 1/2001

Über die Art der Verknüpfungen kann man Verabredungen treffen. Zur quantitativen Erfassung in der Forschung gibt man die Verknüpfungen vor, für den Einsatz in der Schule ist es einfacher, den Schülerinnen und Schülern zu überlassen, wie sie die Verbindungen kennzeichnen.

 Begriffsnetze können an jeder Stelle des Unterrichts eingesetzt werden.

Zu Beginn eines neuen Themas ist es sinnvoll, zunächst das Vorwissen oder die Alltagsvorstellung der Lernenden zu erfahren; das kann im Gespräch, mit einem Test, aber auch mit Concept Mapping geschehen. Die Maps lassen sich zur Kontrolle des erreichten Wissensstandes während der Unterrichtseinheit einsetzen. Schließlich erlauben sie am Ende einer Unterrichtseinheit einen Einblick in die mit Hilfe des Unterrichts geknüpften Wissensnetze.

Begriffsnetze regen zum Nachdenken über das eigene Wissen an.

Jede Unterrichtsbewertung stellt auch eine Lernsituation dar. Dies scheint im besonderen Maße für die Begriffsnetze zu gelten. Sie regen die Lernenden an, über ihr erreichtes Wissen nachzudenken.

Begriffsnetze motivieren, über das eigene Wissen zu sprechen.

Besonders effektiv erweist sich Gruppenarbeit, aber auch die Erarbeitung eines Netzes mit der gesamten Klasse, da hierbei die Diskussion über richtige oder falsche Verknüpfungen angeregt wird. In Gruppen können die Jugendlichen ihre Begriffsnetze vorstellen und mit denen ihrer Mitschülerinnen und -schüler vergleichen.

Begriffsnetze geben der Lehrkraft Hinweise zum Wissensstand.

Wie die Ergebnisse anderer Methoden auch, geben Begriffsnetze der Lehrkraft Hinweise, welches Wissensniveau die Lernenden erreicht haben, wo noch Lücken zu schließen und welche Anregungen für den weiteren Lernprozess nötig sind.

• Begriffsnetze helfen bei der Planung des Unterrichts.

Zur Planung einer Unterrichtseinheit zeichnen sich viele Lehrer die Sachstruktur des neuen Themenbereichs in Form eines Ablaufdiagramms auf, was nichts anderes als eine Art von Begriffsnetz darstellt. Die für den Unterricht wesentlichen Begriffe schreibt man entweder auf Kärtchen oder direkt auf ein Blatt Papier. Die Kärtchen haben den Vorteil, dass sie einfacher zu verschieben sind. Ein solches Verfahren lässt Unstimmigkeiten und Lücken leicht erkennen. So entsteht gewissermaßen ein Begriffsnetz, das als Referenznetz für die von Schülerinnen und Schülern nach dem Unterricht konstruierten Begriffsnetze dienen kann.

• Begriffsnetze lassen sich in allen Klassenstufen einsetzen. Schon Novak geht davon aus, dass auch sechs- und siebenjährige Kinder durch sorgfältigen Unterricht ein angemessenes Verständnis von naturwissenschaftlichen Konzepten erreichen können. Er betont, dass dieses in allen Bereichen der Naturwissenschaft möglich sei. Novak vergleicht die Ergebnisse seiner Untersuchungen mit den Erkenntnissen Piagets und gelangt zu der Meinung, dass jüngere Kinder nicht durch die Entwicklungsstufen - wie Piaget sie aufgestellt hat - in ihren Lernfähigkeiten begrenzt seien, sondern dass die Quantität und Qualität des durch Erfahrung und Instruktion gewonnenen re-

levanten Wissens ausschlaggebend sei. Die Untersuchungen Novaks zeigen, dass auch schon Kinder der Primarstufe in der Lage sind, gut durchdachte Concept Maps zu erstellen und diese anderen zu erklären.

In unseren Erprobungen hat es sich als sinnvoll erwiesen, die geschriebenen Wörter zusätzlich mit Bildchen zu versehen.

Praxis des Concept Mapping

Mittlerweile hat sich eine Vielfalt an Methoden zur Erstellung von Begriffsnetzen entwickelt. Die Lehrkraft kann hier selbst Kreativität entwickeln, um das für ihre Lerngruppe geeignete Verfahren einzusetzen. Es bleibt auch dem Lehrer bzw. der Lehrerin überlassen, ob nur vorgegebene Begriffe verwendet werden sollen oder ob die Schülerinnen und Schüler selbst zum Thema passende Begriffe ergänzen können. Man kann auch nur einen zentralen Begriff, wie beispielsweise "Atom", "Fahrrad" oder "Wasser" in die Mitte stellen und die Schülerinnen und Schüler auffordern, dazu geeignete Begriffe zu ergänzen. Die Relationen zwischen den Begriffen werden in Forschungsprojekten häufig vorgegeben, in der Schule ist es jedoch angebracht, die Relationen selbst zu bestimmen.

Möchte man ein Concept Map mit der gesamten Klasse erarbeiten, so empfiehlt sich die Erstellung mit Kreide an der Wandtafel, mit Kärtchen an einer Pin-Wand oder mit Karten, die auf einem großen Tisch ausgelegt werden. Begriffskarten lassen sich auch mit einem doppelseitig klebenden Band versehen, das gut an der Wandtafel klebt und auch leicht wieder abnehmbar ist. Dies Verfahren bietet sich insbesondere zur Einführung der Handhabung von Begriffsnetzen an.



Abb. 2: Concept Mapping: Schüler legen ein Map mit Kärtchen auf einem Tisch

Die einfachste Konstruktion von Concept Maps in Einzeloder Gruppenarbeit fängt mit Papier und Bleistift an. Dieses Verfahren erfordert wenig Vorbereitung und ist am preiswertesten. Die Schülerinnen und Schüler erhalten eine Liste mit den Begriffen eines Sachgebietes, schreiben sie auf ein Blatt Papier und überlegen selbst Verknüpfungen.

Aufwendiger für die Lehrkraft ist die Vorbereitung von Kärtchen, die mit Begriffen beschriftet sind. Im Unterricht werden diese auf ein ausreichend großes Blatt Papier gelegt, so lange verschoben, bis sie ein sinnvolles Netz ergeben, und am Schluss festgeklebt. Anstelle von Kärtchen kann man auch kleine gelbe "Merkzettel", wie sie im Handel zu kaufen sind,

10 PLUS LUCIS 1/2001 Fachdidaktik

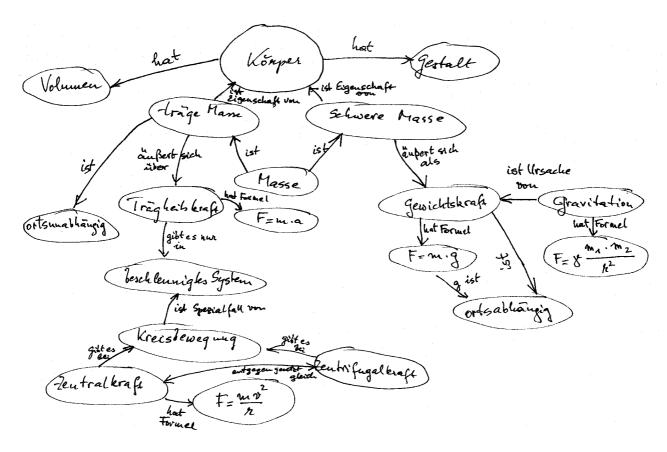


Abb. 3: Concept Mapping mit Papier und Bleistift

verwenden. Sie sind kostengünstig, verrutschen wegen der Klebeschicht nicht so leicht und haben den Vorteil, wieder leicht an einen anderen Platz versetzt werden zu können.

Ein sehr schönes, aber nicht ganz preiswertes Verfahren ist die Verwendung von Etiketten. Etiketten auf DIN A4 Papier gibt es in vielen verschiedenen Größen im Papierwarenhandel. In Computerprogrammen braucht man zum Beschriften nur die Bestellnummer der Etiketten einzugeben, dann werden die Begriffe gleich richtig auf den Etiketten ausgerichtet; es lassen sich danach auf recht einfache Weise beliebig viele Seiten ausdrucken. Zum Aufkleben hat sich am besten farbiges Tonpapier bewährt. Wenn die Etiketten zu Beginn nur leicht auf dem

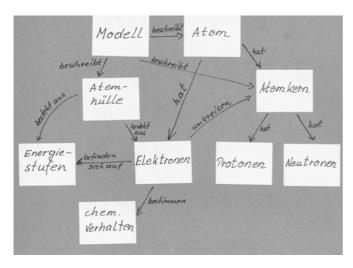


Abb. 4: Concept Map mit "Merkzetteln"

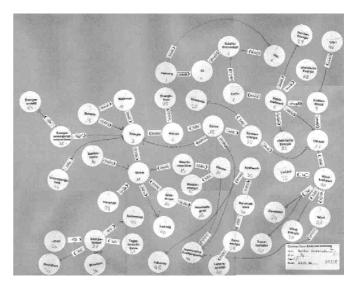


Abb. 5: Concept Mapping mit Etiketten auf Tonpapier

rauen Tonpapier befestigt werden, lassen sie sich wieder abziehen und versetzen.

Die eleganteste und materialsparendste Konstruktion von Netzen geschieht auf dem Computer. Im Rahmen unseres Forschungsprojektes haben wir ein Computerprogramm (Concept Mapping 2000 genannt) entwickelt, mit dem jetzt die Begriffsnetze auf dem Bildschirm konstruiert werden. Zur Zeit erproben wir in Schulen die erste Version dieser neuen Methode. Wir geben 48 Begriffe und 10 Relationen vor, aus denen die Schülerinnen und Schüler Netze zum Themenbereich "elektrische Energie im Haushalt" legen. Die Vorteile dieser Netzer-

Fachdidaktik PLUS LUCIS 1/2001 11

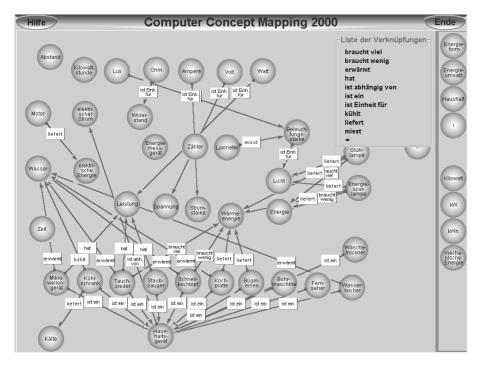


Abb. 6: Konstruktion von Concept Maps auf dem Computerbildschirm

stellung liegen auf der Hand: Es wird kein zusätzliches Material benötigt. Den Schülerinnen und Schüler macht es Spaß, mit dem Computer zu arbeiten. Die Handhabung ist so bedienerfreundlich, dass sie in wenigen Minuten erlernbar ist. Und was für den Lehrer von großem Vorteil ist, das ist die sofortige Auswertung jedes Netzes per "Knopfdruck". Alle Daten eines Netzes werden gespeichert und sind jederzeit wieder abrufbar; das bedeutet auch, dass ein Schüler an einem angefangenen Netz zu einem späteren Zeitpunkt weiter arbeiten kann.

Nach Abschluss der Erprobung beabsichtigen wir, dieses computergestützte Verfahren auch für beliebige andere Themenbereiche zu erweitern.

Bewertung von Begriffsnetzen

Die Auswertung der Begriffsnetze mag zunächst schwierig erscheinen, aber so vielfältig wie die verschiedenen Verfahren sind auch die Bewertungsmöglichkeiten; es kommt ganz darauf an, wozu das Concept Map dienen soll.

Begriffsnetze, die zur Erfassung des Vorwissens oder zum Nachdenken über ein Wissensgebiet dienen, sollten gar nicht bewertet werden. Sie geben dem Schüler oder der Lehrkraft lediglich Hinweise über den Wissensstand. Dies trifft auch für die in Gruppen oder mit der gesamten Klasse erarbeiteten Maps zu. Besonders aufschlussreich gestaltet sich die Diskussion über falsche oder nicht eindeutig verständliche Propositionen; sie motivieren, über das Thema zu sprechen, ohne dass sich der Schüler gleich bloßgestellt fühlt.

Möchte man das Concept Mapping zur Kontrolle des erreichten Wissensstandes etwa gleichbedeutend mit einem Test einsetzen, so ist es erforderlich, Kriterien zur Notenfindung selbst vorzugeben. So kann man beispielsweise für neu gefundene Begriffe einen Punkt geben oder einfach alle gelegten Begriffe zählen. Die Relationen zwischen den Begriffen lassen sich je nach Schwierigkeitsgrad mit einem oder mehreren Punkten belegen. Für falsche Verknüpfungen kann wieder ein Punkt

abgezogen werden. Um den Zeitaufwand für die Auswertung in einem angemessenen Rahmen zu belassen, sollte die Anzahl von zehn vorgegebenen Begriffen nicht überschritten werden. Bei größeren Netzen kann die Auswertung nur noch mit Computerprogrammen bewältigt werden, wie wir sie in unseren Forschungsprojekten entwickelt haben.

In dem oben beschriebenen "Concept Mapping 2000" ist die Auswertung eines Begriffnetzes von uns bereits programmiert. In die Bewertung geht die Anzahl aller Begriffe und aller Propositionen, die Richtigkeit der Propositionen, die Vernetzung und die fachliche Richtigkeit der Propositionen ein. Die Richtigkeit wird nach einer sechsstufigen Skala bewertet. Beispielsweise wird eine Proposition aus der Alltagswelt, wie "Kühlschrank ist ein Haushaltsgerät", geringer bewertet als etwa "Lux ist die Einheit für Beleuchtungsstärke". Mit Hilfe dieses Programms kann nicht nur ein einzelnes

Netz, sondern können gleichzeitig die Netze der gesamten Klasse in einer Punkteskala ausgewiesen werden. Diese Skala wird wie bei jedem Test nach Belieben in die Notenskala umgewandelt.

Mit diesem Bericht möchten wir einige Anregungen für den Einsatz von Concept Mapping anbieten. Der Phantasie der Lehrerinnen und Lehrer bei der Gestaltung von Begriffsnetzen sind keine Grenzen gesetzt. Wir möchten Sie, liebe Leserinnen und Leser ermutigen, diese noch ungewohnte Methode im Unterricht einmal zu erproben und damit vielleicht auch etwas Abwechslung in Ihren Unterrichtsalltag zu bringen.

Literatur

Behrendt, H., Dahncke, H., Reiska, P.: Einsatz und computergestützte Auswertung von Concept Maps mit modalen Netzen und Bereichsdiagrammen. In: Fischler, H., Peuckert, J. (Hrsg.): Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie. Berlin: Logos Verlag 2000

Behrendt, H., Häussler, P., Reger, H.: Concept Mapping. Schülerinnen und Schüler legen ihre eigenen Begriffsnetze. NiU/Physik, Heft 38, 1997

Novak, J., D.: Concept Mapping: A Useful Tool for Science Education. In: Journal of Research in Science Teaching

Peuckert, J.: Concept Mapping - Lernen wir unsere Schüler kennen! Teil 1 Grundlagen des Concept Mapping. In: Praxis in der Schule 36 (1999) 1

Peuckert, J., Rothenhagen, A., Sylvester, U.: Concept Mapping - Lernen wir unsere Schüler kennen! Teil 2 Diagnose von Wissensentwicklungen mittels Concept Mapping; ein Bericht aus der Praxis. In: Praxis in der Schule 37 (1999) 2

12 PLUS LUCIS 1/2001 Fachdidaktik

Physikalischer Erlebnispfad am BRG und BG Mürzzuschlag

Gertraud Jerlich





Das Ziel bleibt: die Welt zu verstehen.

John Bell

Das vom BMBWK initiierte Projekt MUSEUM.ONLINE, das schon seit Jahren österreichweit und sogar über die Staatsgrenzen hinweg in den Nachbarstaaten Bundesrepublik Deutschland, Tschechien und Ungarn von vielen Schulen angenommen wird, hat bewirkt, eine schon lang gehegte Idee für unsere Schule umzusetzen. Ziel des Projektes MUSEUM.ONLINE ist es, dass Schüler ihr Wissen um neue Medien erweitern und organisatorische Fähigkeiten erlangen.

M:O Awards werden vergeben für:

Kreativität (Gestaltung der Website, innovative Einfälle,...), Kulturgedanken (inhaltliche Umsetzung, Vermittlung des Anliegens,...)

Gesamtauftritt (Einbeziehung von Partnerschulen, Teamarbeit, Internationalisierung, fächerübergreifende Zusammenarbeit, Präsentation,...).

Viele Schülerinnen und Schüler empfinden Pausen und anfallende Freistunden als durchaus angenehme Unterbrechung des Stundenablaufs. Um den "Pausenalltag" aufzuwerten und bunter zu gestalten, entstand die Idee eines Museums der besonderen Art. Es sollte jederzeit von jedermann benutzbar sein und natürlich auch Spaß machen. Also keine Öffnungszeiten und Eintrittsgebühren sondern freier Zugang für alle Interessierten! Zunächst stand das "wirkliche Museum" im Vordergrund, erst durch die Möglichkeit, bei MUSEUM.ONLINE mitzumachen, ergab sich die Notwendigkeit, das Projekt auch im Internet zu präsentieren und damit eine weitere große Herausforderung für das gestaltende Team von Schülern und Schülerinnen der 5.Klassen.

Der Name unseres Museums ist:



Dieser Entwurf stammt sowohl vom Text an sich als auch vom erarbeiteten Logo von Mitgliedern des Teams. Er genügt den Anforderungen der Ausschreibung für den Bewerb bei MU-SEUM.ONLINE, die Präsentation sowohl in Deutsch als auch in Englisch auszuführen und hat in weiterer Folge (ermutigt durch das Lob der beurteilenden Jury bei der Erstbewertung in Graz) dazu geführt, dass dieses Logo als Wortmarke zum Patent angemeldet wurde. Mit der Patentanmeldung ergab sich neben der Arbeit am wirklichen Museum und am virtuellen Museum eine weitere interessante Aufgabenstellung, die in einer Schule wohl selten stattfindet.

