

Standards

Von Standards ist heute viel die Rede. Mit fortschreitender Schulautonomie, mit dem Übergang von input-orientierten Lehrplänen, d.h. Stoffangaben für Lehrkräfte, zu output-orientierten Angaben von fachliche und überfachlichen Kompetenzen, die erreicht werden sollen, wird beispielsweise die Schnittstellenproblematik entdeckt. Und es ist rasch von der Notwendigkeit von Standards die Rede. Dass der Begriff Standard dabei nebulos ist, sollte nicht überraschen. Eine Begriffsklärung wäre recht zweckmäßig.

Nach dem Bildungsforscher Klieme vom Deutschen Institut für Internationale Pädagogische Forschung, Mitherausgeber einer Expertise *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards*, ist zunächst von *content standards* oder curricularen Standards zu sprechen. Diese beschreiben, welche Lernergebnisse, also Wissen, Haltungen, Einstellungen, Interessen und grundlegende Fähigkeiten die Schülerinnen und Schüler in einer gewissen Altersstufe erwerben sollen. Diese Standards müssen die Grundprinzipien des Lernens und die Leitbilder der Fächer klar darlegen.

Die Leistungsstandards (*performance standards*) gehen einen Schritt weiter und legen fest, welchen Grad an Kompetenzerreichung man für eine bestimmte Schülergruppe in einem bestimmten Alter vorsehen möchte. Damit werden Normen gesetzt, deren Erreichung überprüft werden muss, und damit öffnet sich das Feld für die Entwickler von Tests. Was sind erstrebenswerte oder ausreichende Leistungen, und wie kann man sie überprüfen? Dabei wird immer betont, dass nur der Erfolg des Unterrichts getestet wird, nicht aber wie dieser erfolgt - Wahrung der Autonomie der Lehrenden! Unklar bleibt, ob dies nun Mindeststandards sind.

Optimisten wie Klieme sehen darin ein Mittel, das Auseinanderdriften von einzelnen Schulen, von Schulformen und sogar Systemen zu verhindern. Schulabschlüsse sollten tatsächlich vergleichbar sein. (Dies war allerdings auch bisher die Wunschvorstellung, bei der Matura sollten Schulaufsicht und Vorsitzende dafür bürgen.) Und schließlich wird dabei erwartet, dass Schulen mit schlechten Ergebnissen ihre Anstrengungen verstärken und ihren Schülern eine messbar bessere Ausbildung vermitteln. Schulen sollten erfahren, wo sie in ihrer Gesamtheit stehen, nicht der einzelne Schüler steht zur Diskussion.

Dass diese Hoffnungen nicht immer aufgehen, zeigt eine Stimme aus den USA, von wo die Standarddiskussion ihren Ausgang genommen hat. Nach Auskunft eines Kollegen in Texas zeigen sich die Folgen irre geleiteter Intentionen zur Qualitätssteigerung durch anspruchsvolle Tests. Er schreibt im Diskussionsforum physlrm:

"I just had an interesting conversation with an elementary teacher. Many of the schools are now doing the following: In math and other subjects they have mandated a "scripted" curriculum. This means that the teachers are now teaching exactly according to a script with absolutely no deviations. The students get a test each week that resembles the high stakes test at the end of the year. Of course there is no time for music,

art, or reading books. Teachers are losing their skills, and older teachers are just waiting for retirement. My friend has just decided that she can no longer plan or even think about what she is doing. She just looks at what she will do the next day and does it ... The factory model now prevails in many schools, especially the Houston district."

An das Fließbandmodell des Bildungserwerbs glaubt hier zu Lande wohl niemand, Nutzen und Gefahren von Leistungsstandards wird man aber sehr kritisch betrachten müssen. Fehlen doch wirklich überzeugende Gründe, warum mit dem Übergang von Lehrzielen zu Lernzielen mehr als Kosmetik betrieben wird. Warum können realistische Lehrziele nicht auch realistische Lernziele sein?

Eine andere Art von Standards sind die Erwartungen, die an Profis ihres Fachs gestellt werden. Im Bereich der Schule: Welche Kompetenzen besitzen besonders professionelle Lehrpersonen, wie können sie in der Ausbildung grundgelegt werden? Professor Oser aus Fribourg/Schweiz hat dazu interessante Untersuchungen angestellt. Er stellte eine Liste mit 12 Standardgruppen von Lehrer-Schüler-Beziehungen bis zur fachdidaktischen Kompetenz vor, der er 88 einzelne Kompetenzen unterlegte. Kritisch wird es, wenn die Lehramtsstudierenden befragt werden, welche Kompetenzen im Studium als Basis für folgendes lebensbegleitendes Lernen vermittelt wurden. (Auf dieses Thema soll in einer kommenden Ausgabe von PLUS LUCIS genauer eingegangen werden.)

Mit diesen kurzen Bemerkungen ist der Thematik Standards natürlich nicht Rechnung getragen. Als Thema, das die Schule längere Zeit begleiten wird, sollte es in den Blick der Lehrerschaft treten und es wäre sinnvoll, in dieser Zeitschrift eine Diskussion zu Standards im naturwissenschaftlichen Unterricht zu führen.

Zum kommenden Jahreswechsel die besten Wünsche!

Ihr Helmut Kühnelt

Roman Ulrich Sexl-Preis 2003

Der Roman Ulrich Sexl-Preis 2003 der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft wurde je zur Hälfte vergeben an Herrn Prof. Mag. Stremitzer Bernd (BG Carnerigasse Graz) und an das Entwicklungsteam des "Naturwissenschaftlichen Labors", BG/BRG Leibnitz (Prof. Mag. Bernhard Ackerl, Prof. Mag. Christof Lang, Prof. Mag. Peter Oswald, Prof. Mag. Hermann Scherz und OstR. Mag. Karl Heinz Tinnacher) für ihre Leistungen zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts.

Wir gratulieren!

Lehrplan Physik für AHS-Oberstufe - neu 2004?

Helmut Kühnelt

Im Herbst 2004 kommen jene Schülerinnen und Schüler, die den reformierten Lehrplan 1999 als erste durchlaufen haben, in die Oberstufe. Daher soll ab Herbst 2004 ein neuer Oberstufenlehrplan gültig sein. Im Oktober 2002 wurden Lehrplangruppen durch das BMBWK eingesetzt, dem Trend der Zeit entsprechend "schlank", in Mathematik und in den Naturwissenschaften durch je 2 Personen aus dem Grundbildungsschwerpunkt S1 des Projekts IMST2 verstärkt, mit dem Auftrag an 3-4 Sitzungsterminen für die gesamte AHS-Oberstufe neue Lehrpläne zu erstellen. Dabei sollte im Vordergrund stehen, was Schülerinnen und Schüler nach dem Unterricht wissen und können sollten, nicht was die Lehrkräfte an Stoff bewältigen. Neben sehr strikten Vorgaben zum Seitenumfang wurde auch die Möglichkeit eröffnet, den Lehrstoff für mehrere Jahre anzugeben.

Anfang März waren die Entwürfe nach einer ersten Rückmeldeschleife als "endgültig" im Ministerium ab zu geben. Der "Entlastungserrlass" konterkarierte die Arbeit der Lehrplangruppen, als nachträglich die Stundentafeln geändert wurden, wodurch schulautonom die Zahl der Physikstunden in der Oberstufe im Gymnasium auf 5, im Realgymnasium auf 7 sinken darf. Da dabei die Schule den Lehrplan selbst erstellen muss, wird interessant zu sehen sein, welche Minimalleistungen in den schulautonomen Lehrplänen gefordert werden.

Der Lehrplan ist noch immer nicht erlassen - es heißt, dass die Juristen an der Arbeit sind, die Schulbücher müssen aber bereits für die neuen Pläne adaptiert werden. Es erscheint daher sinnvoll, die Kollegenschaft von den wesentlichen Änderungsvorschlägen zu informieren.

Was ist neu?

Die aus der Unterstufe bekannte Trennung in Kern- und Erweiterungsstoff entfällt, weil die Wahlpflichtfächer der schulautonomen Vertiefung und Erweiterung dienen. Der Lehrstoff ist daher Kernstoff, ein Rahmencharakter des Lehrplans ist nicht mehr gegeben. Statt dessen ist die Bearbeitungstiefe von der Lehrkraft den Umständen anzupassen.

Die im Lehrstoff angeführten wesentlichen physikalischen Konzepte sind schülerzentriert, ausgehend von der Erfahrungen der Schüler und Schülerinnen in ihrer natürlichen und technisierten Umwelt, anhand von geeigneten Themen, für die die Lehrpersonen letztverantwortlich sind, zu bearbeiten. Dabei ist exemplarisch an mindestens einer Thematik pro Schuljahr eine größere Erklärungstiefe anzustreben und vermehrte Möglichkeit zur eigenständigen Befassung zu geben. Dies kann auch fächerübergreifend durchgeführt werden. Durch das wiederholte Aufgreifen und Vernetzen von Konzepten und Grundbegriffen in verschiedenen Zusammenhängen soll das Erreichen der physikalischen Bildungsziele gewährleistet werden.

Die Lehrstoffangabe ist in Physik für die 5. und 6. Klasse, sowie für die 7. und 8. Klasse gemeinsam.