Mag. Gertraud Jerlich, e-mail: pep@bgbrg-muerz.asn-graz.ac.at

Die Arbeit des Teams

Die Objekte des Museums sollten es den Mitschülern und Mitschülerinnen ermöglichen in erster Linie ihre Sinneswahrnehmungen auf unübliche Art zu überprüfen und aus dem Erlebten eigene Schlüsse zu ziehen. Vor allem das eigene Empfinden bei der Benutzung oder Begehung der Objekte steht im Vordergrund. Die vom Team getroffene Auswahl ergab folgende Objekte:

Wirbeltanz:

Die Spirale ist das formende Element dieser Bewegung. In der Spiralbewegung zeigt sich die Natur in vielen Bereichen von der Schnecke über die Windungen der Tannenzapfen bis zu den Milchstraßen.



Spiel mit den Sinnen:

Die Scheibe in Ruhe erscheint als zweidimensionales Gebilde. Sobald sie langsam gedreht wird, geschieht Seltsames. Die Figur erscheint als rotierender Kegel mit einem ebenfalls rotierenden Trichter.



Wunderwippe:

Die Wippe ist das Objekt zum Testen des Gleichgewichtssinnes. Das Gleichgewichtsorgan befindet sich im Ohr. Dort befinden sich drei nach den Raumrichtlinien orientierte Bogengänge, die die Körperbewegung steuern.

Kreisel der Illusionen:

Dreht man den Kreisel, so lösen sich die geordneten Bilder auf und ergeben neue Strukturen, die sich mit der Drehgeschwindigkeit verändern.

Balancescheibe:

Der Besucher wird eingeladen, mit dieser Halbkugelscheibe spielerisch sein Gleichgewichtsorgan zu entdecken. Es ist eine Art Lebensspiel: die Suche nach Ausgleich und Gleichgewicht mit sich selbst im Einzelspiel oder mit dem Anderen im Gruppenspiel.



Tastpfad:

Der Tastpfad soll barfuß begangen werden. Die Fußsohlen sind durch Nerven und Blutbahnen mit den inneren Organen verbunden. Der gesamte Organismus wird durch das Begehen wohltuend beeinflußt.

Labyrinth:

Das Labyrinth ist eine Ermutigung und Einladung, sich auf den Weg zu machen und nicht aufzugeben, sondern weiterzugehen, weil es ein Ziel gibt.



Zunächst standen die praktische Durchführung und Herstellung der Objekte im Vordergrund. In mitunter sehr heftigen Diskussionen wurden Objekte ausgewählt und allzu verwe-

gene Vorstellungen verworfen. Die Einbindung von externen Institutionen (vor allem Firmen der Region und Eltern von Schülerinnen und Schülern auch außerhalb des Teams) machte die Realisierung einzelner Objekte erst möglich. Allen Sponsoren und Helfern gilt hier unser besonderer Dank, denn ohne ihre tatkräftige Unterstützung wäre PEP nicht zu verwirklichen gewesen.

In der nächsten Arbeitsphase entstanden die schriftlichen Anleitungen und Anregungen, wie man sich im PEP zurechtfinden kann, wobei die englische Version durch Kolleginnen betreut wurde. Hier schaltete sich auch Frau Mag. Ursula Horvath als Museumspädagogin unterstützend ein.

Gekürzter Kommentar von Mag. Ursula Horvath, Museumspädagogin:

Die Idee zur Errichtung eines physischen Erlebnispfades inund außerhalb des Schulgebäudes, der jederzeit durch jeden aktivierbar und erfahrbar gemacht werden kann, und im Rahmen des Projektes MUSEUMONLINE entstand, habe ich gleich von Beginn an gerne unterstützt.

Die Zusammenarbeit zwischen Schule und Museum stellt eine Chance für beide Einrichtungen dar. Es erfolgt ein Wissenstransfer, der für beide Institutionen sehr fruchtbar sein kann. Die Schüler werden mit Aufgaben des Museums vertraut gemacht, die sie vielleicht bei einem Ausstellungsbesuch nicht so einfach vermittelt bekommen. Nun war es auch für sie wichtig, die Organisation der Objekte zu koordinieren, den Transport zu veranlassen, die richtigen Worte für die Beschriftung zu finden und eine geeignete und logische Aufstellung der Objekte herauszufinden. Das Museum wiederum gewinnt aus der direkten Zusammenarbeit mit den Jugendlichen leichter Einblick in deren Wünsche und Interessen und kann mit seinen eigenen Ausstellungen und Angeboten darauf reagieren.

Ein wesentliches positives Merkmal dieses Projektes, und daher besonders spannend, ist seine Vielfältigkeit.

Ein "Begreifen" von physikalischen Vorgängen mit allen Sinnen soll erreicht werden. Die Eigentätigkeit und Eigenerfahrung der Interessierten steht im Vordergrund. Die verschiedenen Objekte ermöglichen es, sich zu konzentrieren und zu entspannen, und bieten dem Interessierten die Möglichkeit die eigenen Fähigkeiten auszuloten, Unerwartetes zu erleben und physikalische Gegebenheiten zu erproben.



Ausgehend vom physikalischen Experiment, den dazugehörigen Objekten, bis hin zum Organisieren der benötigten Materialien, der Kreation eines eigenen Logos, der Beschriftung und der Erstellung einer website über dieses Projekt, waren die Schüler in den Bereichen Technik, Kreativität, handwerkliches Geschick, Organisation, EDV und Fremdsprachen gefor-

14 PLUS LUCIS 1/2001 Aus der Praxis

dert. Jeder der Schüler war für seinen vielfältigen Aufgabenbereich, für dessen Organisation und oft noch schwieriger, für dessen termingerechte Fertigstellung verantwortlich. Von der Zusammenarbeit mit den Professionalisten in den Bereichen Grafik, Design und Aufbau einer website konnten alle Beteiligten profitieren.

Die Hilfe von meiner Seite für dieses Projekt kann am besten mit den Begriffen "Ermunterung" und "Ermutigung" umrissen werden. Ich konnte vor allem im Bereich der Beschriftung der Objekte und dem Festhalten an einem logischen Projektverlauf mit großer Freude unterstützend mitwirken.

Mag. Ursula Horvath, kunsthaus muerz

Eröffnung des realen Museums

Die Eröffnungsmodalitäten unseres realen Museums PEP wurden in Gesprächsrunden mit Direktor Mag. Max Tatscher festgelegt. Von den Pausenräumen wurde ein Teil für unser Museum abgetrennt - so, dass die Schülerinnen und Schüler jederzeit Zugang haben können. Ein zweiter Teil befindet sich in unserer Gartenanlage, der Tastpfad und das große Labyrinth können natürlich nur entsprechend den Witterungsbedingungen begangen werden.

Am Freitag, dem 19. Mai 2000 erfolgte die "feierliche" Eröffnung im Beisein der Vertretung der Gemeinde Mürzzuschlag und der regionalen Presse. Bereichert wurde die Eröffnung durch ein in Eigenregie erstelltes Buffet.

Internetpräsentation

In einem aufregenden Hindernislauf über streikende Computer, nicht zur Verfügung stehende Internetanschlüsse, unerklärliche Datenverluste zu den unpassendsten Zeiten und dem Fahrradunfall des verantwortlichen Teammitgliedes wurde auch die Präsentation sowohl bei MUSEUM.ONLINE als auch auf der Homepage unserer Schule zeitgerecht fertiggestellt.

Verlauf des Bewerbes für MUSEUM.ONLINE 2000

Zunächst erfolgte eine Erstausscheidung österreichweit in einigen Landeshauptstädten. Die Jury in Graz entschied folgendermaßen:

Ein rundum ausgereiftes Projekt haben die Schülerinnen und Schüler des BG und BRG Mürzzuschlag entwickelt.(...) Zusammenfassend kann gesagt werden, dass den Steirern ein tolles Projekt gelungen ist. Die Menüführung der Homepage ist einfach, die Projektbeschreibung sehr genau. Auch das Team der Schüler wird mit Fotos vorgestellt. Die Mürzzuschlager fahren als Sieger der regionalen Vorausscheidung nach Oberösterreich.

Schlussveranstaltung MUSEUMONLINE 2000

Aus mehr als 80 Bewerbern waren 19 Schulen aus ganz Österreich, sowie je eine aus der BRD, Tschechien und Ungarn aus dem regionalen Bewerb siegreich in die Schlussrunde in Gmunden am 14. und 15. Juni 2000 aufgestiegen.

Auch in der Schlussrunde wurde unser PEP-Museum mit einem Preis von 500 EURO und einem Scooter bedacht. Die Begründung der Jury:

Die Umsetzung des virtuellen und realen Museums ist in sich schlüssig. Das Webdesign ist übersichtlich und leicht navigierbar. Die Implementierung verschiedener Medien in der Website entspricht dem derzeitigen State of the Art im IT-Bereich. Erfreulich ist, dass dieses Projekt nicht nur für einen Wettbewerb konzipiert wurde, sondern von anderen Schulen angenommen wird, was die Besucherfrequenz zeigt. Das Engagement der Schülerinnen und Schüler, sich Sponsoren zu suchen, ein Logo zu entwickeln zeugt von einer hohen Identifikation. Dass die Vorschläge der Zwischenjury aufgegriffen wurden, ist eine erfreuliche Weiterentwicklung des Museums.

Zusammenfassung

Die Herausforderungen, die sich im Laufe der Projektentwicklung ergeben haben, lagen vor allem in der Entwicklung der sozialen Lernprozesse. Die vom herkömmlichen Unterricht abweichende Form der Zusammenarbeit zwischen Lehrern und Schülern im Team von Gleichberechtigten erforderte sowohl von den Schülerinnen und Schülern, aber auch in besonderer Weise von den Lehrern eine neue Einstellung zur Bewältigung von Problemen. Für die Schülerinnen und Schüler bestand diese wohl darin, völlig selbstständig Aufgaben kreativer und organisatorischer Art zu bewältigen. Für mich als Projektbetreuer bestand die größte Schwierigkeit darin, mein Vertrauen in die Arbeitsfähigkeit meines Teams zu entwickeln, vor allem im Bereich der Erstellung der Website, da ich persönlich nicht über ausreichende Kenntnisse diesbezüglich verfüge. Es war mir also nicht möglich, selbst den Arbeitsumfang und den dafür nötigen Zeitaufwand abzuschätzen, was meine Terminplanung natürlich erschwert hat.

Aber trotz oder gerade wegen dieser Schwierigkeiten sind wir, wie ich glaube, ein gut eingespieltes Team geworden. Die Freude am Museum ist ungebrochen und mündet im heurigen Schuljahr in der Erarbeitung neuer Objekte (vor allem zur partnerschaftlichen Erkundung von Sinneswahrnehmungen).

Homepage: http://www.museumonline.at/2000/muerzzuschlag/



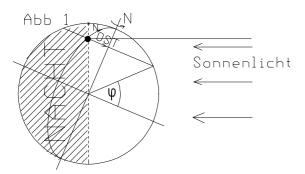
Wo geht die Sonne auf

Fritz Wernig

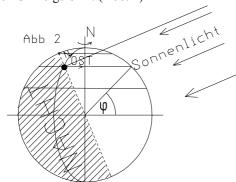
Sonnenaufgang am Tag der Sommersonnenwende

Wo geht die Sonne am Tag der Sommersonnenwende in einem beliebigen Ort der nördlichen Hemisphäre auf? Welche Winkel schließen die aufgehenden Sonnenstrahlen mit der Ostrichtung ein? Wie Abb. 1 zeigt, geht die Sonne nicht im Osten, sondern zwischen Ost und Nord auf. Der Winkel α hängt von der geografischen Breite φ des Ortes ab. Jedenfalls ist α für einen Ort am Äquator 23,5°, für einen Ort am nördl. Polarkreis 90° (Hier dauert die Nacht nur ein Augenblick, Sonnenaufund -untergang fallen zusammen, die Sonne steht im Norden.)

Denken wir uns Tangenten an die Breitenkreise gelegt. Diese Tangenten geben dem Beobachter die O-W-Richtung an. Es gilt also, den Winkel zwischen diesen Tangenten und dem einfallenden Lichtstrahl zu berechnen.



Zur leichteren Berechnung des Winkels α drehen wir die Abb. 1 um 23,5 Grad (das ist genau die Neigung der Erdachse) gegen den Uhrzeigersinn. (Abb. 2)



Dadurch ändert sich an der Größe des zu berechnenden Winkels α nichts.

Nun führen wir ein Koordinatensystem ein, bei dem die z-Achse senkrecht nach oben, die y-Achse nach rechts und die x-Achse normal auf die Zeichenebene (unser Blatt) steht. Koordinatenursprung und Erdmittelpunkt fallen zusammen.

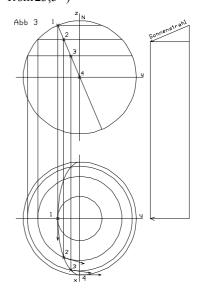
Betrachten wir die Erde nun von oben, aus der z-Richtung.

Wir projizieren die Breitenkreise und den Kreis der Tag-Nachtgrenze in die Ebene des Äquators (xy-Ebene). Es entstehen konzentrische Kreise (d.h. Kreise mit gemeinsamen Mit-

Mag. Fritz Wernig, Am Birkengrund 73, 9073 Viktring.

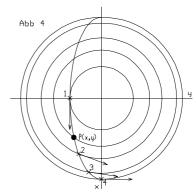
e-mail: wefritz@carinthia.com

telpunkt) und eine Ellipse. Große Halbachse = Erdradius R, kl. Halbachse = Radius des nördl. Polarkreises = $R\cos 66.5^{\circ} = R\sin 23.5^{\circ}$)



Die Breitenkreise, ihre Tangenten und somit auch deren Richtungsvektoren liegen in Ebenen parallel zur Äquatorebene. Sie erscheinen also in Abb. 3 unten in wahrer Größe.

Wir wollen nun den Winkel α zwischen dem Richtungsvektor und dem einfallenden Sonnenstrahl für einen (beliebigen) Punkt P(x,y) der Tag-Nachtgrenze berechnen. (Abb. 4)



Die Kreisgleichung des Breitenkreises für diesen Punkt lautet:

$$x^2 + y^2 = r^2$$
, wobei $r = R\cos\varphi$ ist. (Siehe Abb. 1)

Die Gleichung der Ellipse in 1. Hauptlage lautet:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \text{ oder } x^2b^2 + y^2a^2 = a^2b^2$$

wobei a = R und $b = R\cos 66.5^{\circ} = R\sin 23.5^{\circ}$ (für den nördl. Polarkreis ist $\varphi = 66.5^{\circ}$)

Schneidet man die beiden Kurven, so muß man z.B. das y² der Ellipsengleichung durch jenes der Kreisgleichung ersetzen.

 $x^{2}b^{2} + (r^{2} - x^{2})a^{2} = a^{2}b^{2}$ oder, wenn man a, b und r er-

$$x^2R^2\sin 23.5^\circ + (R^2\cos^2\varphi - x^2)R^2 = R^2R^2\sin^2 23.5^\circ$$

Dividiert man durch R^2 , so bleibt:

$$x^2 \sin 23.5^\circ + R^2 \cos^2 \varphi - x^2 = R^2 \sin^2 23.5^\circ$$

Daraus ist nun x zu berechnen:

$$x^{2}(\sin^{2}23.5^{\circ}-1) = R^{2}(\sin^{2}23.5^{\circ}-\cos^{2}\varphi)$$

16 PLUS LUCIS 1/2001 Aus der Praxis Da für jeden beliebigen Winkel δ die Gleichung

$$\sin^2 \delta + \cos^2 \delta = 1$$
 gilt, erhalten wir:

$$-x^2\cos^2 23.5^\circ = R^2(\sin^2 23.5^\circ - \cos^2 \varphi)$$

Dividieren wir nun die Gleichung durch $-\cos^2 23,5^\circ$, und ziehen anschließend die Wurzel, so erhalten wir:

$$x = \pm R \sqrt{\frac{\cos^2 \varphi}{\cos^2 23.5^{\circ}} - \tan^2 23.5^{\circ}}$$
 (1)

Die Lage unseres Punktes *P* in Abb 4 zeigt, dass die *x*-Koordinate positiv ist.

Nun berechnen wir die Steigung der Tangente (an den Breitenkreis) im Punkt *P.*

Wegen $x^2 + y^2 = r^2$ gilt:

$$v = \pm \sqrt{r^2 - x^2}$$

Nach Abb. 4 ist y negativ. Die erste Ableitung, also die Steigung k ist daher:

$$y' = k = \frac{x}{\sqrt{r^2 - x^2}}$$

Setzen wir in diese Formel die oben berechnete *x*-Koordinate (1) ein, erhalten wir für

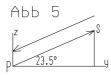
$$k = R \sqrt{\frac{\frac{\cos^2 \varphi}{\cos^2 23.5^{\circ}} - \tan^2 23.5^{\circ}}{R^2 \cos^2 \varphi + R^2 \left(\frac{\cos^2 \varphi}{\cos^2 23.5^{\circ}} - \tan^2 23.5^{\circ}\right)}}$$
 (2)

Das gibt vereinfacht:

$$k = \frac{\sqrt{\cos^2 \varphi - \sin^2 23.5^\circ}}{\sin \varphi \sin 23.5^\circ}$$

Der Richtungsvektor der Tangente für unseren beliebig gewählten Punkt P bei Sonnenaufgang liegt in der xy-Ebene und lautet nun: $\mathbf{t} = (1, k, 0)$.

Der Vektor vom Punkt P zur Sonne (entgegen dem einfallenden Sonnenstrahl) hat die Koordinaten: **PS** = $(0, \cos 23,5^{\circ}, \sin 23,5^{\circ})$, wie Abb. 5 zeigt.



Der Winkel, den diese beiden Vektoren einschließen, unser gesuchter Winkel α , läßt sich aus (3) berechnen:

$$\cos\alpha = \frac{1}{t} \overrightarrow{PS} / |\overrightarrow{tPS}| = k \cos 23.5^{\circ} / \sqrt{1 + k^2}$$
 (3)

Nun kann zu jeder geographischen Breite φ die Steigung k, und mit diesem k der Winkel α berechnet werden.

Für Klagenfurt ergibt sich der Sonnenaufgang in Richtung = O 35° N.

In der folgenden Tabelle sind für einige ausgewählte ϕ die zugehörigen Winkel α angegeben.

ϕ°	-	1	10				46				66. 5
α°	23,5	23,504	23,9	25,1	27,4	31,4	35	38,3	52,9	78,6	90

Damit wäre unsere eingangs gestellte Frage nach der Richtung des Sonnenaufgangs, beantwortet.

Der längste Tag im Jahr

Der untere Teil in Abb. 3 (Ansicht der Erde von oben) ermöglicht uns nun noch, die Tageslänge für jeden beliebigen Ort am Tag der Sommersonnenwende zu berechnen. Es ist dies der längste Tag des Jahres an diesem Ort.

Die Ellipse der Tag-Nachtgrenze teilt die Breitenkreise in zwei ungleich große Teile. Der kleinere Teil zeigt uns den Weg eines Ortes (z.B. Punkt 2) in der Nacht, während der größere Teil am Tag durchlaufen wird. Wielange befindet sich nun ein Ort auf der Tagseite?

Die Länge des Kreisumfanges wird sich zur Tagesbogenlänge so verhalten wie 24 Stunden zur Länge des Tages. Statt des Kreisumfanges bzw. der Tagesbogenlänge können wir auch die zugehörigen Zentriwinkel verwenden. Wir wollen aus dieser Beziehung die Tageslänge berechnen.

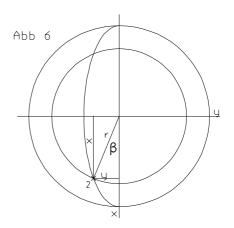
Die x-Koordinate des Punktes 2 haben wir bereits berechnet (siehe (1)).

Die zugehörige y-Koordinate ergibt sich, indem man den x-Wert in die Kreisgleichung

$$x^2 + y^2 = r^2 = R^2 \cos^2 \varphi$$
 einsetzt.

Daraus ergibt sich für y nach etwas längerer Rechnung der Ausdruck:

$$y = R \tan 23.5^{\circ} \sin \varphi$$



Berechnen wir nun aus der Abb. 6 den sin \u00e4.

$$\sin \beta = \frac{y}{r} = \frac{R \tan 23.5^{\circ} \sin \varphi}{R \cos \varphi} = \tan 23.5^{\circ} \tan \varphi$$

Darin ist ϕ wie immer die geographische Breite des betrachteten Ortes.

Für die Stadt Klagenfurt (φ≅46°) ergibt sich α zu 26,76°.

$$2\alpha + 180 = 233,52^{\circ}$$
.

Nun gilt: $360^{\circ}/233,52^{\circ} = 24h/Tageslänge$.

Die gesuchte Tageslänge ergibt sich daraus für Klagenfurt zu 15,57 Stunden.

Entsprechend kann die Berechnung für jeden beliebigen Punkt der nördlichen Hemisphäre berechnet werden, wenn man nur seine geogr. Breite φ kennt.

Sonnenaufgang und Globus

Helmut Kühnelt

Die mathematische Ableitung [1], dass die Sonne in der Regel nicht im Osten aufgeht im Widerspruch zum Merksätzchen aus der Volksschule, ist für Teilnehmer am Wahlpflichtfach nachvollziehbar, aber für sich allein etwas unanschaulich. Diverse Computerprogramme wie etwa Redshift [2] liefern die exakten Ergebnisse für jeden beliebigen Ort und Tag, doch bleibt dabei die Rechnung ebenso im Dunkel wie die geometrischen Verhältnisse. Mittels eines Globus lässt sich die Anschauung gewaltig unterstützen.



Abb. 1: Zur Tag- und Nachtgleiche geht die Sonne für alle geografischen Breiten im Osten auf.

Abb. 1 zeigt einen Globus zur Tag- und Nachtgleiche. Die Grenze zwischen Tag und Nacht verläuft entlang eines Meridians von Pol zu Pol. Befestigen wir an einem Ort beliebiger geographischer Breite auf diesem Meridian eine Kompassrose, so stellt diese eine Tangentialebene dar. Die Nord-Süd-Richtung fällt mit dem Meridian zusammen. Das Licht der Sonne fällt streifend aus einer Richtung ein, die auch lokal senkrecht zum Meridian ist, also bei Sonnenaufgang genau aus Osten.

Abb. 2 zeigt die Situation zur Sommersonnenwende. Die Tag-Nacht-Grenze verläuft von einem Punkt am nördlichen Polarkreis zu einem Gegenpunkt am südlichen Polarkreis, sie ist zwar ein Großkreis, aber kein Meridian. Legen wir nun an ihr die Kompassrose auf einen Punkt am Äquator, so sehen wir unmittelbar wegen der Neigung der Erdachse um 23,5 Grad, dass dort die Sonne um diesen Winkel nördlich von der Ostrichtung aufgeht, also fast in ONO-Richtung. Wandern wir entlang der Tag-Nacht-Grenze nach Norden, so müssen wir die Kompassrose nicht nur kippen, damit sie eine Tangentialebene bleibt - diese Drehachse ist die Richtung zur Sonne -, sondern auch im Uhrzeigersinn drehen, damit die Nordrichtung stimmt. Damit wandert aber die Richtung zur aufgehen-



Abb. 2: Zur Sommersonnenwende geht die Sonne am Äquator in 23,5° von der O-Richtung (etwa ONO-Richtung) auf.

den Sonne vom mitwandernden Beobachter aus betrachtet nach Norden, um am Polarkreis genau die Nordrichtung zu werden (Abb. 3). Dabei lässt sich ablesen, was jedem Frühaufsteher bekannt ist, dass zu Sommerbeginn in unseren Breiten ungefähr in NO aufgeht und in NW untergeht.

An der Bogenlänge des besonnten Teils des Breitenkreises lässt sich bequem die Tageslänge ablesen. Für manche mag es überraschend sein zu erkennen, dass am Äquator die Tageslänge unabhängig von der Jahreszeit ist.

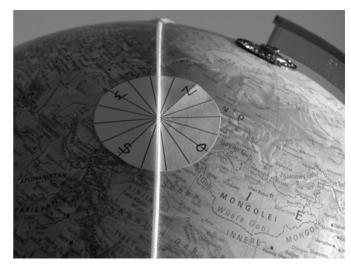


Abb. 3: Situation zur Sommersonnenwende: Je höher die geografische Breite, desto größer wird der Winkel zwischen der Tag- und Nachtgrenze und der N-Richtung, und damit wandert auch der Sonnenaufgang nach Norden.

18 PLUS LUCIS 1/2001 Aus der Praxis

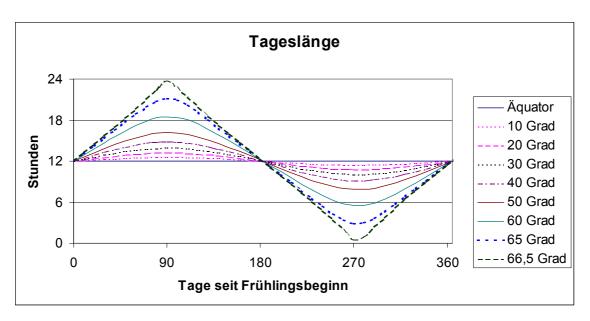


Abb. 4: Tageslänge für verschiedene geografische Breiten im Jahreslauf

Ein Globus sollte also in jeder physikalischen Sammlung vorhanden sein - was bei den heutigen niedrigen Preisen [3] auch leicht möglich ist.

Der mathematische Ausdrück für die Tageslänge für beliebige geografische Breiten und beliebige Tage im Jahr lässt sich als

Tageslänge (in h) = $24/\pi$ arccos(tan ϕ tan γ), mit sin γ = - sin ε sin ψ .

(Auswertung mittels Excel ergibt Abb. 4)

- [1] Fritz Wernig, *Wo geht die Sonne auf*, PLUS LUCIS 2/2001, vorangehender Beitrag
- [2] *Redshift*, Multimedia Astronomy, Maris London 1994; *Homeplanet* liefert eine eindrucksvolle Animation der Besonnung der Erde; das Programm ist als Freeware erhältlich: http://www.fourmilab.ch/homeplanet/homeplanet.html
- [3] Der abgebildete Globus kostete zu Weihnachten 2000 bei Libro unter ATS 300. Statt des Globus lässt sich auch ein Basketball verwenden.



Screenshot von Homeplanet [2]: Besonnung der Erde am 21. Juni um 12 Uhr MEZ

Der Bumerang - ein fächerübergreifendes Projekt

Harald Wiltsche

Einleitung

War einmal ein Bumerang; War ein Weniges zu lang. Bumerang flog ein Stück, Aber kam nicht mehr zurück. Publikum - noch stundenlang -Wartete auf Bumerang.

Joachim Ringelnatz (1883-1934)

Wer ist nicht fasziniert von diesen zurückkehrenden - oder auch nicht zurückkehrenden - Flugobjekten. Diese Faszination im Unterricht zu nutzen, vielleicht in Form eines fächerübergreifenden Projektes, dazu sollte dieser Artikel Anregung, Motivation, Anstoß sein.

Wie weit man dabei nach physikalisch korrekten, anschaulichen Erklärungen sucht oder das Handeln, das Basteln und Bauen des Bumerangs in den Vordergrund stellt, hängt dann wohl auch davon ab, in welcher Altersgruppe und Schulform man dieses Vorhaben schließlich realisieren möchte. Im Folgenden wird versucht, auf beide Aspekte einzugehen. Die physikalischen Erklärungen sollten bei aller notwendigen Vereinfachung und einem Verzicht auf quantitative Einzelheiten die wesentlichen Merkmale des Bumerang-Flugs behandeln.

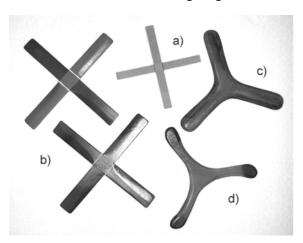


Abb. 1: a) Bürobumerang, b) Zimmerbumerang, c) Winkler-Bumerang, d) "Carlota"

Die Auswahl der beschriebenen Modelle basiert auf praktischen Erfahrungen, die im Rahmen einer fächerübergreifenden Lehrveranstaltung an der Pädagogischen Akademie in Klagenfurt mit Studierenden der Fächer Physik/Chemie und Technisches Werken gewonnen wurden. Und in Anknüpfung an Ringelnatz, und ohne zu viel versprechen zu wollen - sie kamen zurück, alle!

Physikalische Grundlagen

Beobachtet und analysiert man die Wurftechnik und die Flugbahn eines funktionierenden, zurückkehrenden Bumerangs, so sind deren wesentliche Merkmale eine nahezu vertikale Lage beim Abwurf, das Beschreiben einer annähernd kreisförmigen Bahnkurve (bei Rechtshändern gegen den Uhrzeigersinn) und ein Flachlegen des Bumerangs gegen Ende der Flugphase. (Genaueres über die Wurftechnik z.B. unter [1] und [2])

Will man dieses Flugverhalten begründen, so gelingt dies bei entsprechender Idealisierung und Vereinfachung mit Hilfe einer Zentripetalkraft, die den Bumerang auf eine Kreisbahn zwingt, einem Drehmoment, welches die Rotationsebene des Bumerangs um eine senkrechte Achse dreht und einem weiteren Drehmoment, welches das Flachlegen des Bumerangs bewirkt

Um die Ursache dieser äußeren Kräfte und Momente zu finden ist es notwendig, sich ein wenig mit der Bewegung eines Kreisels und der Aerodynamik am Tragflügel zu befassen.

Der Bumerang als Kreisel

Der Bumerang ist ein unsymmetrischer Kreisel, da im allgemeinen die Hauptträgheitsmomente verschieden sind. Rotiert der Bumerang um seinen Schwerpunkt, so wird dadurch eine Ebene, die Rotationsebene, definiert. Würden nun keine äußeren Kräfte auf den Kreisel wirken, so ergäbe sich aus der Erhaltung des Drehimpulses eine Konstanz der Richtung der Drehachse bzw. des Vektors der Winkelgeschwindigkeit $\vec{\omega}$.

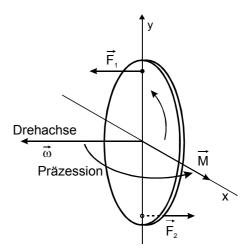


Abb. 2: Präzession eines Kreisels, hervorgerufen durch ein äußeres Moment

Wie später genauer erläutert wird, wirkt aber durch verschieden große Auftriebskräfte auf die rotierende Scheibe ein äußeres Moment in Form eines Kräftepaares (\vec{F}_1, \vec{F}_2) mit $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$, welches versucht, den Kreisel um die x-Achse zu kippen. Aus den Eigenschaften eines rotierenden Kreisels weiß man jedoch, dass es in diesem Fall zu einer Präzession kommt, d.h. der Kreisel kippt nicht um die x-Achse, sondern reagiert auf das äußere Moment \vec{M} durch eine Richtungsänderung der Drehachse (des Drehimpulsvektors).

Prof. Mag. Harald Wiltsche, Pädagogische Akademie des Bundes, Klagenfurt

20 PLUS LUCIS 1/2001 Aus der Praxis

Die Drehachse wird dabei in Richtung des äußeren Momentes \overrightarrow{M} (in der Abbildung in Richtung der positiven x-Achse) abgelenkt. Aus einem kontinuierlichem Einwirken des Kräftepaares resultiert daher eine Drehung der Rotationsebene des Kreisels um die vertikale Achse (y-Achse). (Genaueres z.B. in [3])

Der Bumerang als Tragflügel

Allen Bumerangs gemeinsam ist ein an der Stirnkante abgerundetes, zur scharfen Hinterkante abfallendes Tragflügelprofil mit flacher Unterseite (eine Ausnahme bildet der hinten beschriebene "Bürobumerang" aus Karton).

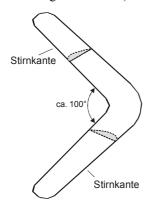


Abb. 3: zweiflügeliger Bumerang für Rechtshänder

Um das Zustandekommen der Zentripetalkraft und des zur Präzession notwendigen Kräftepaares erklären zu können ist es notwendig, die Geschwindigkeitsverteilung an der Stirnkante des Bumerangs bei der Drehung um seinen Schwerpunkt zu analysieren.

Wird ein Bumerang geworfen, so bewegt er sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit, der Translationsgeschwindigkeit v_t geradeaus. Diese Geschwindigkeitskomponente ist in allen Punkten des überstrichenen Kreises gleich groß und gleich gerichtet (ihre Verringerung gegen Ende der Flugphase hat keinen Einfluss auf die Erklärung der auftretenden Kräfte).

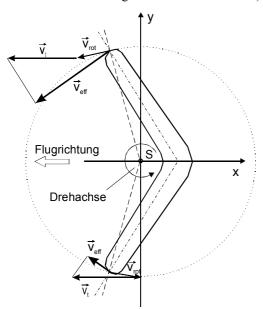


Abb. 4: Zusammensetzung der Geschwindigkeiten.

Zur Translationsgeschwindigkeit kommt die von der Kreisfrequenz ω (die der Einfachheit halber als konstant angenommen wird) abhängige, tangential gerichtete Rotationsgeschwindigkeit v_{rot} . Die Resultierende dieser beiden Geschwindigkeiten, bzw. deren senkrecht zur Stirnkante orientierte Komponente v_{eff} ist nun maßgeblich für den Betrag der in Richtung der gewölbten Oberseite des Bumerangs wirkenden Auftriebskraft.

Zwischen der Auftriebskraft F_A und der Effektivgeschwindigkeit gilt ein quadratischer Zusammenhang der Form

$$F_A = k \cdot v_{eff}^2 \quad (1)$$

wobei der Proportionalitätsfaktor k von geometrischen Eigenschaften des Flügels, von der Dichte der Luft und der Art der Strömung (laminar oder turbulent) abhängt.

Wie aus Abb. 3 zu erkennen, ist $v_{\it eff}$ für einen senkrecht nach oben gerichteten Bumerang-Flügel am größten und erreicht den kleinsten Wert, wenn der Flügel senkrecht nach unten zeigt. Aus Beziehung (1) folgt, dass sich aus der Geschwindigkeitsverteilung am Kreis direkt die Verteilung der Auftriebskraft ergibt.

Um diese genauer zu analysieren, kann man die Effektivgeschwindigkeit in einem Punkt an der Bumerangoberfläche während einer Umdrehung des Bumerangs um die Rotationsachse verfolgen.

Eine etwas einfachere Überlegung mit gleicher Schlussfolgerung ergibt sich aus der Betrachtung des vierflügeligen "Zimmerbumerangs". Dazu stellt man sich Abb. 5 als Momentaufnahme des rotierenden Bumerangs vor. Aus den Effektivgeschwindigkeiten an den Flügeln ergeben sich die senkrecht zur Oberfläche gerichteten Auftriebskräfte.

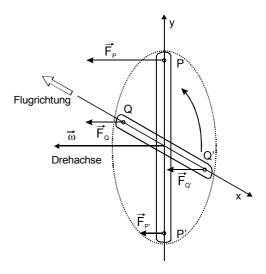


Abb. 5: Kräfteverteilung beim vierflügeligen Bumerang

In Entsprechung zu den Geschwindigkeiten ist der Auftrieb höchsten Punkt P am größten, im tiefsten Punkt P' am kleinsten. Einen mittleren und (unter Vernachlässigung der Luftverwirbelung) jeweils gleich großen Wert besitzt die Kraft in den Punkten Q und Q'. Während diese beiden mittleren, in den Punkten Q und Q' wirkenden Kräfte wohl einen Auftrieb erzeugen, aber keinen Beitrag zum Kippmoment liefern, folgt die Existenz eines Kräftepaares recht schlüssig aus einer etwas

anderen Darstellung der Kräfte im obersten und untersten Punkt des Kreises.

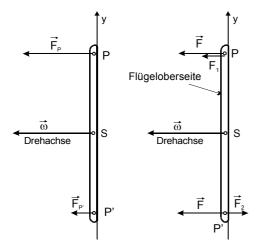


Abb. 6: Zerlegung der Auftriebskraft in in einen verschiebenden Anteil \vec{F} und in ein Kräftepaar (\vec{F}_1, \vec{F}_2)

Man zerlegt die Kräfte in den Punkten P und P' in eine oben und unten gleich große Komponente \vec{F} und in ein Kräftepaar (\vec{F}_1, \vec{F}_2) . Mit der zur momentanen Richtung der Translationsgeschwindigkeit senkrecht gerichteten Auftriebskraft \vec{F} hat man nun die eingangs geforderte Zentripetalkraft gefunden. Das Kräftepaar (\vec{F}_1, \vec{F}_2) erzeugt das zur Präzession der Rotationsebene um die y-Achse notwendige äußere Moment. Mit dem Zusammenwirken dieser beiden Größen, der Zentripetalkraft und dem Kippmoment, wären somit die Voraussetzungen zum Beschreiben der beobachteten Kreisbahn (in diesem Fall gegen den Uhrzeigersinn) gegeben.