Die folgende Lehrstoffangabe, die eigentlich Schülerfähigkeiten und damit eher Lernstoff - ein gesetzlich nicht definierter Begriff - darstellt, bildet die Grundlage der Arbeit der Schulbuchautoren. (Die Abschnitte "Bildungs- und Lehraufgabe" und "Didaktische Grundsätze" des Fachlehrplans werden ministeriumsintern sicher stark verändert und an den Unterstufenlehrplan angepasst, sie werden daher hier nicht abgedruckt.)

zitiert aus dem Entwurf:

Lehrstoff

Die spezielle Methodik der Physik hat zu Konzepten geführt, von denen folgende besonders wichtig und jahrgangsübergreifend zu behandeln sind:

- Denken in Modellen
- Kausalitätskonzept
- Naturgesetze und deren Grenzen
- Vorhersagbarkeit über das Verhalten eines Systems
- Universelle Gültigkeit der Naturgesetze
- Teilchenkonzept
- Trägheitskonzept
- Energiekonzept
- Konzept der Erhaltungsgrößen
- Feldkonzept
- Konzept von Raum und Zeit

Die Wahl der in den Didaktischen Grundsätzen erwähnten Themen hat sich an der Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler und den Anwendungsbereichen zu orientieren und zu übergeordneten Einsichten zu führen.

Jede dieser Thematiken hat auf Grund einschlägiger Dabei ist unter Betonung der jeweils maßgeblichen Konzepte ein physikalisches Verständnis wesentlicher Vorgänge in Natur und Technik mit Schwerpunkten in Bereichen der klassischen Physik (5. und 6. Klasse) bzw. in Bereichen der modernen Physik (7. und 8. Klasse) aufzubauen.

In Schulformen mit insgesamt mehr als 7 Wochenstunden in der Oberstufe ist eine größere Erklärungstiefe als in den anderen Schulformen zu erzielen.

Lehrstoff der 5. und 6. Klasse

Mittels einfacher Schülerexperimente sollen die Schülerinnen und Schüler insbesondere die Fähigkeit zum Beobachten, Beschreiben und Berichten sowie zum Planen, Durchführen und Auswerten entwickeln.

Zur Erreichung der physikalischen Bildungsziele sollen die Schülerinnen und Schüler

- Größenordnungen im Mikro- und Makrokosmos und unsere Stellung im Universum kennen,
- Grundlagen der Elektrizitätslehre (einfacher Stromkreis, Spannung, Strom, elektrischer Widerstand, elektrische Energie und Umgang mit elektrischen Messgeräten) anwenden können,
- im Rahmen der Wärmelehre Zustände und Zustandsänderungen der Materie mit Hilfe des Teilchenkonzepts erklären können und zum nachhaltigen Umgang mit Energie befähigt werden, und bei angestrebter größerer Erklärungstiefe die Bedeutung der thermodynamischen Hauptsätze verstehen,
- mit Hilfe der Bewegungslehre (Relativität von Ruhe und Bewegung, Bewegungsänderung: Energieumsatz und Kräfte, geradlinige und kreisförmige Bewegung, Impuls und Drehimpuls, Modell der eindimensionalen harmonischen Schwingung) Verständnis für Vorgänge beispielsweise im Verkehrsgeschehen oder bei den Planetenbewegungen entwickeln,
- mit Hilfe von Grundeigenschaften mechanischer Wellen Verständnis für Vorgänge beispielsweise aus Akustik oder Seismik entwickeln und als Mittel zur Energie- und Informationsübertragung verstehen.

Lehrstoff der 7. und 8. Klasse

Die Schülerinnen und Schüler sollen die bisher entwickelten methodischen und fachlichen Kompetenzen vertiefen und darüber hinaus Einblicke in die Theorieentwicklung und in das Weltbild der modernen Physik gewinnen. Sie sollen verstärkt Querverbindungen mit anderen Bereichen knüpfen können. Sie sollen den Einfluss der aktuellen Physik auf Gesellschaft und Arbeitswelt verstehen.

Zur Unterstützung des Unterrichts aus Chemie ist zu Beginn der 7. Klasse das Atommodell in moderner Sichtweise zu behandeln.

Zur Erreichung der physikalischen Bildungsziele sollen die Schülerinnen und Schüler

- Licht als Überträger von Energie begreifen und über den Mechanismus der Absorption und Emission die Grundzüge der modernen Atomphysik (Spektren, Energieniveaus, Modell der Atomhülle, Heisenberg'sche Unschärferelation, Beugung und Interferenz von Quanten, statistische Deutung) verstehen,
- mit Hilfe der Elektrodynamik Grundphänomene elektrischer und magnetischer Felder (Feldquellen, Induktionsprinzip, elektromagnetische Wellen, Licht, Polarisation, Beugung) erklären können, einfache technische Anwen-

dungen verstehen und ein sicherheitsbewusstes Handeln im Umgang mit elektrischen Anlagen entwickeln,

- Einblicke in den Strahlungshaushalt der Erde gewinnen und Grundlagen der konventionellen und alternativen Energiebereitstellung erarbeiten,
- Einblick in kernphysikalische Grundlagen (Aufbau und Stabilität der Kerne, ionisierende Strahlung, Energiequelle der Sonne, medizinische und technische Anwendungen) gewinnen und die Problematik des Umganges mit Quellen ionisierender Strahlung verstehen,
- Einblicke in die Struktur von Raum und Zeit (Entwicklungsprozess von Weltansichten zur modernen Kosmologie, Gravitationsfeld, Grundgedanken der speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie, Aufbau und Entwicklung des Universums) gewinnen,
- Verständnis für Paradigmenwechsel beispielsweise an Hand der Deutungsproblematik der Quantenphysik oder des Problemkreises Ordnung und Chaos entwickeln,
- Einblick in die Bedeutung der Materialwissenschaften (Miniaturisierung, Erzielung definierter Eigenschaften durch kontrollierte Manipulation, Bionik) gewinnen und deren physikalische Grundlagen erkennen,
- Verständnis in die schrittweise Verfeinerung des Teilchenkonzepts, ausgehend von den antiken Vorstellungen bis zur Physik der Quarks und Leptonen, gewinnen und damit die Vorläufigkeit wissenschaftlicher Erkenntnisse verstehen.

Es sei nochmals darauf verwiesen, dass dies nur ein Entwurf ist. Er erfüllt die Forderungen nach Schülerorientierung und einer überprüfbaren naturwissenschaftlichen Grundbildung.

Themen oder Kontexte als Strukturelemente des naturwissenschaftlichen Unterrichts

Heinz Muckenfuß

Themenorientierung - eine gut begründete Forderung an den naturwissenschaftlichen Unterricht?

Gegenwärtig entstehen in Deutschland viele Lehrpläne, die in einer Abkehr vom differenzierten Fachunterricht in Physik, Chemie und Biologie zugunsten eines integrierten Faches "Naturwissenschaften" den Schlüssel für die Lösung akuter Bildungsprobleme im Bereich der Naturwissenschaften sehen. Dabei geht es nicht nur um eine organisatorische Zusammenführung der bisherigen Einzelfächer sondern um eine inhaltliche Neugestaltung. Sie wird in einem aktuellen Lehrplanentwurf des Landes Nordrhein-Westfalen für das Fach Naturwissenschaften global so beschrieben:

"Hierzu werden die naturwissenschaftlichen Phänomene und Fragestellungen nach Rahmenthemen strukturiert, die ganzheitliche Erfahrungszusammenhänge aus Schülersicht repräsentieren" [1]. Dieser Lehrplan nennt für die Klassenstufe 5/6 folgende Rahmenthemen:

- Mein Körper - Meine Gesundheit
- Wahrnehmung mit allen Sinnen
- Pflanzen - Tiere - Lebensräume
- Wege in die Welt des Kleinen
- Geräte und Stoffe im Alltag
- Sonne - Wetter - Jahreszeiten

Andere Lehrpläne formulieren andere Themen: prinzipiell ist der Themenschatz, den uns das Leben anbietet, unerschöpflich. Weniger klar ist, in welchem Maß und welchem Umfang die Themenkompositionen wirklich "die naturwissenschaftlichen Phänomene und Fragestellungen strukturieren". Die Darstellung der Kriterien, die jeweils zu der spezifischen Auswahl und Formulierung eines Themensatzes geführt haben, ist bisher noch sehr lückenhaft. Neben der lebenspraktischen Relevanz eines Themas ist zumeist auch das Bemühen zu erkennen, Inhalte und Verfahren der traditionellen naturwissenschaftlichen Fächer abzudecken, wobei in dieser Hinsicht nicht immer "mit offenen Karten gespielt" wird. Denn eine Darlegung derjenigen naturwissenschaftlichen Begriffe, Gesetze, Verfahren und Fähigkeiten, die über einzelne Themen hinausweisend schließlich ein von den Themen unabhängiges naturwissenschaftliches Kompetenzgefüge konstituieren sollen, erfolgt in den mir bekannten Bildungsplänen und Entwürfen dieser Art bisher nicht. Man kann das auch anders formulieren: Sieht man von den deklamatorischen Erklärungen in den Präambeln der Bildungspläne ab, bleibt offen, ob und in-

wieweit die Themen als Mittel fungieren, übergeordnete fachliche Kompetenzen aufzubauen oder ob ihre Bearbeitung selbst schon das Unterrichtsziel ist.