Komplizierter wird es, wenn man das Flachlegen des Bumerangs, das Drehen der Rotationsebene in eine waagrechte Lage, physikalisch deuten möchte. Bei der Begründung der Kreisbahn wurden die Auftriebskräfte in den Punkten Q und Q' vereinfachend als gleich groß angenommen. Aus der Symmetrie der Geschwindigkeitsverteilung (bezüglich der vertikalen Achse durch den Schwerpunkt) wurde auch eine Symmetrie der Kräfteverteilung im vorderen und hinteren Halbkreis angenommen. Dies wäre nach Gleichung (1) zwar zu erwarten, würde jedoch einen konstanten Wert des Auftriebsfaktors k über die gesamte Kreisfläche voraussetzen. Diese Voraussetzung gilt aber aus dem Grund nicht, weil der rechte, nacheilende Flügel in eine vom vorauseilenden Flügel erzeugte turbulente Strömung eintaucht.

Dies hat zur Folge, dass *k* und somit die Auftriebskraft im linken Halbkreis, d. h. vor dem Drehpunkt größer ist als im rechten Halbkreis bzw. hinter dem Drehpunkt. Korrigiert man die Kräfteverteilung in Abb. 5 nach diesem zusätzlichen Gesichtspunkt und berücksichtigt die verschieden großen Kräfte in den Punkten Q und Q', so erkennt man, dass analog zum Kräftepaar in den Punkten P und P' auch ein senkrecht dazu gerichtetes Kräftepaar in den Punkten Q und Q' existiert. Dieses führt zu einem Moment, das den Kreisel um die y-Achse zu drehen versucht. Da sich die Drehachse eines rotierenden Kreisels in Richtung eines äußeren Momentes ausrichtet (das Moment besitzt die Richtung der positiven y-Achse), führt dieser Effekt daher zu einem allmählichen Kippen und Flachlegen des Bumerangs. (siehe auch [2] und [4])

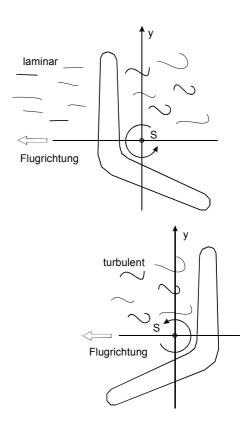


Abb. 7: Verwirbelung der Luft durch den vorauseilenden Bumerangflügel

Bumerangmodelle

Nun zum praktischen Teil! Was hätte man von all der Theorie, wenn man sie nicht beim Bau verschiedener Modelle praktisch umsetzen würde, um die Physik und die Faszination, die hinter diesen Flugobjekten steckt, zu erleben - um sich freuen zu können, ein Erfolgserlebnis zu verspüren, wenn sie tatsächlich zurückkommen.

Auf der Suche nach einer geeigneten Bauform macht man bald die Erfahrung, dass ein Bumerang nicht unbedingt so aussehen muss, wie das klassische Modell in Abb. 3. Es gibt sie in allen möglichen Formen, Gestalten und auch in vielfältigen Materialien. Die hier präsentierten Vorschläge wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt: sie sind einfach, schnell und billig herzustellen, relativ ungefährlich (von einem Balsaholz-Bumerang getroffen zu werden ist um vieles weniger schmerzhaft, als hätte man Birkensperrholz verwendet) und das Wichtigste: sie kommen zurück, auch bei ungeübten Werfern und bei nicht ganz exakter Bauausführung.

Auch wenn Bumerangs i.a. in ihrem Flugverhalten relativ empfindlich auf Ungenauigkeiten und Abweichungen vom geforderten Profil reagieren - bei den im Folgenden beschriebenen Modellen kann man nicht viel falsch machen. So lange sie vorne rund und hinten flach und scharf sind, fliegen sie.

Ein paar Gedanken zu Material und Verarbeitung:

Pappelsperrholz ist zwar weicher als das für den Bumerangbau üblicherweise verwendete finnische 10-fach verleimte Birkensperrholz, kann aber wesentlich leichter bearbeitet werden.

Zum Aufzeichnen der Umrissform auf das Holz kann man ein Durchschlagpapier verwenden oder eine Schablone aus Karton anfertigen. Bei zweiarmigen Bumerangs ist darauf zu ach-

22 PLUS LUCIS 1/2001 Aus der Praxis

ten, dass die Holzmaserung möglichst entlang der gestreckten Seite verläuft. Zum Sägen verwendet man eine Laub- oder Dekupiersäge.

Der Verlauf des Tragflügelprofils (der Beginn der Abflachung) sollte durch Hilfslinien auf das Holz gezeichnet werden. Zum Abtragen des Materials kann eine Raspel und verschieden feines Schleifpapier verwendet werden. Als recht hilfreich erweist sich auch eine elektrische Fingerschleifmaschine. Damit ist es in kurzer Zeit mit etwas Gefühl möglich, das gewünschte Tragflügelprofil zu erzielen. Den gleichmäßigen Verlauf des Profils kann man leicht an den wie Höhenschichtlinien wirkenden Sperrholzschichten kontrollieren.

Nicht nur aus optischen Gründen, auch als Schutz gegen das Eindringen von Feuchtigkeit und gegen Beschädigungen ist es sinnvoll, den fertig geschliffenen Bumerang zu lackieren. Geeignet sind Schulmalfarben mit einem abschließenden Klarlack-Anstrich oder (schneller und einfacher) Sprühlack aus der Dose. (siehe auch [4])

Der "Bürobumerang"

Dieses Modell stellt in mehrerlei Hinsicht eine Ausnahme dar. Es besitzt kein Tragflächenprofil (was die Erklärung der Funktionsweise nicht unbedingt erleichtert) und wird nicht aus Holz, sondern aus Karton gebaut.

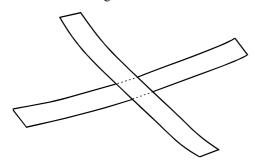


Abb. 6: "Bürobumerang" aus Karton

Wichtig ist die Beschaffenheit des Kartons; er sollte nicht zu dick sein, trotzdem stabil und einigermaßen elastisch. Als geeignet, auch von den Abmessungen, haben sich dabei Flügelmappen erwiesen, von denen man die Laschen und den gewellten Mittelteil entfernt. Der Karton wird danach in Streifen von ca. 2,0 - 2,2 cm Breite und ca. 22 - 23 cm Länge zerschnitten. Je zwei Streifen werden über Kreuz mit einem Gummiringerl (Durchmesser ca. 20 mm) verbunden. Wichtig für das Funktionieren dieses Bumerangs ist es, dass seine Flügel nicht vollkommen flach sind, sondern, indem man sie zwischen Daumen und Zeigefinger durchstreicht, leicht nach innen, zum Zentrum der gedachten Kreisbahn gewölbt sind. Er wird fast senkrecht, d.h. mit sehr kleinem Abwurfwinkel (das ist der Winkel zwischen der gedachten Rotationsebene des Bumerangs und dem Lot) geworfen und beschreibt einen Kreis mit einem Durchmesser von ca. 3 bis 5 Meter. Mit etwas Übung kehrt er sicher zurück und kann leicht wieder gefangen werden.

Der "Zimmerbumerang"

Auch dieser vierflügelige Bumerang zeichnet sich dadurch aus, dass er sehr einfach und schnell zu bauen ist und erstaunlich gute Flugeigenschaften aufweist. Er kann in größeren Räumen (z.B. im Turnsaal) oder im Freien geworfen werden. Auf Grund des geringen Gewichtes ist er im Freien jedoch

sehr windanfällig und funktioniert nur bei Windstille wirklich gut.

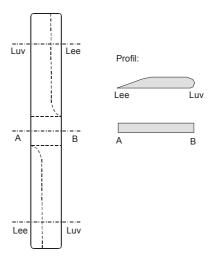


Abb. 7: "Zimmerbumerang"

Als Material verwendet man Balsaholz in einer Stärke von 4 bis 5 mm. Mit einem Papiermesser werden daraus Leisten mit einer Breite von 3,5 bis 4,2 cm und einer Länge von ca. 30 cm geschnitten. Das Tragflügelprofil lässt sich gut mit Schleifpapier (mittel und fein) herausarbeiten. Durch eine anschließende Lackierung wird das weiche Holz etwas unempfindlicher gegen Beschädigung. Die beiden Teile werden mit Gummibändern (zwei Stück verleihen etwas mehr Stabilität) kreuzweise zusammengehalten. Der Abwurf erfolgt wie beim Kartonbumerang mit relativ kleinem Abwurfwinkel. Der Bumerang beschreibt einen Kreis mit einem Durchmesser bis zu ca. 8 - 10 m und erreicht eine Flughöhe von ca. 3 m.

"Winkler - Bumerang"

Dieses Modell hat seinen Namen nach der Bezugsquelle (www.winklerschulbedarf.com). Zu einem Preis von nur 17,-Schilling (Katalogpreis 2000/01, Best.Nr. 5192) erhält man eine Pappelsperrholzplatte im Maß 30 x 26 x 0,6 cm und eine Bauanleitung für einen dreiflügeligen Bumerang. Er ist zwar etwas komplizierter zu fertigen als die beiden zuvor beschriebenen Modelle, besitzt aber sehr gute Flugeigenschaften. Auf Grund des größeren Gewichts beschreibt er eine größere Flugbahn und kann nur im Freien geworfen werden.

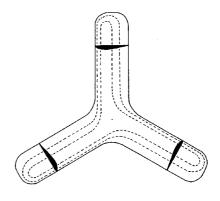


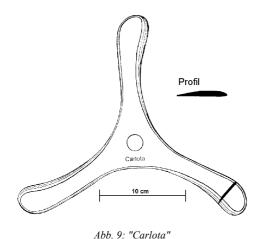
Abb. 8: "Winkler - Bumerang"

"Carlota"

Dieser Bumerang ist ein Modell aus der großen Vielfalt, die man über das Internet finden kann. Siehe http://www.redi-boom.com/bauplane/carlota.html; weitere Links z.B. unter [5]

und [6]. In den meisten Fällen ist es dabei möglich, Grafiken direkt zu übernehmen und abzuspeichern. Manchmal findet man den Bauplan auch als eigene Datei zum Downloaden. Da meistens eine Bezugsgröße angegeben wird, ist es nach ein paar Probeausdrucken leicht möglich, eine Schablone in der gewünschten Größe zu erhalten.

Als Material kann Pappel- oder Birkensperrholz verwendet werden. Durch die filigrane Bauweise wäre in diesem Fall das Birkensperrholz die bruchsicherere Alternative. Das Profil sollte relativ sorgfältig bearbeitet werden, da dieser Bumerang recht empfindlich auf Abweichungen reagiert. Belohnt wird man dafür durch einen sehr weiten Flug auch bei stärkerem Wind



Literatur

- [1] Hartmann T.: Bumerangs bauen, werfen, fangen. Englisch Verlag Wiesbaden 1990
- [2] Internet: http://www.bumerangs.de/bw-archiv/87/87302.htm
- [3] Tipler P. A.: *Physik*. Spektrum Akad. Verl. Heidelberg-Berlin-Oxford 1994
- [4] Schlichting H.J., Rodewald B.: Der Bumerang, ein Spielzeug mit verblüffenden Flugeigenschaften. PdN-Ph 35 (1986)
- [5] Internet: http://www.rediboom.com/bauplane/index.html
- [6] Internet: http://www.multimania.com/hoplabc/carton.htm

Wurfanleitung für Rechtshänder

Achtung Linkshänder! Bitte führen Sie alle Anweisungen spiegelverkehrt aus, d.h. tauschen Sie die Begriffe "rechts" und "links" gegeneinander aus!

Sicherheitsregeln

Bumerangs sind keine Waffen, sondern moderne Sportgeräte. Sie sollen Spaß machen, aber auch ernstgenommen werden. Dessen ungeachtet sollten Sie einige selbstverständliche Sicherheitsregeln beachten:

Nur auf ausreichend großen Flächen werfen!

Nicht in der Nähe von Unbeteiligten werfen!

Nie bei zu starkem Wind werfen!

Bei mehreren Werfern: immer nur ein Bumerang in der Luft!

Wurfhinweise

Sie haben also nun einen Bumerang und eine Wurfanleitung in der Hand. Jetzt wollen Sie werfen und sehen, wie Ihr Bumerang brav in Ihre Hand zurückkehrt. Oder? Seien Sie beruhigt, wenn Sie die vorliegenden Tips genau beachten, werden Sie dieses Erlebnis haben. Immer und immer wieder!!

Nehmen Sie den Bumerang so in die rechte Hand, daß die flache Unterseite des Bumerangs in ihrer Handfläche ruht.

Der Bumerang muß, einem Bleistift gleich, mit Daumen, Zeige- und Mittelfinger gehalten werden.

Der Neigungswinkel des Bumerangs ist von großer Bedeutung für den Bumerang-Wurf: Werfen Sie den Bumerang nie waagerecht, sondern senkrecht oder nur leicht schräg! Achten Sie darauf, daß der Bumerang beim Ausholen immer über die Schulter geführt wird und nicht etwa seitlich an der Schulter vorbei!

Der Horizontwinkel ist der Winkel, der die Wurfhöhe angibt. Er beträgt meist 5-15 Grad:

Werfen Sie also fast parallel zum Boden, keinesfalls weit nach oben! Wenn Sie zu tief werfen, wird Ihr Bumerang den Boden berühren. Werfen Sie zu hoch, wird sich der Bumerang nicht stabilisieren können und zu Boden stürzen.

Meistens liegt der Windwinkel zwischen 35 und 55 Grad, variiert aber je nach Windstärke erheblich. Prüfen Sie die Windrichtung und Windstärke, indem Sie einige Grashalme in die Luft werfen. Ein Fixpunkt am Horizont, z.B. ein Baum, erleichtert als Zielhilfe die Einhaltung und Korrektur des Windwinkels.

Es gilt: Je windiger es ist, desto größer sollte der Windwinkel sein. Je windstiller, desto kleiner! Für Linkshänder gilt das ganze natürlich spiegelverkehrt.

Man wirft aus dem Stand. Dabei wirft aber der ganze Körper und nicht nur die Wurfhand.

Bevor der Bumerang Ihre Hand beim Abwurf verläßt, sollten Sie eine kleine Abknickbewegung des Handgelenkes durchführen.

Diese Bewegung verleiht dem Bumerang seine Drehung um den Schwerpunkt, den "Spin". Dieser Spin ist entscheidend für einen guten Bumerang-Flug, nicht die Kraft.

Nach einiger Zeit werden Sie sich an die Rückkehr Ihres Bumerangs so sehr gewöhnt haben, daß der Wunsch Ihn zu fangen aufkommen wird. Am Besten wird dies gelingen, wenn der Bumerang am Ende seiner Flugbahn waagerecht in der Luft liegt. Begeben Sie sich frühzeitig zu der erahnten Landestelle und fangen den Bumerang, indem Sie ihn zwischen beiden Händen einklatschen. Zu Ihrer eigenen Sicherheit empfehlen wir Fanghandschuhe und eventuell eine Schutzbrille.

Wichtig: Niemals herabstürzende Bumerangs fangen!

Quelle: http://www.rediboom.com

24 PLUS LUCIS 1/2001 Aus der Praxis

Schule und der Traum vom Fliegen

Klaus Strienz

1. Einführung

Als Pädagoge benutze ich an meiner Schule das große Grundinteresse unserer Schüler an der Luft- und Raumfahrt (L+R), um ihnen Spaß und Freude an der Schule zu vermitteln. Ganz nebenbei lernen sie, dass man Dinge, die im Unterricht "mühsam" - und manchmal leider ohne Sinnerkenntnis - erlernt wurden, in der Praxis tatsächlich gebrauchen kann! (Beispiel: Die Benutzung des Geodreiecks in der Modellbau-AG, Klassenstufe 6, Alter: etwa 11 Jahre). Sehr viele KollegInnen, die gezielt und sachkundig die entsprechenden Lerneinheiten aufbauen, berichten, dass Themen der L+R für Jugendliche motivierend sind.

Intention meines Vortrags ist es nicht, auf die didaktischen und pädagogischen Feinheiten der Erklärung des Auftriebs einzugehen. Ich verweise hier auf den letztjährigen Vortrag "Wie erklärt man das Fliegen in der Schule?" von Frau Rita Wodzinski aus München. Der Vortrag ist auf den Plus Lucis Seiten im Internet einsehbar und herunterladbar (http://PlusLucis.univie.ac.at).

Ich lege den Schwerpunkt auf die Vorstellung leicht erhältlicher Materialien und Literatur für den Unterrichtsalltag. Weiterhin gehe ich auf Projekte ein, die ich selbst mit Schülern durchgeführt habe. Zum Schluss wird dann Kollege Wolfgang Pietschmann, Gymnasium Alterlaa/Wien eines der leichtesten Flugzeuge der Welt hier im Hörsaal starten.

Als Einstieg bitte ich Sie um Aufmerksamkeit für den Kurzfilm "The Kid and the Kite", in dem meine und Ihre Funktion
im Leben unserer Schüler dargestellt wird. Der Film wurde
von der Deutschen Aerospace (DASA) für öffentliche Einsätze in Auftrag gegeben. Die Abspielzeit beträgt rd. 8 Minuten. Bei Gefallen können Sie den Kurzfilm beim ÖAeC kostenlos anfordern. Die DaimlerChryslerAerospace hat 200 Videokassetten zur Verfügung gestellt.

Kurze Inhaltsbeschreibung: Die ersten Szenen zeigen den Überflug eines Oldtimers, wie er von zwei jungen Schülern in einer phantastischen Küstenlandschaft beobachtet wird. Nach der Landung schleicht sich ein Junge in die alte Scheune, die als Hangar dient. Der verständnisvolle Pilot zeigt dem interessierten Jungen einige Grundlagen des Drachenbaus. Anschließend erfolgt in fast dramatischen Filmschnitten der Start des Drachens und der Start modernster Hightech-Flugobjekte (Verkehrsflugzeug, Rakete...). Die Schlussszene zeigt in einer phantasievollen Komposition Senior- und Juniorpilot am Strand auf dem Mond beim Drachenfliegen vor der aufgehenden Erde.

StD Klaus Strienz, Studiendirektor am Gymnasium Höchstadt a.d. Aisch (BRD) und Delegierter des Deutschen Aero Clubs bei der Federation Aeronautique Internationale / Lausanne / Aviation and Space Education Commission

email: strienz@t-online.de

Vortrag bei der 54. Fortbildungswoche 2000

Der Film kommt ohne ein gesprochenes Wort aus und wurde wiederholt auf internationalen Wettbewerben ausgezeichnet. (Laufzeit: 8 min 10 sec)

Ich will nun in einem kurzen Streifzug auf leicht zugängliche Quellen hinweisen, bei denen man kostenlos Unterrichtseinheiten bzw. sehr unterrichtsnahes Material abrufen kann.

2. Aerospace Education: USA, NASA und CAP

Da die USA wirtschaftlich die potenteste Macht in der Luftund Raumfahrt sind und daraus ökonomisch sowie politisch ganz erheblich profitieren, haben sie natürlich ein großes Interesse daran, dass dies auch in der Zukunft so sein wird. Folglich wurde ein äußerst professionell entwickeltes Betreuungssystem für Lehrer aufgebaut. Sie haben die Möglichkeit in sogenannten "Educator-Resource-Centers" (ERC) kostenlos jede Menge an Dias, Videos, PC-Software oder Unterrichtseinheiten zu kopieren. Die Educator-Resource-Centers befinden sich in größeren Städten der USA (NASA-Educator-Resource-Center: http://education.nasa.gov). Neben lokalen Finanziers steht die NASA mit ihrem überaus umfangreichen Bildungsangeboten dahinter. Bei einer USA-Reise ist der Besuch eines ERC unbedingt zu empfehlen.

Für Pädagogen sind auch die Internetseiten der NASA äußerst nützlich. Die NASA hat seit mehreren Jahren Verträge mit Universitäten, die Unterrichtsmaterial zum Thema Luft- und Raumfahrt für die oben erwähnten ERCs produzieren. Inzwischen sind sehr viele dieser Materialien im Internet frei zugänglich.

Besonders lehrreich sind die Homepages des "Aeronautics Learning Laboratory for Science, Technology and Research" (ALLSTAR) (www.allstar.fiu.edu). Das Verzeichnis der Unterrichtseinheiten ist sehr stark gegliedert und man kann äußerst zielgerichtet nach Lerninhalten, Fächern und Jahrgangsstufen auswählen.

Selbst einen virtuellen Windkanal mit der Softwarebezeichnung "foilsim" kann man zum Demonstrieren aerodynamischer Effekte nutzen. Ich gehe davon aus, dass in Österreich ebenso wie in Deutschland die wenigsten Schulen einen Windkanal besitzen. Eine Anschaffung ist nun aufgrund der frei herunterladbaren NASA-Software "foilsim" (John H. Glenn Research Center - Basic Aerodynamics Software - Adresse: www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/aerosim) etwas aufschiebbar. Das kleine Programm - etwa 1 MB Größe komprimiert - leistet schon Erstaunliches.

Mit dem einfach zu benutzenden Programm kann der Nutzer die Manipulation verschiedenster Faktoren, die den Auftrieb und Widerstand einer Tragflächenform beeinflussen, vornehmen. Man kann ebenso die aerodynamischen Effekte an einem Baseball studieren. Hierbei sind die Wirkungen des Magnus-Effekts bei verschiedenen Aufschlagwinkeln sehr gut demonstrierbar. Ein Transfer zu den in Europa gängigeren Sportarten

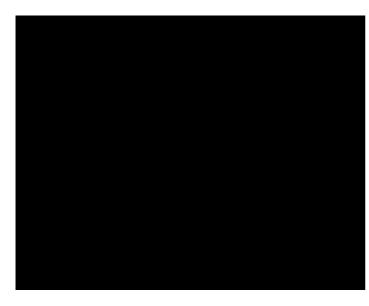


Abb. 1: Virtueller Windkanal der NASA: "foilsim"

wie Handball, Fußball oder Tischtennis ist ohne weiteres möglich (Aerodynamik und Sport!).

Zusätzlich sind in "foilsim" auch Unterrichtseinheiten zu folgenden Themen enthalten:

General Information about Aerodynamics What Factors Effect Lift? How Lift Changes? Flow Field Details The Lift Coefficient u.a.

Inzwischen ist die erweiterte Version 2.0 erschienen, die u.a. auch die weltweite Kommunikation mit Nutzern ermöglicht.

Neben den NASA-Lehrerhandreichungen ist für den luft- und raumfahrtinteressierten Pädagogen auch das Angebot der Civil Air Patrol (CAP) recht nützlich. Die CAP ist eine halbmilitärische Einrichtung, die von der US-Airforce betreut wird. Als US-Lehrer kann man für rd. 30.- US-Dollar Mitglied werden. Dafür erhält man im Laufe des Jahres didaktische Lehrbriefe und kann zu dem jährlich stattfindenden "National Congress on Aviation and Space Education" (NCASE) für eine Anerkennungsgebühr mit der Airforce-Fluggesellschaft fliegen egal wo man wohnt (Hawaii!) und wo der Kongress stattfindet. Ich hatte wiederholt als Gast-Referent an den Kongressen teilgenommen und bei den vielen Fachgesprächen mit den Kollegen sehr viele nützliche Anregungen bekommen. Als Europäer ist man bei diesen Lehrerfortbildungsmaßnahmen sehr willkommen. Mehrere umfangreiche "Lesson Plans", die die Präsentationen der US-Kollegen in schriftlicher Form enthalten, sind beim ÖAeC (Schul-Medienpaket) einsehbar.

3. Aviation and Space Instructional Materials der Federation Aeronautique Internationale (FAI)

Neben den "teacher aids", die die US-KollegInnen verwenden, kann ich auch die Lehrerhandreichungen der FAI/Lausanne sehr empfehlen. Die FAI ist der Weltluftsportverband und besteht seit dem Beginn der Fliegerei. Sie bildet die weltweite Plattform für die nationalen Luftsportverbände und führt u.a. das Weltrekordregister. Die Abteilung "Aviation and Space Education Commission" (CIEA) der FAI vereinigt interessierte Pädagogen und Ausbilder der Luft- und Raumfahrt.

In den letzten Jahren haben diese KollegInnen der FAI Unterrichtsmaterialien zur Verfügung gestellt, die sie als Broschüren (entleihbar beim ÖAeC) oder in digitaler Form im Internet weitergibt. Die Materialien sind sehr unterrichtsnah und können häufig ohne große Veränderungen für den eigenen Unterricht übernommen werden, wobei jedoch auf die Englischkenntnisse der Schüler Rücksicht genommen werden muss. Die umfangreiche Sammlung gliedert sich in vier Broschüren bzw. "Sections":

Section I: Hintergrundinformation für Lehrer und Jugendleiter

Section II: Unterrichtseinheiten und Arbeitsvorschläge

Section III: Arbeitsblätter und Erläuterungen

Section IV: Internetseiten und Informationsquellen.

KollegInnen, die sich intensiver mit Funktions- und Flugmodellen als Einführung in die Physik bzw. die Aerodynamik auseinandersetzen wollen, kann ich die "CIAM-Education Resource File" empfehlen. CIAM ist die Aeromodelling Commission der FAI. Die nicht nur für Werklehrer hochinteressanten Bau- und Konstruktionspläne aus aller Welt können bei Mike Colling (mike@skyhi.u-net.com) in England für insgesamt 10 Pfund als Loseblattsammlung bestellt werden.

4. Ideen für Projekte, Unterrichtsfächer und den Erstflug

Bei der Durchsicht der in den bisherigen Ausführungen genannten Unterrichtsmaterialien erhält der interessierte Lehrer sehr viele Anregungen, die auch in seiner individuellen Situation (Etat, Klassenstufe, Bildungsvoraussetzungen der Schüler usw.) zu schülermotivierenden Lernprozessen führen werden. Trotzdem noch einige fächerübergreifende Beispiele aus meiner Arbeit:



Abb. 2: Folienvorlage aus der Broschüre UHU-didacta: Vogelflug (ÖAeC-Schul-Medienpaket)

26 PLUS LUCIS 1/2001 Aus der Praxis

Für den Englischunterricht empfehle ich die Einladung eines Fluglotsen, der mit den Schülern das Fluglotsenenglisch übt und ganz "nebenbei" sicher die lebensnotwendige Bedeutung einer klaren Aussprache begründen kann.

In Biologie liegen der Vogelflug und seines "Geheimnisse" als "Forschungsgegenstand" für Schüler nahe. Zur Unterstützung kann die Publikation UHU-didacta (Herausgeber: UHU-Schulservice/Vogelflug, Hans-Günther Ruhland: *Warum können Vögel so gut fliegen?* Bühl-Baden, 1983, im ÖAeC - Medienpaket enthalten) mit Arbeitsblättern und Folienvorlagen sehr gut eingesetzt werden; ebenso der Unterrichtsfilm "Flug in der Natur", hrsg. vom Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht, München, 1984. Er enthält viele außerordentlich einprägsame Filmsequenzen, die als Impuls für Unterrichtseinheiten dienen können.

Etwas schwieriger zu bauen, dafür aber umso beeindruckender sind die Flugmodelle aus Taubenfedern des fränkischen Künstlers Hermann Holzhauser. Sie sind ein Lehrbeispiel für das Zusammenwirken von Biologie und Technik (Bionik). Ein Versuch lohnt sich auf jeden Fall. Der Bauplan für Einsteiger ist in der FAI-Lehrerhandreichung-Section II unter B-197 abgedruckt.



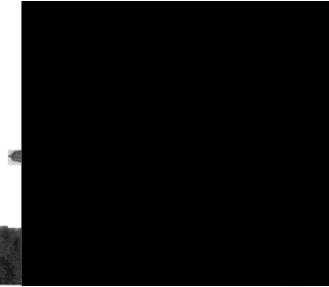


Abb. 3: Bionik - das Samenkorn Zanonia macrocarpa (Biologie) und der "nachgebaute" Gleitflieger von Etrich - Wels aus dem Jahre 1907 (Technik)

Weiterhin sollte im Fach Biologie auf die 1907 vorgestellte Etrich-Taube eingegangen werden, die ja den Flugsamen der Macrozanonia macrocarpa als Vorbild hatte.

Im Fach Erdkunde können Luftbilder der Ortschaften, aus denen die Schüler kommen, den Unterricht sehr fördern (Ortsgeschichte, Stadtteilfunktionen, Verkehrslinien, Flussläufe ...). Vielleicht lassen sich sogar historische Luftbilder zum Vergleich heranziehen. Luftbilder können im Rahmen eines Rundflugs mit einem Motorsegler oder mit einer kleinen Motorflugmaschine (Kameraobjektiv durch das geöffnete Seitenfenster halten!) sehr preisgünstig und problemlos selbst hergestellt werden.

Beim Bau der Funktionsmodelle / Flugmodelle im Fach Physik oder Werken kommt auch die Mathematik (rechter Winkel, Einstellwinkel, Flächenmaße, Vektorrechnungen etc.) zum Einsatz. Je nach Alter werden anspruchsvollere physikalische Themen angesprochen: Schwerpunkt, Auftrieb, statisches, dynamisches Gleichgewicht, Antriebe, Energiezuführung, Energiespeicher, Stabilitätsversuche, Infrarotfotographie usw.

Wird ein Rundflug von einem Landeplatz der Sportflieger geplant, lassen sich sehr gut Strecken- und Winkelberechnungen (Seitenwindeinfluss!) anhand einer Fliegerkarte als Vorbereitung für die Flugstrecke über den Heimatort einsetzen.

Im Kunstunterricht lassen sich Motive aus der Fluggeschichte oder der beliebte "Traum vom Fliegen" umsetzen. Vielleicht darf die Schule die Bemalung für ein österreichisches Verkehrsflugzeug oder eine kleine Sportmaschine entwerfen? Fragen kostet nichts! Und Fliegertaufen sind ein unvergessliches Erlebnis!

5. Wie nun den Einstieg mit den Schülern wagen?

Empfehlenswert sind kleine Wurfgleiter aus Papier (mit kleinen Schaschlik-Holzstäbchen verstärkt), kleine Segler aus Styropor oder Balsaholz, das man in Modellbaugeschäften erhält.

In Deutschland sind die Einsteigermodelle Lilienthal 10 (Wurfgleiter, 55 cm Spannweite), Lilienthal 20 (Gummimotormodell, 69 cm Spannweite) von der Hersteller-Aktion "Mo-



Abb. 4: Einfache Anfängermodelle, die aus Balsaholz oder Styropor hergestellt werden können. (Niedersächsisches Landesinstitut für Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Unterrichtsforschung: Drucksachen: Wolfgang Dathe, Hans-R. Mette, W.-Wolfgang Schröder, Flugtechnik im Unterricht, Soest, o.J.)

dellbau und Schule" (Kontakt: Wolfgang Nagel (BRD), Pf 11 30, 74871 Sinsheim, Tel.: 07261-9451212, email: avanti-WN@t-online.de) gern eingesetzte, preiswerte Anfängermodelle. Bei Jugendlichen sehr beliebt und millionenfach verkauft ist das schon etwas anspruchsvollere und leistungsfähige Freiflugmodell "Kleiner UHU". Führt man mit seinen Schülern ein Vergleichsfliegen mit Zeitmessung der Flugzeiten durch und schickt die Ergebnisse ein, dann erhält man für die Schulklasse von der Organisationszentrale Klebstoffpackungen, Balsaholz und Modellbaukästen als Preise. Österreichische Schulklassen können sich mit ihren Lehrern an dem Vergleichsfliegen ebenfalls beteiligen. Nehmen Sie vorher mit dem ÖAeC Kontakt auf.

Mit etwas Übung kann man auch ein Saalflugmodell mit Schülern bauen. Es wiegt rd. fünf Gramm (kein Druckfehler!) und benötigt eine Turnhalle oder große Pausenhalle als Luftraum. Faszinierend ist das Flugbild, da die Modelle sehr langsam fliegen und auf jeden Luftzug im Raum reagieren.

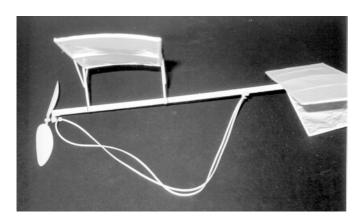


Abb. 5: Wolfgang Pietschmann vom Gymnasium Alterlaa/Wien führte ein Baukastenmodell mit 5 Gramm Fluggewicht (Saalflieger) vor

Weitergehende Projekte sind dann der Bau von funkferngesteuerten Modellen (Segel- oder Motorflug) die eine ideale Einführung in die Elektrotechnik oder Motorenkunde bieten. Empfehlenswert hierbei ist die Kontaktaufnahme mit einem Luftsportverein. Man findet dort erfahrungsgemäß erfahrene Piloten, die gerne bereit sind der Schule zu helfen (Rentner!). Manchmal sind auch Schüler Mitglied in einem Luftsportverein und vermitteln entsprechende Kontakte. Von einem derartigen Schüler stammt das folgende Bild aus seiner Facharbeit für die Zulassung zum Abitur in Bayern:

In Deutschland nutzen inzwischen zwei Gymnasien (Rothenburg/Sachsen, www.gym-rothenburg.de und Laucha/Sachsen-Anhalt, www.take.net/gymlaucha) die Motivationskraft des Fliegens soweit, dass sie ihren Schülern die Möglichkeit des Erwerbs eines Pilotenscheins mit dem Abitur ermöglichen.

Österreichische KollegInnen können sich zwecks Förderung an den Österreichischen Aero Club , Prinz-Eugen-Straße 12, A-1040 Wien; Tel.: (01) 505 10 28 oder 505 10 29, Homepage: www.oe.aeroclub.at, email: office@oe.aeroclub.at wenden:

- Im Rahmen einer eintägigen Lehrerfortbildung am Flugplatz Spitzerberg im Sommer 2000 besteht die Möglichkeit das praktische Fliegen in einem Workshop zu erleben (und zu erfliegen). Die Teilnehmerzahl ist begrenzt.
- In zwei Schul-Medienpaketen stellt der ÖAeC umfangreiches Unterrichtsmaterial (Folienvorlagen, Unterrichtsein-



Abb. 6: Strömungsverhältnisse an einer Segelflugzeugtragfläche (Facharbeit des Schülers Martin Devrient (Ohm-Gymnasium Erlangen)

heiten, Berichte von Projektwochen, Unterrichtsfilme) für den Schuleinsatz leihweise zur Verfügung.

- Falls der Kontakt zu einem Luftsportverein (Piloten. Lotsen, Konstrukteure....) gewünscht wird, kann ihn der ÖAeC herstellen.
- Im Laufe des Jahres wird ein Email-Verteiler beim ÖAeC aufgebaut, der Informationen für Pädagogen zum kostenlosen Abo enthalten wird.

6. Zusammenfassung

Der kurze Aufsatz konnte nur einige wichtige Adressen vorstellen, bei denen Lehrer meist kostenlos verfügbare Materialien erhalten. In den USA sind die Internet-Kontakte mit der NASA und der Civil Air Patrol, in der Schweiz mit der Federation Aeronautique Internationale und in Österreich mit dem Österreichischen Aero Club für den Pädagogen sehr nützlich. Es gibt erstaunlich viele sehr gute Unterrichtsmaterialien - dank Internet sind sie auch sehr schnell griffbereit.

Ich wünsche allen KollegInnen im Unterricht genauso viel Spaß und Lernerfolg, wie sie der Verfasser seinen SchülerInnen beim fächerübergreifenden Erforschen der Geheimnisse des Fliegens vermitteln konnte.

28 PLUS LUCIS 1/2001 Aus der Praxis

Robert von Lieben und die Entwicklung der Röhrenverstärker

Franz Pichler

Einleitung

Elektrische Signale als Träger von Information erfahren bei ihrer Übertragung über Leitungen eine Dämpfung. Ihre Leistung sinkt mit der Entfernung. Im Falle von Signalen, die mittels einer elektromagnetischen Welle durch Strahlung übertragen werden, sinkt die Signalleistung mit dem Quadrat der Entfernung. In beiden Fällen gilt es, um ein Signal von dem immer gegenwärtigen und unvermeidbaren Rauschen unterscheiden zu können, Signalverstärker einzuschalten. Signalverstärker werden aber auch benötigt, wenn es etwa gilt, für einen Lautsprecher ein elektrisches Audiosignal mit genügender Lautstärke zu erzeugen (Leistungsverstärker). Im folgenden soll ein Überblick über die Entwicklung der Verstärkertechnik und die dafür eingesetzten physikalischen Gesetzmäßigkeiten und technischen Prinzipien gegeben werden.