Der unbestreitbare Misserfolg des traditionellen Fachunterrichts einerseits und Legitimations- und Theoriedefizite neuerer Ansätze andererseits polarisieren gegenwärtig die didaktische Diskussion in folgender Weise:

Die Protagonisten der geschilderten Art von Themenorientierung sehen in ihr einen programmatischen Gegensatz zum fachsystematischen Unterricht, d. h., sie betrachten Themenorientierung als Grundlage und Spezifikum eines nicht mehr nach den traditionellen Fächern geordneten Unterrichts. Dabei wird explizit oder implizit unterstellt, Fachunterricht sei unabänderlich "nur" systematisch ausgerichtet und somit unausweichlich lebensfern. Besonders in den Fächern Physik und Chemie werde durch die fachsystematische Curriculumstruktur verhindert, dass Lernen als sinnvolle Aktivität erlebt wird. (Für Biologie wäre eine differenziertere Betrachtung notwendig.) Themenorientierter Unterricht - so wird argumentiert - greife dagegen nahezu zwangsläufig die Interessen der Schülerschaft auf, knüpfe an deren Vorerfahrung und ihren Präkonzepten an und sei per Definition lebensnah und sinnstiftend.

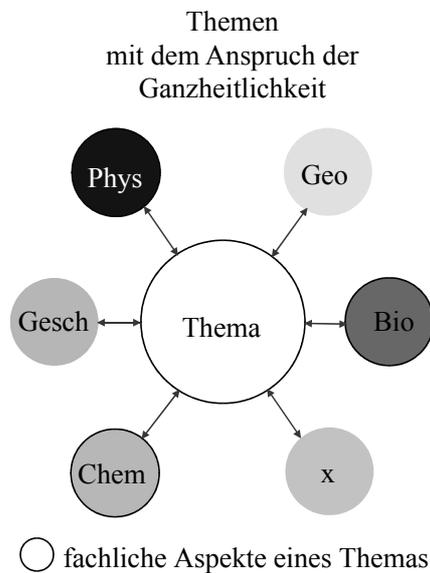
Auf der anderen Seite befürchten viele Fachlehrkräfte, dass mit dem Verschwinden der naturwissenschaftlichen Einzelfächer auch wichtige Ordnungsstrukturen für eine angemessene Sichtweise und Durchdringung unserer wissenschaftsgeprägten Welt verloren gehen, und dass die inhaltliche Gestaltung des Unterrichts der Beliebigkeit anheim fällt, weil sich allein aus der Fülle möglicher Themen keine Kriterien für das Ziel und den Aufbau eines naturwissenschaftlichen Gesamtfaches ergeben.

Im Folgenden wird versucht Argumente zu entwickeln, die aus diesem unfruchtbaren Schwarz-Weiß-Schematismus herausführen könnten. Dazu möchte ich zunächst das Konstruktionsprinzip und die Begründungen für die geschilderten themenorientierten Curricula kritisch betrachten und anschließend aufzeigen, wie mit einer besonderen Form der Themenorientierung - nämlich mit Hilfe sogenannter sinnstiftender Kontexte - systematisches Lernen realisiert werden kann.

Kritische Betrachtung der Konstruktionsweise aktueller themenorientierter Curricula

Die Bildungsplaner legen dem naturwissenschaftlichen Einheitsfach Themen mit dem Anspruch der "Ganzheitlichkeit" zugrunde. Ihre Komplexität ist gewünscht, denn sie ermöglicht prinzipiell Zugänge aus vielen verschiedenen fachlichen Perspektiven. Dem curricularen Konstruktionsprinzip liegt die Auffassung zugrunde, dass die Gliederung des Unterrichts in Fächer eine Zergliederung der Erfahrungswelt bewirkt, die der Komplexität der Welt nicht gerecht wird und auch nicht den

Dr. Heinz Muckenfuß, Pädagogische Hochschule Weingarten, Kirchplatz 2, D-88250 Weingarten, e-mail: muckenfuss@ph-weingarten.de; homepage <http://www.heinz-muckenfuss.de/>
Vortrag auf der IMST & NWW Tagung am 2. Oktober 2003; Programmtitel: "Themenorientierung und Fachsystematik - wie geht das unter einen Hut?".
Bei dem Vortrag handelt es sich um die überarbeitete Version eines Referates auf der MNU-Jahreshauptversammlung am 16. April 2003 in Frankfurt



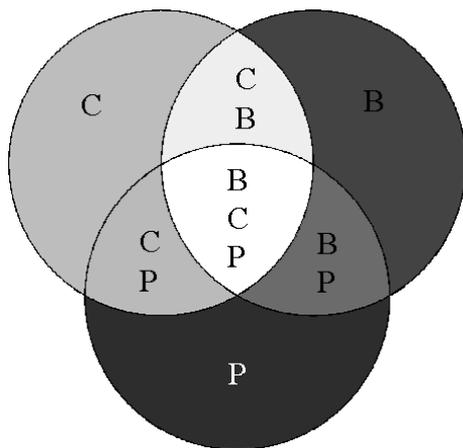
Lernbedürfnissen und Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler entspricht. Viele Aspekte an dieser Argumentation leuchten spontan ein. Zumindest wirken sie auf Nicht-Naturwissenschaftler so überzeugend, dass sie auch den Rückhalt vieler Bildungspolitiker finden. Prüft man aber die Argumente genauer, dann zeigen sich m. E. doch gravierende Probleme:

- Das Zergliedern ganzheitlicher Erfahrungszusammenhänge soll vermieden werden. Jedoch gehört das Zerlegen komplexer Sachverhalte in überschaubare Teilprobleme seit Descartes zu den Fundamenten der naturwissenschaftlichen Methode [2]. Die Entwicklung der Wissenschaften verdankt ihren erfolgreichen Verlauf nicht zuletzt dieser Strategie. Wenn in der Didaktik diesbezüglich Fehler gemacht werden, dann bestehen sie darin, dass der *Vorgang des Ausgliederns* bzw. des "Aspektierens" - also das, was Wagensein den Aspektcharakter eines Unterrichtsfaches nannte - dass dieser Vorgang nicht ausreichend bewusst gemacht wird. Ebenso wie man die Einsicht in den Aspektcharakter häufig vernachlässigt, wird vielfach auch die Reintegration aspekthafter Erkenntnisse in einen Gesamtzusammenhang versäumt, der eine angemessene Bewertung und Bedeutungszuweisung erst ermöglicht. Ohne die *bewusst gemachte* Ausgliederung und Reintegration entsteht der falsche Eindruck, ein Fach wie z. B. die Physik beschreibe die Welt so wie sie wirklich sei, was einem überzogenen Wahrheitsanspruch wissenschaftlicher Erkenntnis gleichkommt. Nicht der Verzicht auf eine wichtige Strategie naturwissenschaftlichen Erkennens löst also das didaktische Problem, sondern das Bewusstmachen der damit verknüpften Grenzen der Erkenntnis.
- Das Argument, das Lernen der Kinder sei ganzheitlich orientiert und folge natürlicherweise nicht der Logik der Fächer, ist insofern ernst zu nehmen, als wir ihnen dabei helfen müssen, diese ganzheitliche Sicht der Welt zu einem möglichst differenzierten Weltbild weiter zu entwickeln. Ganzheitlichkeit und die Fähigkeit Probleme in einzelne fachliche Aspekte zu differenzieren dürfen sich nicht ausschließen. Als ideologisches Postulat wird Ganzheitlichkeit nur zum geistigen Gefängnis, wie alle Ideologien. Ein an den Systematiken der Fächer orientierter Unterricht eröffnet die Chance, eine undifferenziert-ganzheitliche Sicht der Welt durch die Integration differenzierender Aspekte der fachlichen Disziplinen zu erweitern. Ich behaupte nicht,

dass das im traditionellen Fachunterricht bisher gelungen ist, bin aber davon überzeugt, dass es gelingen kann. Dass der ganzheitliche Zugriff einem spontanen Bedürfnis entspricht, ist keine ausreichende Begründung für die Ausklammerung anderer Erkenntniswege. Schließlich verzichten wir ja auch nicht darauf, jungen Kindern das Lesen beizubringen, bloß weil sie lieber Bilderbücher anschauen würden.