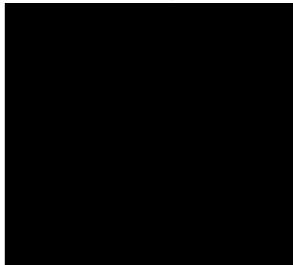
Abb. 1: Robert von Lieben (1878-1913)

Zu Beginn stand man vor der Aufgabe, im Rahmen der Telegraphie (1844) digitale Signale in Form der Morsezeichen zu übertragen. Elektromagnetische Schalter (Relais) stellten dafür geeignete Verstärker dar. Mit der Einführung der Telephonie (1876) galt es, Verstärker für analoge Signale, wie solche am Ausgang eines Mikrophons entstehen, zu schaffen. Die anfänglichen Versuche, dafür auch elektromagnetisch gesteuerte veränderliche Widerstände (sogenannte Mikrophonverstärker) einzusetzen, führte nicht zu dem erwünschten Erfolg. Um das Jahr 1900 war daher die Frage nach effektiven Verstärkern für Telephoniesignale, aber auch für die Empfangssignale im Rahmen der gerade von G. Marconi (1897) geschaffenen drahtlosen Telegraphie dringend geworden. Der österreichische Erfinder Robert von Lieben und die Mitarbeiter seines Privatlaboratoriums in Wien leisteten dazu durch die Erfindung des elektronischen Verstärkers (1906, 1910) mittels eines elektroAbb. 2: Kathodenstrahlrelais Patent 1906

Die Steuerung eines Elektronenstromes konnte damit in Halbleitern realisiert werden. Obwohl Signalverstärker heute hauptsächlich in Halbleitertechnologie mittels Transistoren realisiert werden, geht die heutige Schaltungstechnik bei Verstärkern auf die Entwicklung der Röhrenverstärker zurück. Daran ändert auch die Tatsache, dass heute elektrische Signale hauptsächlich digital dargestellt werden und auch digital mit-

rung eines Ionen- oder Elektronenstromes in einer evakuierten Röhre) einen wesentlichen Beitrag. Eine dazu parallele Entwicklung wurde in den USA durch die Erfindung der Audionröhre durch Lee de Forest (1906) eingeleitet. Die daran anschließenden Forschungsarbeiten bei Western Electric (Arnold) und bei General Electric (Langmuir) führten zur heutigen Elektronenröhre und zu den Röhrenverstärkern, die für Spezialanwendungen (z.B. bei Audio-Leistungsverstärkern) bis heute eine Bedeutung haben. Die Elektronenröhre war in der Zeit nach dem 1. Weltkrieg, genauer ab dem Jahre 1922, die wesentliche technische Voraussetzung für die Einführung des Radios. Sowohl in Radio-Sendern als auch im besonderen in Radio-Empfangsapparaten wurde die Elektronenröhre zur Verstärkung gebraucht. Eine Ablösung der Elektronenröhre in Signalverstärkern wurde schließlich durch die Erfindung des Transistors (Bardeen, Brattain 1948) eingeleitet.

statisch gesteuerten veränderlichen Widerstandes (Verände-



leitern realisiert werden. Obwohl Signalverstärker heute hauptsächlich in Halbleitertechnologie mittels Transistoren realisiert werden, geht die heutige Schaltungstechnik bei Verstärkern auf die Entwicklung der Röhrenverstärker zurück. Daran ändert auch die Tatsache, dass heute elektrische Signale hauptsächlich digital dargestellt werden und auch digital mittels Prozessoren (hochintegrierten Schaltungen) verarbeitet werden, nichts. Die Schaltungstechnik zur Umsetzung und Modulation in hochfrequente Schwingungen sowie deren Verstärkung zur Abstrahlung durch eine Antenne baut auf der in der Vergangenheit entwickelten Schaltungstechnik für Elektronenröhren auf. Die Pionierarbeit von Robert von Lieben zum Gebiet der Verstärkung elektrischer Signale hat daher bis heute Bedeutung und verdient nicht vergessen zu werden.

Univ.Prof. Dr. Franz Pichler, Johannes Kepler Universität Linz, Institut für Systemwissenschaften, pichler@cast.uni-linz.ac.at

Physikgeschichte PLUS LUCIS 1/2001 29

Erfindungsgeschichte des LRS-Relais - Die "Lieben-Röhre"

Robert von Lieben konnte auf Grund seines vermögenden Elternhauses (sein Vater Leopold von Lieben war Präsident der Börsenkammer in der k.u.k. Monarchie) bereits in jungen Jahren seinen individuellen wissenschaftlichen Neigungen nachgehen. Ohne im Besitz eines Maturaabschlusses zu sein, besuchte er dennoch als außerordentlicher Hörer Vorlesungen in Physik und Chemie an der Universität Wien und an der Universität Göttingen, wo er mit Prof. Nernst, dem Begründer des Faches Physikalische Chemie, engen Kontakt hatte. Die Befassung mit der Erfindung eines elektro-chemischen Phonographen und mit dem Thema der Polarisation von Röntgenstrahlen (1903) sowie der Ankauf einer Telefonfabrik in Olmütz (Mähren) veranlassten ihn, einen Telefonverstärker mittels Steuerung eines Kathodenstrahls (Elektronenstrahl) zu entwickeln.

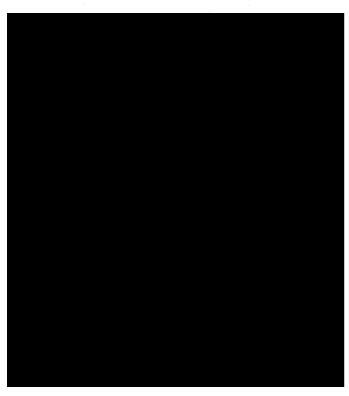


Abb. 3: "Gitterpatent" 1910

In seinem Elternhaus in Wien, Oppolzergasse 6, richtete er im 1. Stock ein Laboratorium ein. Unterstützung in seiner Arbeit bekam er von Dr. Richard Leiser (Chemisches Institut Universität Wien) und von seinen Mitarbeitern aus der Olmützer Telefonfabrik, Eugen Reisz und Siegmund Strauss. Robert von Lieben hatte wahrscheinlich von Prof. Nernst Kenntnis von den Forschungen von Prof. Wehnelt betreffend die Erzeugung von Kathodenstrahlen mittels einer mit Alkali-Oxiden belegten Glühkathode erhalten. Dies ermöglichte die Erzeugung von relativ starken Elektronenströmen von der Kathode zur Anode in einer evakuierten Glasröhre. Die grundlegende Idee von Robert von Lieben war nun, diesen Elektronenstrom mittels eines Eingangssignals elektromagnetisch oder elektrostatisch zu beeinflussen und so eine Signalverstärkung zu erreichen. Das im Jahre 1906 erteilte Patent "Kathodenstrahlrelais" sicherte international die Rechte für diese Erfindung. Lieben räumte Dr. Leiser mit einem Brief vom Jahre 1908 einen starken Anteil an den Nutzungsrechten ein. Der praktischen Realisierung des Kathodenstrahlrelais stellten sich jedoch Schwierigkeiten entgegen. Die Erzeugung eines starken Elektronenstrahls und die Fokussierung durch eine hohlspiegelförmige Kathode blieb mangelhaft. Weiters waren, wie aus Briefen hervorgeht, im Jahre 1909 noch die Details zur elektrischen Schaltung des Relais zu erarbeiten. Während Robert von Lieben die Erfindungsidee hatte, scheint Dr. Leiser bis zum Jahre 1909 der wesentliche Berater für die Konstruktion der Oxidkathode und auch für die elektrische Schaltungstechnik gewesen

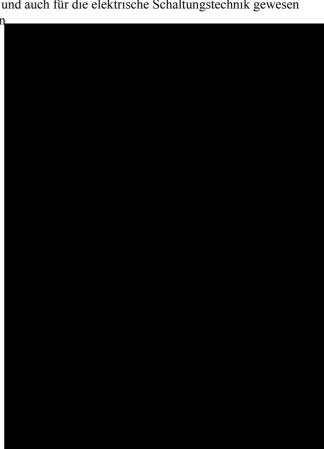


Abb. 4: Lieben-Röhre

Nach dem Verkauf der Olmützer Telefonfabrik im Jahre 1908 konnten die Mitarbeiter Eugen Reisz und Siegmund Strauss stärker in die Forschungsarbeiten zur Entwicklung des Kathodenstrahlrelais eingebunden werden. Im Frühjahr des Jahres 1910 meldete R. v. Lieben an Leiser, dass Reisz neue Resultate, die auf einer gänzlich veränderten Konstruktion des Kathodenstrahlrelais beruhten, erhalten hat, so dass das Patent von 1906 praktisch bedeutungslos geworden ist. Es kommt im Herbst 1910 zur Anmeldung der beiden Patente über "Relais für Undulierende Ströme", mit denen die Erfindung des LRS-Relais ("Lieben-Röhre") begründet wird. R.v.Lieben, E. Reisz und S. Strauss sind als Patentinhaber genannt. Bei der Lieben-Röhre handelt es sich um eine mittels eines zwischen der Kathode und der Anode liegenden Gitters elektrostatisch gesteuerte Elektronenröhre, wobei das Vakuum noch Reste von Quecksilberdampf zu enthalten hat. Es handelt sich beim LRS-Relais also noch nicht um die später ab 1913 in den USA entwickelte Elektronenröhre mit Hochvakuum, sondern um eine elektronische Verstärkerröhre, die zu ihrer Funktion noch Elektronen benötigt, die durch Stoßionisation von Quecksilberatomen erzeugt werden.

30 PLUS LUCIS 1/2001 Physikgeschichte

Im August 1911 wurde in Berlin vor namhaften Vertretern der Wissenschaft ein mit LRS-Relais gebauter Telefon-Verstärker erfolgreich vorgeführt. Im September 1912 kam es zu einem Vertrag mit einem Firmenkonsortium, dem so bedeutende Firmen wie Telefunken, Siemens und AEG angehörten, womit die industrielle Produktion (bei AEG und bei Siemens-Osram) der "Lieben-Röhre" eingeleitet wurde. Vom Jahre 1913 an gibt es dann bereits für die Praxis einsetzbare Telefon-Verstärker mit Lieben-Röhre, aber auch Hochfrequenz-Sender, Hochfrequenz-Verstärker und Frequenzumsetzer (Überlagerer). Diese Geräte wurden im 1. Weltkrieg eingesetzt. Ein Spezialeinsatz bestand hier im Abhören von feindlichen Signalen (Morsezeichen) der Erdtelegraphie.

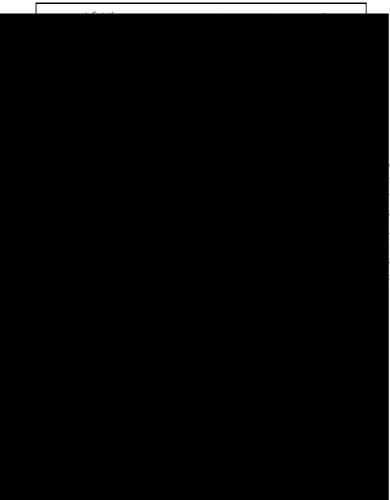


Abb. 5: Lieben-Laboratorium in Wien

Das Audion von Lee de Forest

Die Entwicklung der "Lieben-Röhre" vom Kathodenstrahlrelais des Jahres 1906 und dem LRS Relais von 1910 bis zur industriellen Fertigung in den Osram Werken ab dem Jahre 1913 hatte in den USA eine Parallelität. Der Erfinder Lee de Forest hatte mit seinem Patent von 1906 ("Device for Amplifying Feeble Electrical Currents") eine evakuierte Dreielektroden-Röhre vorgeschlagen und mit seinem Patent von 1907 ("Space Telegraphy") eine Empfangsschaltung für drahtlose Telegraphie mittels des Audions, einer evakuierten Röhre mit geheizter Kathode, Gitter und Anode, also einer Triode. Zur Funktion des Audions war ebenfalls, wie beim LRS Relais von 1910,

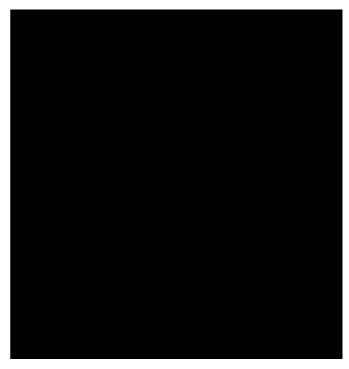
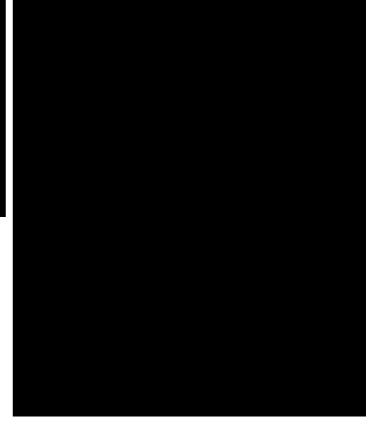


Abb. 6: Signalverstärker mit Lieben-Röhre und Kamin zur Temperatur-Stabilisierung

die Anwesenheit von Gasresten notwendig. Lee de Forest betrachtete zu diesem Zeitpunkt seine Schaltung nicht als Signalverstärker sondern als sensitiven Detektor, wie ein solcher auch in dem von ihm für Amateure produzierten RJ4 Empfänger vom Jahre 1909 vorlag. Erst im Jahre 1912 befaßte sich Lee de Forest mit der Frage des Einsatzes der Audion-Röhre als Telefon-Verstärker und nahm Kontakt mit der amerikanischen Telephon- und Telegraphengesellschaft AT&T auf.



Physikgeschichte PLUS LUCIS 1/2001 31

Bei AT&T hatte zu diesem Zeitpunkt die Frage nach einem geeigneten Signalverstärker für lange Telefonleitungen eine hohe Dringlichkeit erhalten. Bei Western Electric, der Erzeugerfirma für Geräte der AT&T wurde deshalb der Physiker Harold D. Arnold, ein Schüler von Professor R. A. Millikan, mit diesbezüglichen Forschungen beauftragt. Arnold lernte im November 1912 die Audion-Röhre von de Forest kennen und erkannte sofort die damit gegebenen Möglichkeiten für die Konstruktion eines Telefonverstärkers. Im besonderen wurde erkannt, dass für die Emission von Elektronen von einer heißen Kathode (Arnold verwendete wie R. v. Lieben eine Oxidkathode nach Wehnelt) die Anwesenheit von Gasresten in der Röhre nicht notwendig war. Damit war der Weg zur Hochvakuumröhre, wie diese bis heute mit der Elektronenröhre vorliegt, vorgezeichnet. Bei Western Electric wurde von Arnold zur Erforschung und zur Entwicklung der Elektronenröhre ein hochwertiges Team von Physikern eingesetzt. Die Patentverhandlungen zwischen E. Reisz und S. Strauss einerseits und H.D. Arnold und seiner Gruppe andererseits im Februar/März 1913, wobei das LRS-Relais vorgeführt wurde, führten zu keinem positiven Abschluß. Offenbar dienten sie für Western Electric und AT&T nur zur Orientierung im Rahmen ihrer bereits mit der Audion-Röhre aufgenommenen Forschungen. Im Juli 1913 erwarb AT&T die Patentrechte für die Audion-Röhre von Lee de Forest. Im Oktober 1913 konnten zwischen New York und Washington Telefonleitungen mit elektronischen Signalverstärkern auf der Basis der Hochvakuum-Elektronenröhre (Type A-Verstärker) ausgerüstet werden.

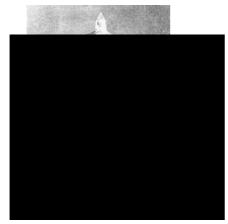


Abb. 8: Vakuum-Röhre Type 101-A von Western Electric

Parallel zu Western Electric wurden bei General Electric durch den Chemiker und späteren Nobelpreisträger Irving Langmuir Forschungen angestellt. Bei General Electric war man hauptsächlich an der Weiterentwicklung der Audion-Röhre zur Realisierung eines leistungsfähigen Modulators für Radiosender auf der Basis von Hochfrequenzdynamos, interessiert. Langmuir lieferte dabei einen wichtigen Forschungsbeitrag zur Theorie der Raumladung, wie sie im Vakuum durch die von einer heißen Kathode emittierten Elektronen entsteht. Weiters hat Langmuir durch die Entwicklung der Kondensationspumpe auf der Basis von Quecksilberdampf den entscheidenden Beitrag zur Erzeugung von Hochvakuum in Elektronenröhren geliefert.

Die Weiterentwicklung der Elektronenröhre und der Signalverstärker

Mit den in den USA bei Western Electric (Arnold) und General Electric (Langmuir) erzielten Ergebnissen mit Hochvakuumtrioden war auch für die europäischen Firmen klar, dass ergänzend zu den bereits geleisteten Entwicklungsarbeiten zur Lieben-Röhre die Entwicklung von Elektronenröhren mit Hochvakuum weiter zu treiben seien. Die Firma Telefunken (Rukop) aber auch Siemens & Halske (Schottky) besaßen mit Beginn des 1. Weltkrieges (August 1914) bereits geeignete Röhren (EVN 94 bzw. Mc), die in Niederfrequenz-Verstärkern für den militärischen Einsatz (Telefonbetrieb, Abhören von Signalen der Erdtelegraphie feindlicher Stellungen) Anwendung fanden. Auch im Funkverkehr lösten Elektronenröhren in der Schwingungserzeugung die bisher eingesetzten Löschfunkenstrecken ab und wurden in den Empfängern zur Hochfrequenzverstärkung und Umsetzung (Überlagerung) neben dem traditionellen Einsatz zur Niederfrequenzverstärkung verwendet.