- Als weiteres wichtiges Argument für den ganzheitlichen Ansatz wird angeführt, dass in einer zunehmend komplexeren Welt die Probleme immer weniger durch einzelfachliche Zugriffsweisen gelöst werden können. Man müsse deshalb die Probleme ganzheitlich angehen. Dass alles mit allem zusammenhängt, fällt in einer globalisierten Welt natürlich deutlicher ins Auge und ist uns heute deshalb bewusster als früher. Die Forderung, die Auswirkungen bestimmter Maßnahmen zur Veränderung der Welt umfassender in den Blick zu nehmen als in der Vergangenheit, halte ich uneingeschränkt für gerechtfertigt. Das spricht für eine möglichst differenzierte Betrachtung aller erkennbaren Aspekte, aber nicht gegen eine Spezialisierung unserer Wissensbestände über diese Welt. Je umfassender diese werden, desto stärker sind wir auf Spezialisierung angewiesen. Deshalb differenzieren sich Berufsbilder oder Studiengänge an den Hochschulen immer stärker aus. Nicht die Abschaffung des Spezialwissens oder der Spezialisten löst das Problem zunehmender Komplexität, sondern die Fähigkeit, viele spezielle Kenntnisse zu integrieren - was u. A. die Fähigkeit von Spezialisten voraussetzt, fruchtbar miteinander zu kooperieren. Dass diese Fähigkeit durch die Schule angebahnt werden muss, steht für mich außer Zweifel. Das hat aber nichts mit der Fächerstruktur zu tun, sondern mit Unterrichtsmethoden.
- Mit dem ganzheitlichen Ansatz für themenorientierten Unterricht wird die Forderung verknüpft, die Fächer abzuschaffen und sie durch "Lernfelder" oder "Lernbereiche" zu ersetzen. Diese stellen in den konkret vorgeschlagenen Ausprägungen, z.B. in Form des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts, einen pragmatischen Kompromiss dar, mit recht willkürlich anmutenden Grenzziehungen. Die Grenzen der Lernbereiche schaffen ja nur ein neues Innen und Außen, wobei keineswegs feststeht, dass die Probleme, die von den neuen Grenzen hervorgerufen werden, geringer sind als die bisherigen. In meiner 20-jährigen Erfahrung mit der Konstruktion kontextorientierter Curricula für den Physikunterricht haben sich z.B. viele Kooperationsbedürfnisse mit Fächern außerhalb der Naturwissenschaften ergeben. Die Kultur- und Wissenschaftsgeschichte ist fast immer tangiert, in der Optik gab es die Zusammenarbeit mit den Fächern Kunst und Biologie, in der Thermodynamik (Wetterkunde) neben den Verbindungen zur Biologie und Chemie auch solche zur Geografie und zu sozialkundlichen Fächern (Lebensformen, Migrationsbewegungen). Ständig stimmen wir uns mit dem Fach Technik ab, immer wieder auch mit dem Fach Deutsch. Am größten ist der Kooperationsbedarf mit dem Fach Mathematik. Warum fordert eigentlich niemand die Integration der Fächer Mathematik und Physik? - Natürlich fallen uns dazu viele Gegenargumente ein. Man sollte sie einmal daraufhin prüfen, ob sie für die Fächer Biologie oder Chemie wirklich weniger überzeugend sind!

- Die von Thema zu Thema wünschenswerte Kooperationen mit wechselnden Fächern außerhalb der Naturwissenschaften wird durch integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht nicht erleichtert - im Gegenteil: Die Abstimmung der Inhalte verschiedener Naturwissenschaften kostet soviel Kraft, dass "Seitenblicke" über die Naturwissenschaften hinaus immer randständiger werden. "Die Kluft zwischen den zwei Kulturen", zwischen den Geistes- und Naturwissenschaften, die seit C. P. Snow sie benannt hat, nur gewachsen ist, wird jedenfalls durch die Gettoisierung der Naturwissenschaften in einem Lernbereich nicht leichter zu überbrücken sein als bisher.
- Den curricularen Vorgaben für Lernbereiche, in denen die drei Naturwissenschaften integriert sind, liegt meistens das Schema der nebenstehenden Abbildung zugrunde. Tendenziell hat die thematische Besetzung der gemeinsamen Schnittmenge Priorität. Das gelingt aber nur bei wenigen Themen, z. B. bei der Struktur Boden, Wasser, Luft, Energie, die nicht nur zufällig an die antiken "Elemente" erinnert (s. u.). Deshalb wird nach Themen gesucht, die wenigstens in zweien der drei Fächer von Bedeutung sind - und nur im "Notfall" greift man auf fachspezifische Themen zurück. Es ist klar, dass auf diese Weise die Gefahr entsteht, dass der systematische Kern der Fächer überhaupt nicht erreicht wird, weil wesentliche Teile der Systematiken außerhalb der Schnittmengen liegen.



Schematische Struktur der curricularen Vorgaben für den Lernbereich Naturwissenschaften

Dieses Problem verschärft sich dadurch, dass das Verhältnis der drei naturwissenschaftlichen Fächer untereinander überhaupt nicht so symmetrisch ist, wie es dieses Bild suggeriert. Die elementare Physik der Sekundarstufe I lässt sich nämlich prinzipiell ohne Rücksicht auf die Biologie oder Chemie lehren und lernen, womit ich natürlich nicht sagen will, dass das wünschenswert wäre. Die Chemie ist auf Begriffe und Gesetze angewiesen, die im System der Physik definiert sind (Masse, Energie, Kraft, Ladung usw.), kommt aber ohne die Biologie aus. Diese wiederum muss auf Grundlagen der beiden anderen Naturwissenschaften zurückgreifen. Diese Asymmetrie beschert besonders der Physik eine Zulieferungsfunktion, auf die sie dann auch in vielen Teilen reduziert wird. Ein aus fachdidaktischer Sicht konsistenter bzw. systematischer Aufbau physikalischer Kompetenzen wird dadurch sehr erschwert, wenn nicht gar unmöglich. Für den physikalischen Fachunterricht vorge-

schlagenen Curricula verlieren während des Prozesses der Integration das fachdidaktisch begründete "Tuning", was sich z. B. an entsprechenden Schulbuchentwicklungen nachweisen lässt. Ein systematischer Aufbau gelingt am ehesten noch im biologischen Bereich, weil dort das Bemühen nicht durch Zulieferungsforderungen der Fächer Physik und Chemie gestört wird. In den konkreten Diskussionen mit Lehrkräften, die Naturwissenschaften integriert unterrichten oder sich darauf vorbereiten, wird dies oft als verschmerzbarer Nachteil gesehen. Das liegt aber vielleicht nur daran, dass die allermeisten dieser Lehrkräfte eine Ausbildung im Fach Biologie haben und zumindest gegenüber dem Fach Physik ohnehin eine möglichst große Distanz einnehmen.

Ich verkenne trotz dieser Kritik an diesem ganzheitlichen Ansatz des themenorientierten Unterrichts nicht die pädagogischen Vorteile, die mit der Schaffung von Lernbereichen verbunden sein können. Dabei denke ich vor allem an die Gestaltungsspielräume, die ein größeres Budget an Wochenstunden mit sich bringt, wenn tatsächlich der ganze Lernbereich von einer Lehrkraft unterrichtet wird. Dass dabei allerdings das zusätzliche Problem der Qualifizierung von "Naturwissenschaftslehrkräften" auftaucht, steht auf einem anderen Blatt, ebenso die Gefahr, dass sich an einem scheinbar vergrößerten Zeitbudget leichter weitere Kürzungen vornehmen lassen, als an sogenannten "kleinen" Fächern.

Die offensichtlichen pädagogischen Vorteile der Einbeziehung alltagsrelevanter Themen in die Unterrichtsgestaltung lässt es ratsam erscheinen, nach Wegen zu suchen, systematisches Lernen und das Lernen an Themen zu verknüpfen. Die Schwierigkeiten, die sich dabei auftun, haben mit den unterschiedlichen Ordnungskriterien zu tun, die dem Erfahrungswissen - dem common sense - und der Wissenschaft zugrunde liegen. Dies will ich in gebotener Kürze erläutern. Ausführlicher habe ich mich damit an anderer Stelle befasst [3].

Ordnungsstrukturen in thematischer und systematischer Hinsicht

Erkennen heißt Ordnen. Für das Zurechtkommen in der Welt sind wir darauf angewiesen, Zusammenhänge herzustellen und Unterscheidungen vorzunehmen. Wir tun dies unablässig auf der Grundlage unserer Wahrnehmung und der Erfahrung, die im praktischen Lebensvollzug akkumuliert. Auf diese Weise entsteht der sogenannte common sense, der "gesunde Menschenverstand", auf den wir im Alltag angewiesen sind. Ganzheitliche Themen im bisher genannten Sinn spiegeln daher eine erfahrungsorientierte Ordnungsstruktur wider, die auch für Laien - z. B. für Bildungspolitiker - unmittelbar einsichtig, also plausibel ist. Bis zur Renaissance waren die so gewonnenen Ordnungsstrukturen auch Grundlage des wissenschaftlichen Weltbildes. Die "Elemente" der antiken Wissenschaft, Erde, Wasser, Luft und Feuer sind in diesem Sinne plausible Ordnungsstrukturen. Deshalb sind sie als Themen auch in aktuellen Curriculumentwürfen vertreten.