Die Drei-Elektrodenröhre (Triode) wurde 1915 von W. Schottky (Siemens & Halske) durch Einführung des Schirmgitters (zwischen Steuergitter und Anode) zur Tetrode erweitert. Damit erhöhte sich die Steilheit der Röhrenkennlinie und größere Verstärkung wurde damit möglich. Schließlich wurde 1926 von Jobst und Tellegen (wir befinden uns schon mitten in der Zeit des "Radios") durch die Einführung des Bremsgitters die Pentode, der Röhrentyp, der bis zum Ersatz der Elektronenröhren durch Transistoren erfolgreich geblieben ist. Mit den Röhren haben aber auch die Komponenten, aus denen Signalverstärker aufgebaut sind, eine Weiterentwicklung erfahren. Zu erwähnen ist hier z.B. die Entwicklung geeigneter Bandfilter zur Verstärkung der Signale eines bestimmten Frequenzbandes (wie dies z.B. in jedem Superhet-Empfänger erfolgt) oder die Entwicklung der RC-Verstärker (Widerstands-Verstärker), wie solche vollständig von Manfred von Ardenne in eine Elektronenröhre integriert werden konnten und deren Prinzip bereits in dem österreichischen Patent 89 574 "Schaltungsanordnung für in Kaskade geschaltete Verstärkerröhren" von Siegmund Strauss im Jahre 1914 behandelt wurde.

Spezialröhren

Es ist hier nicht die Absicht, über das im Titel gewählte Thema hinaus das Gebiet der Elektronenröhren und den damit realisierbaren Signalverstärkern zu behandeln. Um die grundsätzliche Bedeutung erkennen zu können, die mit der Entwicklung der Liebenröhre und der auf dem Audion von de Forest basierenden Vakuumröhre erfolgte, soll in aller Kürze auf einige Spezialröhren eingegangen werden.

Die Forderung, immer höhere Frequenzanteile verstärken zu können, führte zur Entwicklung der Scheibentrioden, Trioden mit kleinsten Abständen zwischen Kathode, Gitter und Anode und koaxialem Aufbau.

Die Möglichkeit, die Laufzeit der Elektronen zur Verstärkung und Oszillation ausnützen zu können, wird in der Wanderfeldröhre und in den Klystron-Röhren (Mehrkammerklystron, Reflexklystron) ausgenützt. Magnetrons erlauben die leistungsstarke Erzeugung von Impulsen von höchster Frequenz und waren damit für die Entwicklung des Radars im 2. Weltkrieg von entscheidender Bedeutung.

32 PLUS LUCIS 1/2001 Physikgeschichte

Zusammenfassung und Ausblick

Die Darstellung der Entwicklung des LRS-Relais (Lieben-Röhre) und der dazu parallel mit zeitlicher Verzögerung von etwa zwei Jahren stattgefundenen Entwicklung der Vakuum-Röhre bei Western-Electric (Arnold) und General Electric (Langmuir) konnte hier nur durch Angabe der wichtigsten Meilensteine behandelt werden. Beide Entwicklungen führten zur Realisierung des für den Telefon-Weitverkehr dringend benötigten Verstärker. Im Falle der Lieben-Röhre konnten mit solchen Verstärkern im 1. Weltkrieg Telefonverbindungen zwischen Berlin und Konstantinopel geschaffen werden. In den USA wurde von AT&T die Strecke von New York nach Washington (1915) und später auch von New York nach San Francisco (1917) mit Vakuum-Röhrenverstärker ausgerüstet. Mit diesen Entwicklungen wurde die Basis für alle nachkommenden Installationen von Signalverstärkern geschaffen. Als Höhepunkte können der Aufbau der Radionetze in den Zwanziger-Jahren des vergangenen Jahrhunderts und der ab etwa 1950 einsetzende Aufbau der Fernsehnetze, die mit Hilfe der Satellitenkommunikation inzwischen den gesamten Erdball umspannen, gesehen werden. Mit der Erfindung des Transistors bei den Bell-Laboratories (Bardeen und Brattain) im Jahre 1948 hat die Elektronenröhre eine mächtige Konkurrenz erhalten. Heute hat der Transistor und die Halbleiterelektronik die Elektronenröhre beim Einsatz in Signalverstärkern weitgehend verdrängt. Sie hat lediglich bei speziellen Anwendungen noch einen Platz.

High-Fidelity Freaks schwören z.B. auf die Qualität von Audio-Leistungsverstärkern mit Elektronenröhren. Es gibt jedoch auch heute noch ein aktuelles Forschungsgebiet, das den Elektronenröhren und ihre Anwendung als Signalverstärker betrifft. Es ist das Gebiet der "Micro Vacuum Electronic Tubes", das sich mit der Realisierung von Elektronenröhren (Trioden) von winzigsten Abmessungen mit Hilfe der Mikrosystemtechnik befasst.

Schrifttum und Kommentare

Der Aufsatz versuchte in groben Zügen die Entwicklung der Lieben-Röhre und der Elektronenröhre zu zeichnen. Zur Vertiefung sollen dafür die wichtigsten Quellen, die historisch belegbare Fakten enthalten, angegeben werden.

Zur Person von Robert v. Lieben verweisen wir auf die Kurzbiographien:

Karl Przibram: Robert von Lieben, in: *Neue Österreichische Biographie 1815-1918, Erste Abteilung, VI. Band*, Amalthea-Verlag Wien 1919, S. 175-179.

Susanne Walk: Robert von Lieben (1878-1913) Naturforscher und Erfinder, in: *Gäste - Große Welt in Bad Vöslau* (herausgegeben von Otmar Rychlik), Stadtgemeinde Bad Vöslau, 1994, S. 233-237.

Die Autobiographie von Lee de Forest liegt mit

Lee de Forest: *Father of Radio*, Wilcox&Follet Co., Chicago, Ill 1950

vor. Ich verweise weiters auf das Buch

Tom Lewis: *Empire of the Air: The Men who made Radio*, Harper Collins Publishers, New York 1991

in dem neben E.H. Armstrong und David Sarnoff die Lebensgeschichte und der wissenschaftlich-technische Beitrag von Lee de Forest behandelt wird.

Aufsätze zur Entwicklung des LRS-Relais sind zahlreich. Als wichtige Beiträge geben wir an:

Eugen Reisz: Neues Verfahren zur Verstärkung elektrischer Ströme, *Elektrotechnische Zeitschrift*, 34. Jahrgang, Heft 45, 1913, S. 1359-1363.

Karl Skowronnek: Zur Entwicklung der Elektronenverstärker-Röhre (Lieben-Röhre), *Archiv für Geschichte der Mathematik, der Naturwissenschaften und der Technik*, Verlag von F.C.W. Vogel Berlin, 13. Band, 1931. S. 225-276.

Rüdiger Walz: Die Entwicklung der Liebenröhre, *Funkgeschichte* Nr. 52, Jan/Feb 1987, S. 7-28.

Thomas H. Briggs IV: The Triode that predated de Forest: Robert von Lieben and the LRS Relay, *The AWA Review, Published by The Antique Wireless Association*, Vol. 5, 1990, pp. 45-61. Diese Arbeit liegt in Übersetzung auch in deutscher Sprache vor.

Die Entwicklung der Vakuum-Röhre bei Western Electric und bei General Electric ist in folgenden Werken historisch einwandfrei dokumentiert:

M.D. Fagen (ed.): A History of Engineering and Science in the Bell System. The Early Years (1875-1925), Bell Telephone Laboratories, Inc., Indianapolis, USA, 1975.

Leonhard S. Reich: *The Making of American Industrial Research, Science and Business at GE and Bell, 1876-1926.* Cambridge University Press, Cambridge, USA, 1985.

Für eine umfassende Darstellung der Elektronenröhren (der "Radiozeit") sei auf

Gerald F.J.Tyne: *Saga of the Vaccum Tube*. Howard W. Sams&Co., Indianapolis, USA, 1977

verwiesen. Einen Überblick, der auch die Entwicklung der Spezialröhren behandelt, stellt

Herbert Döring: 100 Jahre Elektronenröhren, *Nachrichtentechnische Zeitschrift*, Bd. 36 (1983), Heft 10, S. 644-652.

Es ist nicht einfach, ein so komplexes Gebiet wie das der Elektronenröhren in allgemein verständlicher (populärer) Weise darzustellen und dennoch auf sowohl historisch und wissenschaftlich-technisch auf solider Basis zu bleiben. Ein zu empfehlendes reich bebildertes Werk, in dem dies in guter Weise gelungen ist, ist

Roland Gööck: *Die großen Erfindungen, Nachrichtentechnik, Elektronik.* Sigloch Edition 1988, D-7118 Künzelsau.

Eine Sonderausgabe für das Kapitel Elektronik (in etwas veränderter Form) stellt das Buch

Naturwissenschaft und Technik, Elektronik, Zweiburgen Ver lag, Weinheim 1992

dar

Vom Autor dieses Artikels existiert ein ausgearbeiteter Projektvorschlag zum Thema "Österreichs Beitrag zur Entwicklung der Telefon-Verstärkertechnik" (Linz, 23.3.2000).

Damit soll versucht werden, weitere Details zur seinerzeitigen Forschungs- und Entwicklungsarbeit des "Lieben-Teams" in Wien zu erarbeiten, um im Jahre 2006, den hundersten Geburtstag des Patentes "Kathodenstrahlrelais" in würdiger Weise begehen zu können.

Diese Arbeit entstand im Anschluß an den vom Autor auf Einladung der Gesellschaft für Wissenschafts- und Technikdokumentation am 26. Jänner 2001 in Wien gehaltenen Vortrages "Robert von Lieben, ein Pionier der Informationstechnologie".

Physikgeschichte PLUS LUCIS 1/2001 33

Freihandexperimente

Werner Rentzsch

Die folgenden Experimente stammen aus einer privaten Experimentesammlung von Univ.Prof. Dr. Heinz Schmidkunz (Universität Dortmund).

Die Versuche wurden von mir leicht abgeändert bzw. gekürzt, teilweise im Text verändert und mit Zeichnungen versehen.

Im Rahmen der 55. Fortbildungswoche 2001 des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts wurden die Experimente von Prof. Heinz Schmidkunz und von Werner Rentzsch gezeigt.

Modellversuch zum Rostvorgang

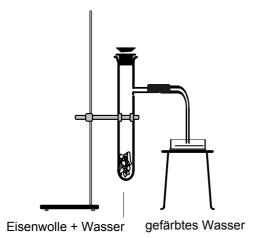
Geräte und Chemikalien: Reagenzglas mit seitlichem Ansatz, rechtwinkelig gebogenes Glasrohr mit Kapillarrohr, Schlauchstück, Stopfen, Stativ und Stativmaterial, Petrischale, Becherglas, Glasstab, Lebensmittelfarbe, Kochsalz, Eisenwolle

Durchführung: Die Apparatur wird so zusammengebaut, dass beim Oxidationsprozess des Eisen mittels des Kapillarrohres ein Unterdruck gemessen werden kann.

In das Reagenzglas füllt man etwas auseinander gezupfte Eisenwolle und einige Tropfen Salzwasser. Man verschließt luftdicht. Das Kapillarrohr ragt in das gefärbte Wasser in der Petrischale.

Beobachtung: Schon innerhalb der ersten Minute beginnt die Flüssigkeitssäule zu steigen. Lässt man die Anordnung längere Zeit stehen, kann man auch die Verfärbung (Rost) im Reagenzglas gut erkennen.

Erklärung: Beim Rosten des Eisens wird der im Reagenzglas vorhandene Sauerstoff an das Eisen gebunden und es entsteht Unterdruck.



Wärmepackung

(Canadisches Patent Nr. 274873)

Geräte und Chemikalien: Porzellanschale (etwa 10 cm Durchmesser), Reibschale mit Pistill, Pipette, Waage, Thermometer, Eisenpulver, Kaliumchlorat (O, Xn), Kupfer(II)-chlorid (T), Wasser

Durchführung: Das Kaliumchlorat muss zuerst pulversisiert werden. Dazu müssen die Reibschale und das Pistill sauber sein. Auch das Kupferchlorid muß in feiner Form vorliegen. Dann werden in der Porzellanschale 60 g Eisenpulver mit 0,5 g Kaliumchlorat und 2 g Kupfer(II)-chlorid trocken innig vermischt.

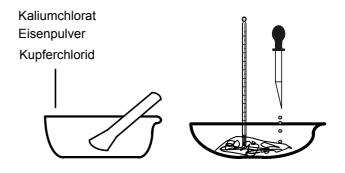
Vorsichtig mischen; nicht zuviel Druck ausüben!

Beobachtung: Bei Zugabe von Wasser beginnt sofort eine exotherme Reaktion. Die Temperatur steigt auf über 50°C an.

Erklärung: Das Kupferchlorid wirkt als Katalysator. Bei der Reaktion wird das elementare Eisen durch Kaliumchlorat zu Eisen(III) oxidiert. Die Reaktionsenthalpie liegt bei etwa 400 kJ pro Mol Eisen. Das Kaliumchlorat wird dabei zuerst zu Kaliumhypochlorid und schließlich zu Kaliumchlorid reduziert. Summarisch lässt sich die Umsetzung wie folgt formulieren:

$$Fe + KClO_3 + H_2O \rightarrow 2 FeO(OH) + KCl$$

Diese Wärmepackung ist als schnelle Hilfe bei einem Kälteienbruch gedacht. Die Mischung kann im trockenen Zustand beliebig aufbewahrt werden. Dann genügt etwas Wasser oder Schnee, um die Mischung zu aktivieren.



"Heißes Eisen"

Geräte und Chemikalien: Porzellanschale (etwa 10 cm Durchmesser), Reibschale mit Pistill, Pipette, Waage, Thermometer, Eisenpulver, Kaliumperoxosulfat (O, Xn) oder Kaliumperoxidsulfat (O, Xn), Wasser

Durchführung: Das Kaliumperoxosulfat sollte zunächst in der Reibschale vorsichtig mit dem Pistill zerkleinert und pulverisiert werden. Es wird dann eine Mischung von Eisenpulver mit 5 bis 10 % Kaliumperoxosulfat hergestellt. Bewährt für einen Versuch hat sich eine Mischung von 30 g Eisenpulver und 2 g Kaliumperoxosulfat (bzw. 3 g Kaliumperoxidsulfat). Die beiden Komponenten werden trocken gut vermischt.

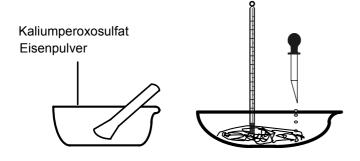
Beobachtung: Nach Zugabe von etwas Wasser aus der Pipette tritt sofort eine deutliche Reaktion ein, die Temperatur steigt auf 50 bis 80°C an. Man beginnt zweckmäßig mit ein paar Tropfen Wasser.

34 PLUS LUCIS 1/2001 Freihandexperimente

Erklärung: Bei der einsetzenden Reaktion wird das elementare Eisen zu Eisenoxidhydrat oxidiert. Bei dieser Reaktion erhält man eine Reaktionsenthalpie von etwa 400 kJ pro Mol Eisen

Summarisch lässt sich die Reaktion wie folgt formulieren:

$$2~{\rm Fe} + 3~{\rm K_2SO_5} + {\rm H_2O} \longrightarrow 2~{\rm FeO(OH)} + 3~{\rm K_2SO_4}$$



Selbstentzündliches Eisen

Geräte und Chemikalien: Reagenzglas mit Gummistopfen, Reagenzglashalter, feuerfeste Unterlage, Gasbrenner, Tiegelzange, Schutzbrille, Schutzhandschuhe

Durchführung: Das Reagenzglas wird zu etwa 1/5 seines Volumens mit gelbem Eisenoxalat gefüllt und so lange erhitzt, bis sich ein schwarzer Rückstand gebildet hat. Eventuell am oberen Glasrand kondensierter Wasserdampf wird mit einem weichem Filterpapier sorgfältig entfernt (oder man rutscht mit dem Reagenzglashalter weit nach unten und erhitzt auch den oberen Teil, bis das Wasser entfernt ist). Danach verschließt man das Glas fest mit dem Stopfen und bewahrt es für die Vorführung des Versuches auf.

Man verdunkelt gegebenenfalls den Raum und der Vortragende stellt sich nun auf den Demonstrationstisch, hält das Reagenzglas mit dem Stopfen nach unten und öffnet das Glas am besten über einer großen Blechplatte.

Beobachtung: Ein prächtiger rötlich leuchtender Funkenregen demonstriert den spontan ablaufenden Oxidationsprozess des Eisens.

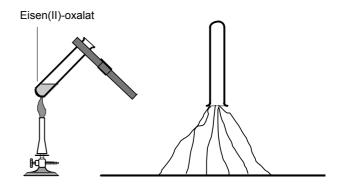
Erklärung: Beim Erhitzen des Eisenoxalates entsteht ein pyrophores Gemisch aus Eisen(II)-oxid und metallischem Eisen, das sich in stark exothermer Reaktion mit Luftsauerstoff wie folgt umsetzt:

$$Fe + FeO + O_2 \rightarrow Fe_2O_3$$

Hinweise:

- Das gelbe Eisenoxalat muss so lange erhitzt werden, bis auch die gelbe Farbe im Inneren des Reagenzglases verschwunden ist.
- Eisenoxalat hat man üblicherweise im Schullabor nicht vorrätig und wird außerdem nicht von allen Chemikalienfirmen angeboten.

Herstellung von Eisenoxalat: 1 g Eisen(II)-sulfat wird in Wasser gelöst und mit einem Tropfen konzentrierter Schwefelsäure stabilisiert. 10 g Kaliumoxalat (ev. auch Kaliumtetraoxalat) werden in 30 ml Wasser gelöst. Nach



dem Zusammengießen entsteht ein gelber Niederschlag. Man dekantiert und trocknet am Sandbad.

Unter welchen Bedingungen rostet Eisen

Geräte und Chemikalien: Reagenzglasständer, 5 Reagenzgläser, 2 Gummistopfen, Dreifuß, Drahtnetz, Brenner, Becherglas, Glasstab, 5 Eisennägel, Salzsäure (c = 2 mol/L), Aceton, Natriumchlorid, dest. Wasser

Durchführung: Die fünf Eisennägel werden zuerst mit Aceton gereinigt und dann in Salzsäure gestellt, wo man sie ein paar Minuten stehen lässt. Danach werden die Nägel mit destilliertem Wasser gewaschen und mit Papiertüchern getrocknet.

Nun wird destilliertes Wasser aufgekocht und für Versuch 2 verwendet. Anschließend wird dem heißen, destilliertem Wasser Natriumchlorid bis zur Sättigung für Versuch 4 und Versuch 5 zugesetzt.