Beginnend mit der neuzeitlichen Physik in der Renaissance hat die Wissenschaft die Welt nach dem Kriterium der Vernünftigkeit geordnet. Es ist ein Charakteristikum der Epoche der Aufklärung, dass dem Vernunftgemäßen der Vorrang gegenüber der Wahrnehmung und unmittelbaren Welterfahrung

eingräumt wurde. Leider hat sich dabei als Komplikation ergeben, dass das Vernunftgemäße nicht immer plausibel und das Plausible nicht immer vernunftgemäß ist. So sagte Galilei in Bezug auf die kopernikanische Deutung der Himmelsbewegungen:

"Ich kann nicht genug die Geisteshöhe derer bewundern, die sich ihr angeschlossen [der Ansicht, dass die Erde sich dreht; H.M.] und sie für wahr gehalten, die durch die Lebendigkeit ihres Geistes den eigenen Sinnen Gewalt angethan derart, dass sie, was die Vernunft gebot, über den offenbarsten gegenteiligen Sinnenschein zu stellen vermochten." (Galileo Galilei: *Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme, das Ptolemäische und das Kopernikanische*. Leipzig 1891, S. 342) Galilei kämpfte mit ganzer Kraft für die Ablösung des erfahrungsgeladenen aristotelischen Weltbildes. C. F. v. Weizsäcker charakterisiert dies so: "Galilei tat seinen großen Schritt, indem er wagte, die Welt so zu beschreiben, wie wir sie nicht erfahren". Galilei steht hier natürlich nur als typischer Repräsentant einer neuen Weise der Weltbemächtigung, die keineswegs nur eine geistige war.

Descartes stellt den Zweifel am Plausiblen aller wahren Erkenntnis voran, so wie schließlich die gesamte neuzeitliche Wissenschaft die Prinzipien der Vernunft "über den offenbarsten Sinnenschein" stellte. Viele - wohl die meisten - grundlegenden Konzepte und Begriffe der Physik (und auch der Chemie) stehen zunächst scheinbar im Widerspruch zu unserer Erfahrung. Ich erwähne einige Beispiele:

- Dass man die Augen als Lichtempfänger betrachten kann, lehrt uns nicht die Alltagserfahrung, sondern die Physik. Die Alltagssprache drückt aus, wie wir den Sehvorgang erfahren: "Man muss genau hinschauen"; man kann "einen Blick auf seinen Nachbarn werfen", der dann vielleicht auf dessen Nacken ruht; jemand hat "einen stechenden Blick", oder man "schaut zum Fenster hinaus". Unsere Alltagssprache orientiert sich an der Erfahrung und enthält deshalb keinen Hinweis auf das Auge als Lichtempfänger, auf Lichtstrahlen, die Punkt für Punkt ein Bild erzeugen usw.. Die physikalische Weise, die Sichtbarkeit der Welt über "Strahlengänge" zu erklären, bei denen die Strahlen nicht vom Auge sondern von den Gegenständen ausgehen, wurde im Abendland erst durch die Arbeiten Keplers zum Allgemeingut der Wissenschaften.



Eine der antiken Vorstellungen vom Sehvorgang: Nur wenn Sehstrahlen und Lichtstrahlen zusammentreffen kommt es zum Sehen.

- Weil wir das Licht *nicht* als Ausbreitungsvorgang erleben, nehmen wir auch Schatten nicht einfach als "Fehlen von Licht" wahr. Vielmehr sind Schatten in unserer Wahrnehmung etwas positiv Vorhandenes, eine Art Gegenstand, der

geworfen wird; man kann sich hineinsetzen in den Schatten, er kann länger oder kürzer werden, oder man kann mit ihm Schattenfangen spielen. Auch hier widerspricht das Wahrnehmungsschema der physikalischen Erklärung der Schatten als Ort, an dem etwas fehlt. Künstler und Literaten nutzen den Widerspruch, um unser Denken zu affizieren, z. B. in Comics, in denen Schatten mitternächtlich ihr Unwesen treiben, oder - um ein Beispiel aus der Weltliteratur anzuführen - in Adalbert v. Chamisso's Märchen "Peter Schlemihls wundersame Geschichte", in der die Hauptfigur ihren Schatten an den "grauen Herrn" verkauft.



...mung und physikalischer Erklärung

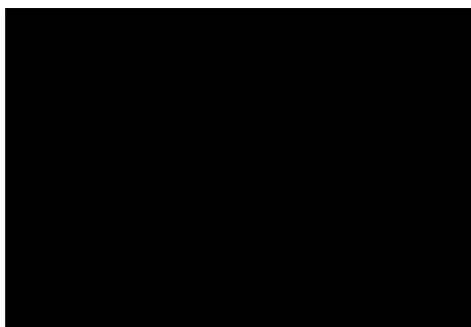
Was für den Schatten gilt, gilt auch für die Dunkelheit. Sie *bricht herein* oder *breitet sich aus*, der *Scheinwerfer durchdringt die Dunkelheit* - manchmal *bleibt das Dunkel auch undurchdringlich*. Goethe hat sich ein Leben lang geweigert, in der Dunkelheit nur das Fehlen von Licht - ein Negativum - zu sehen.

- Ähnlich polar nehmen wir Wärme und Kälte wahr. Physikalisch führt die Erfahrung nur in die Irre, dass *ein Pullover die Kälte abhält*. *Wem aber die Kälte gerade durch alle Knochen kriecht*, der wird den Physiker nicht ernst nehmen, der ihm weismachen will, es gäbe keine Kälte, nur die Wärme würde entweichen. Es ist nicht einmal einfach, Kindern begreiflich zu machen, dass ein Pullover keine Wärmequelle ist. Noch schwerer fällt es - so lehrt uns die Wissenschaftsgeschichte - zu akzeptieren, dass die Wärme und unsere Temperaturempfindungen etwas mit dem Gewusel von Teilchen zu tun haben, die unserer Wahrnehmung nicht zugänglich sind, aber vernunftgemäß als vorhanden gedacht werden müssen.
- "Warme Luft steigt auf" sagen wir so dahin, weil es unserer Erfahrung entspricht. (Manchmal steckt auch die Vorstellung dahinter, "die Wärme" sei es, die bevorzugt nach oben steigt und anderes mit sich reißt.) Das "Leichte geht nach oben", hat auch schon Aristoteles gesagt, weil diese Beschreibung eines scheinbar "natürlichen Verhaltens" unsere Erfahrung wiedergibt. Dass warme Luft nicht aus eigenem Vermögen aufsteigt, sondern von schwererer Kaltluft angehoben wird, diese physikalische Erkenntnis ist nicht evident, geschweige denn die zusätzliche Einschränkung, dass der Vorgang nur zustande kommt, wenn sich an der Grenze zwischen Kalt- und Warmluft ein Druckgefälle

zur Warmluft hin ausgebildet hat (was in der freien Natur nicht immer zutrifft).



- Wer Physik unterrichtet, erlebt regelmäßig, wie skeptisch Schülerinnen und Schüler gegenüber dem Trägheitsgesetz sind, das behauptet, man brauche keine Kraft, um die Bewegung eines Körpers aufrecht zu erhalten. Die physikalische Erklärung steht auch hier der Erfahrung, dem Sinnerchein entgegen. Nach dieser braucht man eine um so größere Kraft um einen Körper zu bewegen, je höher dessen Geschwindigkeit ist. Physiker behaupten dagegen, Kräfte dienen nur der Geschwindigkeitsänderung - man kann ohne Kraft oder Energieumwandlung Jahrtausende lang durchs Weltall rasen, solange man darauf verzichtet, die Geschwindigkeit ändern zu wollen.



Was hier an physikalischen Beispielen angeführt ist, ließe sich problemlos auch mit solchen aus der Chemie durchführen. Wer z. B. glaubt von der Geschmackswahrnehmung her begreifen zu können, was Chemiker unter einer Säure verstehen, befindet sich in der Sackgasse.

Die Reihe der Beispiele ließe sich beliebig verlängern. Das zeigt, dass es sich nicht um Ausnahmen sondern um ein Prinzip handelt: Die Wissenschaft ordnet die Welt nach Ideen, die sich nicht ohne weiteres aus der Erfahrung ergeben. Dadurch entstehen Zusammenhänge und Unterscheidungen, die dem common sense verborgen bleiben; ein Beispiel: Auf der Erdoberfläche verdunstet Wasser. Dazu muss ihm Energie zugeführt werden. In den Wolken kondensiert dieses Wasser und die Energie wird wieder an die Umgebung abgegeben. Der atmosphärische Wasserkreislauf transportiert also Energie von der Erdoberfläche in die höhere Troposphäre. Derselbe Vorgang läuft in jedem Kühlschrank ab, in dem durch den Kreislauf eines Kühlmittels Energie aus dem Kühlschrank in die Küche hinaus transportiert wird. Der Zusammenhang zwi-

schen Systemen und Prozessen aus ganz unterschiedlichen Erfahrungsbereichen ist phänomenologisch nicht gegeben. Er erschließt sich nur über das Ordnungssystem der Wissenschaften. Vielfach muss man sich vom Sinnerchein und von der Erfahrung lösen, um wissenschaftliche Ideen begreifen zu können. Bei den daraus erwachsenden Ordnungssystemen handelt es sich um die Systematiken der Fächer. Sie sind aber nicht ohne weiteres alltagsrelevant im Sinne der Brauchbarkeit oder Nützlichkeit im Rahmen alltäglicher Handlungsbedürfnisse. Diese entspringen ja dem common sense. Die wissenschaftliche Art der Erkenntnis dient mehr der geistigen Orientierung in einer komplexen Welt und konstituiert das Welt- Natur- und Menschenbild. Die mit den ganzheitlichen Themen verknüpfte Handlungs- und Praxisorientierung ist in diesem Licht keineswegs über Zweifel daran erhaben, dass sie hilfreich bei dem Bemühen ist, aus der Erfahrungswelt die Ordnungsstrukturen der Wissenschaft zu rekonstruieren.

Mit den Themen der eingangs geschilderten Art bewegen wir uns auf der Ebene der Erfahrungswelt. Von ihr aus in die Höhen der wissenschaftlichen Ideenwelt zu gelangen, bedarf der gleichen Anstrengung, die notwendig war, um die aristotelische Wissenschaft durch die neuzeitliche Naturwissenschaft zu ersetzen. Das heißt aber nichts anderes, als dass wir der Aufgabe, Schülerinnen und Schüler in die Gedankenwelt der Naturwissenschaft hineinzuführen, durch diese Art der Themenorientierung keinen Schritt näher kommen. Die höhere Motivation, die man von den Themen erwartet, gilt gegebenenfalls den alltagsrelevanten Aspekten des Themas und erstreckt sich nicht notwendig auf deren naturwissenschaftliche Erklärung. Der common sense oder die Präkonzepte liefern in den meisten Fällen handliche und plausible Deutungen mit denen man im Alltag sehr wohl zurecht kommt. Warum also sollte man sich um die umständlichen, spontan nicht plausiblen und vielfach schwierigen Konzepte bemühen, die von den Naturwissenschaften angeboten werden? Die Klimaanlage produziert eben Kälte, Wärme steigt nach oben und der elektrische Strom wird im Bügeleisen verheizt - wozu bitte, braucht man Physik?

Wenn sich themenorientierter Unterricht als Gegensatz oder Alternative zu einem Unterricht versteht, der sich an den Systematiken der Wissenschaften orientiert, dann läuft er Gefahr, im Erfahrungs- und Handlungswissen stecken zu bleiben und das Potential der abstrakten Ideenwelt nicht erschließen zu können. Diese Gefahr wurzelt in der Tendenz, nur jeweils solche Bruchstücke aus dem Ideengebäude herauszubereiten, die gerade zum jeweiligen Thema oder Problem aus der Erfahrungswelt passen. Dann aber bleibt von der Ideenwelt statt eines wohlgeordneten Gebäudes nur ein Trümmerhaufen in den Köpfen unserer Schülerinnen und Schüler. Es würde in diesem Fall eine mehr oder weniger große Menge an Kenntnissen über singuläre Themen gelernt, die unverbunden bleiben. Die Zukunftsbedeutung solcher Singularitäten bleibt aber fragwürdig, selbst wenn man sich bei der Konstruktion von Curricula an den berühmt gewordenen Schlüsselproblemen orientiert, von denen angenommen wird, dass sie der Menschheit noch lange erhalten bleiben. Niemand vermag heute zu sagen, was die Menschen in 20 Jahren umtreiben wird.

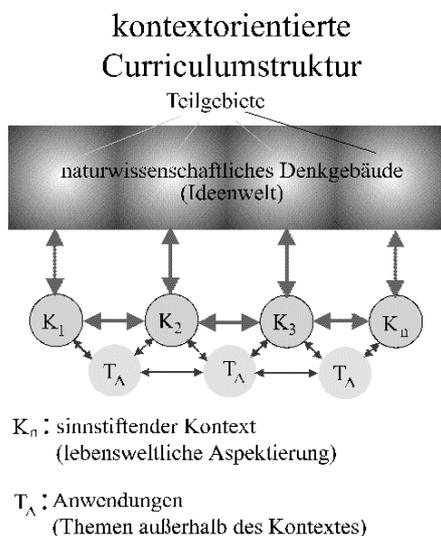
Das Beste, was wir tun können, ist Kompetenzen aufzubauen, die nicht an ein konkretes Thema gebunden bleiben, die also abstrakt und universell genug sind, um mit ihnen beliebig viele

Probleme, Sachverhalte oder Themen zu erschließen. Das bedeutet aber, dass wir nicht darauf verzichten können, unsere Schülerinnen und Schüler mit der abstrakten Ideenwelt der Naturwissenschaften soweit vertraut zu machen, dass sie für die Deutung ihrer Lebenswelt flexibel nutzbar wird. Handlungs- und Praxisorientierung werden aus dieser Sicht dann problematisch, wenn sie nicht mehr als sinnvolles pädagogische Mittel verstanden werden, sondern unter der Hand zum Unterrichtsziel mutieren. Mir scheint diese Umkehr der Ziel-Mittel-Relation z. B. nicht sehr fern zu liegen, wenn das neue Integrationsfach an Baden-Württembergs Realschulen die Bezeichnung "Naturwissenschaftliches Arbeiten (NWA)" trägt.

Wenn aber alles darauf ankommt, für unsere Schülerinnen und Schüler Wege aus der Erfahrungswelt in die Ideenwelt und aus dieser zurück in die Erfahrungswelt zu erschließen, dann muss auch die Erfahrungswelt unserer Schülerinnen und Schüler eine gewichtige Rolle im Naturwissenschaftlichen Unterricht spielen. Für die Lösung dieser Aufgabe halte ich eine bestimmte Form der Themenorientierung für ein geeignetes Mittel. Themenorientierter Unterricht ist aber dann keine Alternative zum systematisch orientierten Unterricht, sondern ein Mittel, um systematisches Lernen fruchtbar zu machen.

Kontextorientierung als Mittel für systematisches Lernen

Für das didaktische Modell, mit dem wir die Verknüpfung von Lebenswelt und Wissenschaft zu erreichen versuchen, habe ich vor längerer Zeit "sinnstiftende Kontexte" als charakteristische Strukturelemente vorgeschlagen. Mit Kontexten sind Themen - oder thematische Aspektierungen eines fachlichen Teilgebietes - gemeint, mit deren Hilfe relevante Teile des Netzwerkes aus der wissenschaftlichen Ideenwelt erschließbar sind. Diese Kontexte greifen - wie andere Themen auch - Inhalte oder Probleme aus der Lebenswelt auf, die für die Adressaten unseres Unterrichts subjektiv möglichst bedeutungsvoll sind. Im Gegensatz zur oben geschilderten Themenorientierung kommt es bei den Kontexten aber nicht in erster Linie auf die Möglichkeit des mehrperspektivischen Zugriffs an. Sie werden vielmehr so gewählt, dass mit ihrer Hilfe ein repräsentativer Teil der naturwissenschaftlichen Ideenwelt erschlossen werden kann.



Mit den Kontexten soll sich insgesamt der als bildungsbedeutend erkannte Bereich der Naturwissenschaften im Sinne eines Kompetenzgefüges konstituieren lassen. Dieser von der Ideenwelt der Wissenschaft her definierte Bausteinkarakter der sinnstiftenden Kontexte unterscheidet sie von den Themen im o.g. Sinn.

Für die Auswahl der Kontexte hat es sich - neben den bekannten pädagogischen Kriterien - als zweckmäßig erwiesen, sie so zu wählen, dass sie möglichst umfassend ein Teilgebiet der Fachsystematik abdecken. Dies fördert und fordert die Konzentration auf eine Sache, erleichtert es, auch auf der systematischen Ebene Zusammenhänge herzustellen und wirkt einer "Zerhäcksung" der Ideenwelt entgegen. Theoretisch ist es zwar von untergeordneter Bedeutung, ob man in dem Balken für die Ideenwelt ein einzelnes Fach oder die Summe aller Naturwissenschaften sieht. Die einzelnen Fachsystematiken müssen aber trotz der mehr oder weniger breiten Überlappungsbereiche als solche erkennbar bleiben, damit ihre je spezifische Ausprägung, ihre unterschiedlichen Methoden usw. erkennbar bleiben. Die Systematiken mehrerer Fächer lassen sich schwerlich durch die gleichen sinnstiftenden Kontexte abdecken. So kann man z. B. mit dem Kontext "Wetter und Klima" den größten Teil der im Physikunterricht behandelten Thermodynamik abdecken. In der Biologie oder Chemie sind jedoch allenfalls Einzelaspekte dieses Kontextes als interessante Anwendungen von Bedeutung. Die Systematiken dieser beiden Fächer lassen sich leichter über andere Kontexte erschließen. Wir haben dieses Modell deshalb bisher nur auf den Aufbau des Physikunterrichts in der Sekundarstufe I angewendet. Andere Gruppen arbeiten für die Chemie nach dem gleichen Prinzip, natürlich mit anderen "Kontextkombinationen". Wir haben es uns insofern einfach gemacht, als wir uns zunächst an den traditionellen Teilgebieten der Physik orientierten, also Optik, Mechanik, Elektrik, Thermodynamik usw. Die Teilgebiete verändern sich allerdings unter dem strukturierenden Einfluss der Kontexte nicht unerheblich.

Die Kontextkomposition muss nicht nur den bildungsrelevanten Teil der Systematik des jeweiligen Faches abdecken, sondern darüber hinaus auch kumulatives Lernen in dem Sinne ermöglichen, dass erworbene Kompetenzen in einem Bereich als Werkzeug für die Erschließung neuer Sachverhalte genutzt und dadurch sukzessive erweitert werden können. Dies geschieht durch die Anwendung des erworbenen systematischen Wissens auf Themen außerhalb des Kontextes, wie dies oben am Beispiel der Analogie des Energietransports im atmosphärischen Wasserkreislauf und im Kühlschrank gezeigt wurde. Auf diesem Weg wird dann die Flexibilität erworbener Kompetenzen zunehmend erhöht. Die Überschreitung der Fachgrenzen ist in den Kontexten angelegt, erfolgt aber mit anderer Zielsetzung als im üblichen themenorientierten Unterricht. Dies wird an Beispielen der nachfolgenden Übersicht näher erläutert.