Versuch 1: Ein Eisennagel wird in das Reagenzglas gelegt.

Versuch 2: Ein Eisennagel wird in das Reagenglas gegeben und mit luftfreiem (ausgekochtem), destillierten Wasser vollständig aufgefüllt und mit einem Gummistopfen verschlossen.

Versuch 3: Auch hier wird ein Eisennagel in ein Reagenzglas gegeben. Dann füllt man durch Schütteln belüftetes Wasser bis kurz unterhalb des oberen Endes des Eisennagels ein. Das Reagenzglas bleibt offen.

Versuch 4: Ein Eisennagel wird in ein Reagenzglas gegeben. Dies wird mit einer luftfreien, gesättigten, heißen Salzlösung bis zum Rand gefüllt. Anschließend wird das Reagenzglas mit einem Gummistopfen verschlossen.

Versuch 5: Ein Eisennagel wird in ein Reagenzglas gegeben. Die gesättigte, belüftete Salzlösung wird bis kurz unterhalb des oberen Endes des Eisennagels eingefüllt.

Beobachtung:

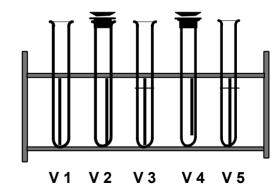
Versuch	Beobachtung				
	Nach 4 Stunden	Nach 5 Tagen			
Versuch 1: Stahlnagel im Reagenzglas an der Luft	keine Veränderung zu beobachten	keine Veränderung zu beobachten			
Versuch 2: Stahlnagel in Wasser, sauerstofffrei verschlossen	keine Veränderung zu beobachten	keine Veränderung zu beobachten			

Freihandexperimente PLUS LUCIS 1/2001 35

Versuch	Beobachtung				
	Nach 4 Stunden	Nach 5 Tagen			
Versuch 3: Stahlnagel in belüftetem Wasser	leichte Gelbfärbung des Wassers, Rostbil- dung oberhalb der Wasseroberfläche	Rostniederschlag am Boden, Rostbildung an der Grenzfläche Wasser/Luft			
Versuch 4: Stahlnagel in gesättigter NaCl-Lösung sauerstofffreiverschlossen	keine Veränderung zu beobachten	keine Veränderung zu beobachten			
Versuch 5: Stahlna- gel in gesättigter NaCl-Lösung an der Luft	leichte Gelbfärbung des Wassers, Rostbil- dung oberhalb der Wasseroberfläche	tarker, gelbbrauner Niederschlag am Reagenzglasbodens			

Erklärung: Ziel dieser Versuchsreihe ist es, die drei Komponenten (Luftsauerstoff, Feuchtigkeit/Wasser, Salz) zu erfassen,

die zur Rostbildung führen. In allen Systemen, in denen Sauerstoff nicht anwesend ist, kann keine Korrosion stattfinden. Erst wenn Sauerstoff anwesend ist, beschleunigt sich die Geschwindigkeit der Korrosion und zwar in der Reihenfolge Luft, destilliertes Wasser, Salzwasser.



Der verflixte Auftrieb

H. Kühnelt

Misskonzepte zum Begriff Auftrieb werden deutlich in einer Aufgabenstellung, die in einem Physikbuch [1] für die zweite Klasse als Meisterprüfung bezeichnet wird. Im Rahmen einer Lehrveranstaltung stellten wir (H. Mayr, H. Stadler, H. Kühnelt) sie vor längerer Zeit als mögliche Einstiegsfrage vor, und mussten fest stellen, dass die korrekte Lösung große Schwierigkeiten bot.

Die Aufgabe lautete: "Stellen Sie sich ein Glas Wasser auf einer Waage vor. Wird sich die Anzeige verändern und gegebenenfalls wie, wenn Sie einen Finger ins Wasser tauchen, ohne das Glas zu berühren?"

Lassen Sie Ihre Schüler Vermutungen über den Ausgang des Experiments anstellen und fordern Sie - ev. schriftliche - Begründungen [2]. Mit großer Wahrscheinlichkeit werden Sie den Rest der Unterrichtsstunde für die Klärung benötigen.

Dabei lohnt es sich, die reale Fragestellung zwar durch das Experiment zu entscheiden, aber zur Klärung der Verständnisprobleme Modellbildung zu betreiben. Ersetzen wir den Finger durch einen ähnlich geformten Körper (z.B. ein Frankfurter Würstel) und die Sehnen, die den Finger an die Hand binden, durch eine Spiralfeder in Form eines Kraftmessers. Registrieren wir die Anzeigen von Waage und Kraftmesser sytematisch, während wir den Modellfinger schrittweise ins Wasser tauchen. Den Schülern werden die gegenläufigen Trends auffallen und schließlich wird wohl auch jemand erkennen, dass Waagen zwar das Gewicht messen, aber Massen anzeigen.

Zum Ende sollte erkannt werden, dass der Auftrieb nicht "gratis" zustande kommt. Wenn die Flüssigkeit eine nach oben gerichtete Auftriebskraft auf den Körper wirken lässt, muss als Reaktion eine gleich große Kraft nach unten wirken, das Glas Wasser also "schwerer" werden.

Führt man das Experiment mit einem Messbecher statt einem Trinkglas durch, lässt sich der Zusammenhang von Auftrieb und verdrängter Flüssigkeitsmenge gleichzeitig beobachten

und der erhöhte hydrostatische Druck am Boden des Glases mit der Waagenanzeige verbinden.

Wichtig bei dieser Untersuchung ist, den Schülerinnen und Schülern Zeit zu lassen, ihre Vorstellungen zu formulieren und sich ihrer Fehlvorstellungen zum Auftrieb bewusst zu werden. Vermutlich wird die richtige Lösung der Aufgabe auch durch die Vorstellung behindert, dass ohne Berühren des Glases keine Kraft neben dem Gewicht des Wassers auf die Waage übertragen wird.

Interessant könnte es auch sein, Argumentationen zum Auftrieb zu folgen, wenn statt des eingetauchten Fingers ein Stück Kork auf die Wasseroberfläche oder eine Glasperle ins Glas gelegt wird. Die Änderung der Anzeige wird in diesen Fällen wohl richtig vorhergesagt werden.

Für uns hat dieses Experiment wieder einmal bewiesen, dass es nicht genügt, einen Begriff wie Auftrieb in der 2. Klasse einzuführen und ihn als "Unterstufenstoff" auf späteren Stufen einschließlich der Lehramtsausbildung als bekannt und unproblematisch vorauszusetzen

- [1] E. Boxhofer, E. Stütz, M. Turnwald, *Physikstunde 2*, Veritas Verlag, Linz 2000, S. 87
- [2] Wir wären für die Zusendung der originellsten (nicht unbedingt richtigen) Begründungen dankbar.



Ein Paar Frankfurter mit 120 g Masse wird zu einem Drittel eingetaucht, dadurch wird die im Bild unsichtbare Federwaage um 0,4 N entlastet.

36 PLUS LUCIS 1/2001 Freihandexperimente

Bücher

Phänomena - Aspekte der Realität in Physikaufgaben

Die CD-ROM zum Buch Hans Peter Dreyer u.a.

Sabe Verlag AG, Zürich 2000. ISBN 3-252-07209-2.

Nun liegt auch die CD-ROM zur Aufgabensammlung Phänomena vor. Sie enthält neben den Aufgaben der gedruckten Sammlung über 300 weitere Aufgaben. Zusätzlich gibt es Lösungen und zwar in knapper Form wie auch in umfangreicher Ausarbeitung, sozusagen als Musterlösungen. Die Aufgaben sind im Stil der bereits besprochenen Buchausgabe. Auf der CD-ROM sind sie als Wordfiles enthalten und können daher für den eigenen Bedarf modifiziert werden. Die verwendeten Grafiken sind im EPS-Format als Postscript-Files ebenfalls bearbeitbar.

Die Installation des Steuerprogramms ist problemlos, doch findet der Rezensent dieses Programm wenig hilfreich. Es bietet die Möglichkeit an, nach gewissen vorgegebenen Kategorien Aufgaben zusammen zu stellen. Es ist jedoch schwierig, bei den zahlreichen Wahlmöglichkeiten nicht ständig die leere Menge als Ergebnis zu erhalten. Ein konventionelles Inhaltverzeichnis mit kurzen Kommentaren wäre hilfreicher, es würde dann allerdings auch ein html-file für den Inhalt genügen und die Installation entfiele ebenfalls. Durch den Wegfall eines überflüssigen Datenbankprogramms hätte sich der Preis des Produkts senken lassen.

Wer das Buch schon verwendet, wird sich über die zusätzlichen Aufgaben freuen, wer das Buch noch nicht kennt, sollte sich die Aufgaben mal vornehmen. Nach Ansicht der Autoren sind sie für den Physik-Grundkurs an Schweizer Oberschulen geeignet. Auch das ein Grund zu schauen, ob sie auch in Österreich einsetzbar sind

Universum vor der Haustür

Die außergewöhnlichen Naturschätze des Raumes Gmünd

Ernst Wandaller, Dieter Manhart

Landesverlag St. Pölten - Linz - Wien, 1999, 191 S, ISBN 3-85214-744-1

Der Biologe Wandaller schildert die besonderen Naturschätze des Raumes Gmünd, die Tierwelt, die besonderen geologischen Formationen und insgesamt die Landschaft, die nach dem Fall des Eisernen Vorhangs unter den Druck wirtschaftlicher Nutzung gerieten, und die Bemühungen um den Erhalt dieser einzigartigen Landschaft. Unterstützt wird er dabei vom Fotografen Dieter Manhart, der vielen Mitgliedern durch seine Fotoseminare bei der Fortbildungswoche bekannt sein dürfte. Manharts Bilder verleihen dem Buch einen großen ästhetischen Wert, während uns der Text die Zusammenhänge und Besonderheiten der verschiedenen Lebensräume nahe bringt. Ein schönes Buch, das seinen Leser nachdenklich stimmt.

Forscher Geist

Sven Daubenmerkl

Mandelbaum Verlag Wien, 2000. 190 S, S 297,-. ISBN

Die Frage nach Verantwortung für die Folgen der Forschung steht im Zentrum eines packend geschriebenen Romans, der sich von den Farmhallpapieren inspirieren ließ. In Farmhall wurden 1945 Heisenberg, von Weizsäcker und sieben weitere Physiker interniert, die im "Uranverein" an der Nutzung der Kernenergie geforscht hatten. Dabei wurden sie mit versteckten Mikrophonen abgehört. Daubenmerkl läßt einen weiteren, allerdings fiktiven "Gast in Farmhall" gegen Ende seines Lebens eine Reise zurück in die Vergangenheit machen, um nochmals zu rekonstruieren, wie es damals war, und um der beunruhigenden Frage nachzugehen, ob er nicht doch bei der Nachricht vom ersten Atombombenabwurf bedauert habe, nicht auf der Seite der erfolgreichen Amerikaner das Problem der Isotopentrennung von Uran gelöst zu haben. Gleichzeitig liefert der Verfasser eine stimmige Schilderung der Tage zu Kriegsende. Zur Frage der Verantwortung des Wissenschaftlers kann Daubenmerkl auch keine andere Antwort geben als, dass die Umsetzung der von der Wissenschaft vorgezeichneten Möglichkeiten in die Tat oder der Verzicht darauf eine politische Entscheidung voraussetzt, zu deren Vorbereitung die Wissenschaftler beizutragen hätten.

Daubenmerkl unterrichtet nach früherer Arbeit als Chemiker in der Industrie als Lehrer für Physik und Chemie an einer oberösterreichischen Hauptschule, daneben ist er als Literat und Motor zahlreicher kultureller Veranstaltungen bekannt. Für den Roman hat er intensive Recherchen durchgeführt, den letzten lebenden Physiker des Uranvereins, C. F. von Weizsäkker, interviewt, sich bei Wissenschaftshistorikern informiert, etc. Diese Gründlichkeit in der Beschaffung der Grundinformationen gepaart mit einer ausdruckstarken Sprache haben zu einem Werk geführt, das uneingeschränkt empfohlen werden kann

PAKMA 2.5

Physik interaktiv simulieren, messen, reproduzieren, modellieren und analysieren

Dieter Heuer

CD-ROM zu Lösungsband von Dorn-Bader Physik 11. Schroedel Verlag Hannover 1998. ISBN 3-507-10730-9.

Ursprünglich konzipiert als Programmsystem zur Unterstützung der Meßwerterfassung durch abstrakte grafische Darstellungen hat PAKMA eine lange Entwicklungszeit hinter sich. Die ersten Versionen waren für C64-Rechner, nun liegt eine mustergültige Windowsversion vor, die auf HTML zur Darstellung von Texten und einem Turbo-Pascal/Windows-Compiler aufbaut. Hauptsächlich zur Mechanik, aber auch zur Elektrodynamik und Wärmelehre liegen gut dokumentierte Experimente, teils mit Realdaten, teils als reine Simulationen, vor.

38 PLUS LUCIS 1/2001 Bücher

Die Verwendung eines Browsers zur Textanzeige erlaubt eine einheitliche, dem jeweiligen PC angepaßte Darstellung, aus der die einzelnen, Projekt genannten Simulationen aufgerufen werden. Da diese sehr flexibel sind und auch bei etwas Vertrauen in eigene elementare Programmierkenntnisse veränderbar sind, hat man mit dieser CD ein gelungenes Paket, das sich auch eigenen didaktischen Intentionen anpassen lässt. Da der Turbopascal-Compiler gleichzeitig installiert wird, sind Modifikationen der Programme möglich.

Durch die Darstellung desselben Sachverhalts auf verschiedenen Abstraktionsstufen wird der Lerneffekt erhöht. Wie bei allen komplexeren Programmsystemen ist allerdings eine gewisse Anfangshürde vorhanden, es erfordert Einarbeitung und auch für den Lehrer Übung. Dann allerdings ist es ein sehr brauchbares Hilfsmittel für den Unterricht.

Mathematik für Naturwissenschaftler

Lern und Übungssoftware

Klaus Weltner

Edition CyberMedien, Vieweg, Braunschweig 1998, ISBN 3-528-06775-6

In Verbindung mit Band 1 des bewährten Lehrbuchs *Mathematik für Physiker* von Klaus Weltner liegt in der CD-ROM (Windows) ein interaktives Übungsheft vor, in dem sich der Stoff wiederholen lässt und Aufgaben das Verständnis überprüfen. Die folgenden Inhalte werden dabei erfasst: Vektoralgebra, Skalar- und Vektorprodukt, Einfache Funktionen, Potenzen, Differentialrechnung, Integralrechnung, Taylorreihen, Komplexe Zahlen.

Was könnte der Mehrwert der CD-ROM im Vergleich zum bewährten Leitprogramm, den in Buchform erschienenen Übungsbänden zum zweibändigen Lehrbuch sein? On-line-Hilfe, Manipulation von Objekten am Bildschirm, Überprüfung der Richtigkeit. Was ist der Preis für die Nutzung eines optisch ansprechenden Produkts? Das Herumschlagen mit einer widerspenstigen Steuerung, die durch die Verwendung von Toolbook anstelle eines Browser zustande kommt.

Das Lehrbuch bringt in einer sehr gut auf die Bedürfnisse der Studienanfänger abgestimmten Darstellung die wesentliche Mathematik, die Studierende der Naturwissenschaften brauchen, wobei es für Physiker für den ersten Studienabschnitt reicht. (Im zweiten Band stechen Wahrscheinlichkeit, Funktionentheorie und Differentialgleichungen hervor.) Die Praxiserprobung des Buches in einem Mathematikkurs für Lehramtskandidaten für Physik, die nicht zugleich Mathematik studieren, hat - wohl auch dank des Engagements von Studierenden und Dozenten und der kleinen Gruppengröße - hat zu erfreulichen Leistungen geführt.

Zusätzlich gibt es - wenn sie nicht gerade vergriffen sind - die drei Bände des Leitprogramms mit zahllosen Übungsaufgaben, aber auch Tipps für das Studium.

Die Stimme

Instrument für Sprache, Gesang und Gefühl Leopold Mathelitsch, Gerhard Friedrich

Physik-compact Sonderthemen, kart., 112 S, öbv&hpt 2000, ISBN 3-209-03158-4

Immer wieder wird die Forderung erhoben, den Unterricht an der Lebenswelt zu orientieren. Akustik - nicht gerade ein Schwerpunkt im Lehrplan - ist dafür ideal geeignet. Hier findet sich die Verbindung zwischen der Schwingungslehre und dem eigenen Tun durch Singen und Musizieren. Das nun als Physik-compact-Sonderthema erschienene Büchlein, das in Zusammenarbeit des Physikdidaktikers Mathelitsch mit G. Friedrich, dem Leiter der Stimm- und Sprachheilkunde an der HNO-Universitätsklinik Graz, nun als Neuauflage eines früher bei Springer erschienenen Büchleins herausgekommen ist, schließt hier eine Lücke zwischen Ausbildung und Bedarf in der Praxis. Behandelt werden der Aufbau des Stimmapparats, die Entwicklung der Stimme im Individuum und in der Evolution, die Stimmen der Tiere, die kranke Stimme und - sehr eingehend - die Singstimme.

Flüssig geschrieben und mit guten Abbildungen ausgestattet stellt dieses Büchlein eine kompakte Einführung dar und sollte neben Immo Kadners Akustik (Aulis) in jeder Schulbibliothek vorhanden sein.

Theorie der Elementarteilchen

Klaus Sibold

Teubner Studienbücher Physik, brosch., 197 S., öS 291,-, B.G. Teubner, 1. Aufl., 2001, ISBN 3-519-03252-X

Siebold hat mit diesem Taschenbuch ein für den gedachten Leserkreis - Studierende ab dem 5. Semester - gut lesbares und neben Vorlesungen verwendbares, das Wesentliche betonende Büchlein vorgelegt. Auch für Lehrkräfte, die im Lauf des Studiums einen Einblick in die Teilchenphysik erhalten haben, könnte dieses Buch zur Auffrischung dienlich sein. Dabei ist besonders hervorzuheben, dass auch der Bezug zum Experiment hergestellt wird. Inhaltlich deckt es die Grundbegriffe der Quantenfeldtheorie, Symmetrien, die verschiedenen Wechselwirkungen, Eichtheorien, Renormierung der divergenten Terme der Störungstheorie sowie experimentelle Tests ab.

Bücher PLUS LUCIS 1/2001 39