Einen Überblick zu relativ weit entwickelten und erprobten, teilweise auch bereits in Schulbücher transformierten Teilcurricula für den Physikunterricht gibt die folgende Tabelle. Die Reihenfolge entspricht einem von mir favorisierten zeitlichen Aufbau des Physikunterrichts in den Jahrgangsstufen 7-10, zu dem es aber auch erprobte Alternativen gibt. Phänomenologisch orientierter Unterricht in der Klassenstufe 5/6 wird vorausgesetzt, ist aber nicht Gegenstand dieser Darstellung.

physikalische Teilgebiete	sinnstiftende Kontexte
Optik (ohne Farbenlehre)	<ul style="list-style-type: none"> • Licht und Bild (Abbildungen) • visuelle Wahrnehmung (Wechselwirkungen zwischen Objektwelt und Gehirn) (Kooperation mit Biologie)
Energie und Mechanik I	<ul style="list-style-type: none"> • Die physischen Grenzen des Menschen und wie er sie überwindet (Kooperation mit Mathematik)
Elektrik	<ul style="list-style-type: none"> • Energieübertragung durch elektrische Anlagen (Kooperation mit Geschichte und Gemeinschaftskunde, Technik, Chemie)
Optik: Farbenlehre	<ul style="list-style-type: none"> • Warum und wie wir Farben sehen (Kooperation mit Kunst und Biologie)
Thermodynamik (Wärmelehre)	<ul style="list-style-type: none"> • Wetterkunde (Kooperation mit Chemie, Geografie, Gemeinschaftskunde und Biologie)
Mechanik II (Dynamik)	<ul style="list-style-type: none"> • Mobilität und Energie
...	... [4]

Wenn z. B. im Optikunterricht der Kontext "visuelle Wahrnehmung" eine wichtige Rolle spielt, so nicht um eine Brücke zum Biologieunterricht zu schlagen - das ist eher ein wünschenswerter Nebeneffekt -, sondern um die Physik besser zu verstehen. Eine Reihe physikalischer Inhalte (z. B. virtuelle Bilder) und die Physik als Ganzes können nicht- oder nur missverstanden werden, wenn man die "Schnittstelle Mensch" nicht mit ins Kalkül einbezieht [5].

Die Orientierung der Kontextauswahl an der Systematik eines Einzelfaches schließt Kooperationen mit anderen Fächern, nicht nur mit den Naturwissenschaften, nicht aus. Bei manchen Kontexten sind sie völlig unentbehrlich. Sie beeinflussen aber den physikdidaktisch begründeten Aufbau der Curricula nicht wesentlich. Es soll nochmals betont werden: *Die Einbeziehung von Aspekten anderer Fächer geschieht um die Physik besser zu verstehen, ist also physikdidaktisch begründet.* Fächerübergreifendes Unterrichten dient in diesem curricularen Modell deshalb dem besseren Verständnis des Einzelfaches.

Die Auswahl der Kontexte ist das didaktisch schwierigste Problem. Wir haben bei den o. g. Kontexten und ihrer Anordnung im Curriculum auch die spezielle Motivationslage der Schülerinnen (und vieler Schüler) berücksichtigt, auf die der Physikunterricht bisher eher abschreckend wirkte. An vielen Befunden lässt sich z. B. zeigen, dass die abschreckende Wirkung des Physikunterrichts u. A. mit dem Potenzial zur Weltbeherrschung also mit dem Machtaspekt zusammenhängt, der den Naturwissenschaften immanent ist. Das Wetter kann der Mensch nicht ändern, die Farben oder die visuelle Wahrnehmung haben viel mit Erkenntnis und wenig mit Macht zu tun.

Diese Themen stoßen auch die bisher "Demotivierten", insbesondere die Mädchen, nicht ab.

Die obige Übersicht erstreckt sich nicht über alle Teilgebiete des traditionellen Physikunterrichts. Sie erhebt auch nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, wenngleich die Erfahrung mit der Umsetzung der aufgeführten Themen zeigt, dass bereits mit diesen Kontexten der größte Teil der gegenwärtig in der Sekundarstufe I zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit beansprucht wird. Die curriculare Arbeit an den Kontexten ist ständig im Fluss und wohl prinzipiell nicht abschließbar. Ich möchte aber noch anmerken, dass eine gewisse "Unvollständigkeit" auch ganz praktische Gründe hat: An den Teilcurricula arbeiten wir in verschiedenen Zusammenhängen meistens fünf bis zehn Jahre, denn jede Erprobung erstreckt sich zu meist über mehr als ein Schuljahr, führt zu Revisionen und neuen Erprobungen bis schließlich ein praktikabler Unterrichtsvorschlag daraus entsteht. Vor diesem Erfahrungshintergrund erscheinen manche Erwartungen bezüglich der raschen Reformierbarkeit des naturwissenschaftlichen Unterrichts illusorisch. Wer den Schulen die Freiheit einräumt, eigene Curricula zu entwickeln, die dem traditionellen Unterricht überlegen sind, der sollte auch eine gehörige Portion Geduld mitbringen. Die angestrebten regelmäßigen Evaluationen müssen so gestaltet sein, dass sie langfristige Entwicklungen befruchten und nicht behindern - eine Aufgabe, der die aktuell offenkundige Ungeduld unserer Bildungspolitik entgegen steht.

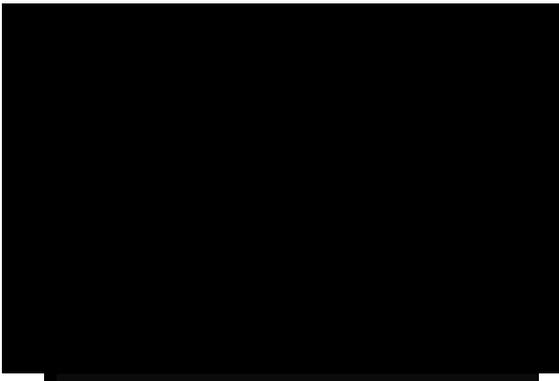
Anmerkungen

- [1] Zitiert aus: "Naturwissenschaften - Lehrplan für die Jahrgangsstufen 5 und 6. Fassung für die Erprobung 2003/04 vom 4. Juli 2003", S. 3 (Nordrhein-Westfalen). Die Beschränkung auf Klassenstufe 5/6 nimmt wohl vor allem Rücksicht auf die politische Durchsetzbarkeit und die Grenzen der Innovationsfähigkeit des Schulsystems. Es ist unschwer zu erkennen, dass die fachlichen Begründungen für diese Veränderungen nicht auf diese Jahrgangsstufe spezifiziert sind. In Lehrplänen und Lehrplanentwürfen anderer Bundesländer ist der Schritt zur Auflösung der Einzelfächer in der gesamten Sekundarstufe I bereits vollzogen.
- [2] Die zweite "cartesische Regel" lautet: "Jede der Schwierigkeiten, die ich untersuchen würde, in so viele Teile zu zerlegen als möglich und zur besseren Lösung wünschenswert wäre." (Descartes, René: *Abhandlung über die Methode des richtigen Vernunftgebrauchs*. Stuttgart (Reclam 3767) 1961.
- [3] S. dazu den Vortrag "Retten uns die Phänomene? - Der Vortrag wurde in verschiedenen Zeitschriften und Tagungsbänden wiedergegeben, u.a. in: *Unterricht Physik* 12 (2001) Nr. 63/64, S. 74 (166) - 77 (169) und in: *PLUS LUCIS*, 3/2000, S. 10 - 14. Das Manuskript kann auch von der homepage des Autors herunter geladen werden.
- [4] Weitere Erläuterungen zur Aufschlüsselung der Kontexte in Unterrichtseinheiten finden sich auf der Homepage des Autors unter www.ph-weingarten.de
- [5] s. dazu: Muckenfuß, Heinz: Zur Didaktik virtueller Bilder. Phänomen und physikalisches Konstrukt. In: *Praxis der Naturwissenschaften. Physik*. 45/1996 Heft 8, S. 9-14

Umbrüche - Parallelen in Wissenschaft und Kunst

Ernst Peter Fischer

Am Anfang des 20. Jahrhunderts kam den Physikern plötzlich ihr Gegenstand abhanden. Das Atom verschwand, als sie es ergreifen wollten. Zwar meinten viele Wissenschaftler, längst bewiesen zu haben, dass es die kleinsten Bausteine der Materie namens Atome wirklich gab, und auch hatte Albert Einstein einen wunderbaren Weg gefunden, um ihre Zahl genau zu bestimmen. Doch als man den Weg weiter ging, kam alles anders. Als man im Innersten der Welt eintraf, stellte sich heraus, dass dort nichts so ist, wie man meint. Da gibt es nichts, was so aussieht wie die Dinge aus dem Alltag. Wer auf ein Atom erst zu- und dann in es hineingeht, findet dort keine Gegenstände mehr, die erkennbar auf festen Bahnen unterwegs sind wie die Bälle, mit denen ein Artist im Zirkus jongliert. Die Atome und ihre Teile zirkulieren anders, und wahrnehmbar werden sie nur durch ein Gewoge von Energie, das Wissenschaftler nur deshalb verstehen können, weil es sich in symmetrischen und deshalb berechenbaren Formen abspielt.



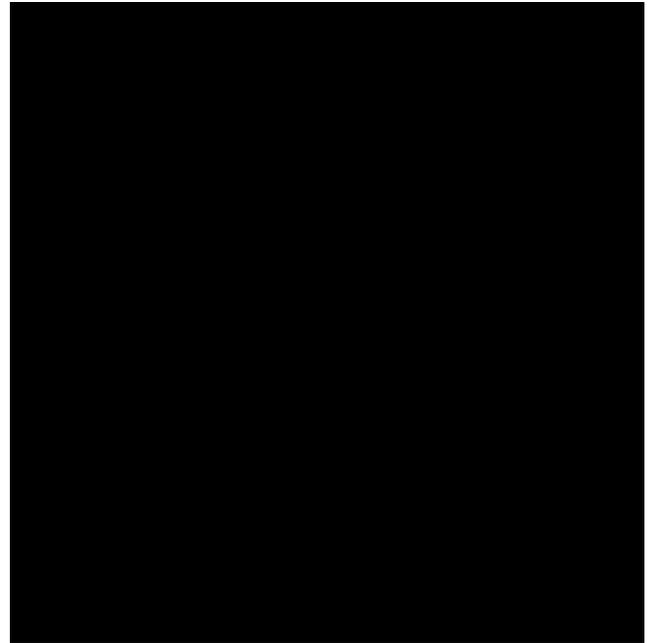
Wasserstoff-Orbital

Wenn man diesen physikalischen Tatbestand mit anderen Worten ausdrücken will, kann man sagen, dass die Dinge in Wirklichkeit gar keine Dinge, sondern Formen sind. Und mit dieser Einsicht kann man das tiefe Geheimnis lüften, das bis heute die Kunst des 20. Jahrhunderts umhüllt. Die Frage lautet, "Warum malen die Künstler abstrakt?", und die Antwort heißt, "Weil die Wirklichkeit so ist."

Baumeister hat 1950 die Bedeutung der Atomphysik für sein Malen betont: "Alles Stoffliche löst sich auf in Kräfte", und Kräfte lassen sich zum Beispiel als Linien darstellen, wie Michael Faraday im frühen 19. Jahrhundert gezeigt hatte und wie

Univ. Prof. Dr. Ernst Peter Fischer ist ausgebildeter Physiker und Biologe. Er hat sich auf Wissenschaftstheorie und -geschichte spezialisiert. Von ihm erschienen zahlreiche Biographien und Einführungen in moderne wissenschaftliche Themen (z.B. Das Genom). In "Die andere Bildung" zeigt er exemplarisch die Bedeutung von naturwissenschaftlicher Bildung in unserer Gesellschaft auf.

Anlässlich des Auftakts der Naturwissenschaftswerkstatt NWW am 6. 10. 2002 sprach E. P. Fischer über den Stellenwert der Naturwissenschaften im Rahmen einer allgemeinen Bildung. Der Artikel ist ursprünglich in GEO Wissen erschienen und wurde vom Autor für PLUS LUCIS freigegeben.



Willi Baumeister, Zwei Laternen, 1955

die Kunst aufnimmt: "Eine Linie ist eine Kraft" (Henry van de Velde, Kunstgewerbliche Laienpredigten, 1902).

Was die Natur unseren Augen bietet, besteht "in Wirklichkeit" aus Atomen, und Atome bestehen "in Wirklichkeit" aus symmetrischen Formen voller Energie. Wenn also ein Maler die Wirklichkeit abbilden will, muß er abstrakt malen und seine Figuren und Linien so setzen, dass eine Kraft zwischen ihnen spürbar wird. Dies gilt jedenfalls seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts, als die Wissenschaft hinter den Augenschein gelangen konnte. Und dies geschieht auch genau in dieser Zeit, zum Beispiel in den Bildern von Wassilij Kandinsky und anderen "Blauen Reitern". Ihre Malerei will ja auch mehr als die schlichte Reproduktion des Gesehenen sein und wie alle große Kunst versuchen, im Betrachter das spür- und wahrnehmbar werden zu lassen, was die Natur der Fülle ihrer sichtbaren Erscheinungen zu Grunde gelegt hat.

Es ist ein erstaunlicher und nach wie vor unverstandener Vorgang, der sich um 1900 in der Kultur Europas vollzieht. Obwohl die Naturwissenschaften als auch die Kunst verlieren ihren Gegenstand, indem sie ihn durchschauen und hinter diesem neuen Fenster neue Formen finden. Dabei ist es sicher nicht so, dass die eine Entwicklung die andere auslöst oder bestimmt. Vielmehr entwickeln sich die künstlerischen und wissenschaftlichen Gedankengänge auf wundersame Weise parallel, wobei die ungeheuer reizvolle Frage, aus welchen Quellen sich diese gemeinsame Bewegung speist, hier nur gestellt und nicht einmal versuchsweise beantwortet werden soll.

Vielleicht doch eine Spekulation dazu: Ein Kunstwerk will immer auch gefallen, und also muß ein Gemälde Formen zeigen,

die einen Betrachter ansprechen, die also zu ihm gehören, wie unsere Sprache angemessen sagen kann. Maler, die mit ihren Werken auf Erkenntnis zielen, werden daher reagieren, wenn die Wissenschaft bei ihrer Suche nach dem Aufbau der Welt auf Urformen stößt, die allen Menschen vertraut sind. Als Beispiel kann die Spirale genannt werden, die im 19. Jahrhundert als Gestalt von Sternsystemen und Galaxien erkannt wurde und die es Vincent van Gogh sofort angetan hat. Als er im Juni 1889 seine berühmte "Sternennacht" malte, kannte er die astronomischen Entdeckungen seiner Zeit. Die Spiralen, die er an das nächtliche Firmament setzte, sind nicht die Anzeichen irgendwelcher psychischer Störungen, wie früher einmal vermutet worden ist. Die Spiralen zeigen vielmehr den Himmel so, wie er der Wissenschaft zufolge wirklich ist. Mit anderen Worten, van Goghs Bild ist äußerst realistisch.



Vincent van Gogh: Die Sternennacht

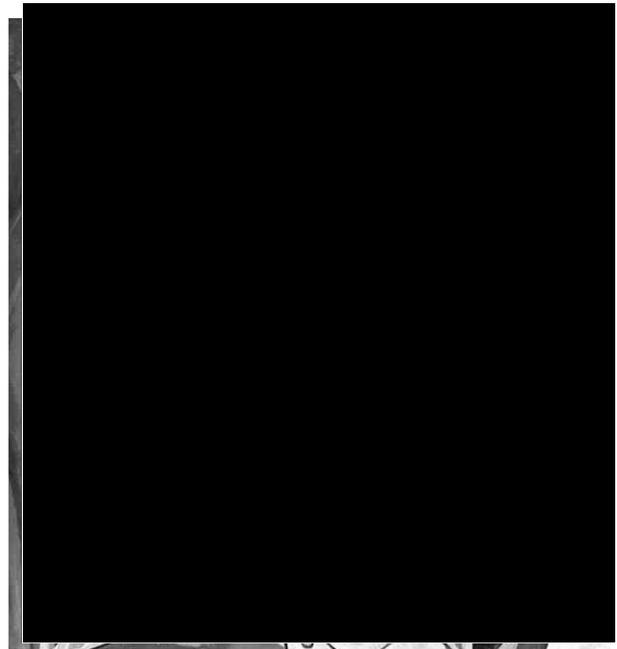
Indem van Gogh (sichtbar werdende) Dinge durch (unsichtbar bleibende) Formen erfaßt, wird er zu einem Vorgänger der Stilrichtung, die in der Kunst des frühen 20. Jahrhunderts auftaucht und als Kubismus bekannt ist. Zu ihren bekanntesten Vertretern zählen Georges Braque und Pablo Picasso. Kubistische Bilder lassen sich durch Formen erkennen, die aus dem Geometrieunterricht in der Schule vertraut sind. Die Welt wird zerlegt in Kreise, Winkel, Dreiecke und kompliziertere Figuren, und die Gemälde scheinen dem Betrachter sagen zu wollen, "Alles ist eine Frage der Geometrie".

Mit genau diesen Worten lassen sich auch Einsichten zusammenfassen, die Einstein mit seiner Relativitätstheorie gelungen sind. Bei ihm geht es wieder um Energien und Kräfte, aber diesmal nicht in einem winzigen Atom, sondern in dem riesigen Kosmos. Einstein gelang der erstaunliche Nachweis, dass sich zwei Massen deshalb gegenseitig anziehen, weil sie den Raum um sich herum verändern. Sie krümmen ihre Umgebung so, dass kein Weg mehr an ihnen vorbeiführt. Das ist wie bei einer Matratze, die eine Kuhle bekommt, weil eine schwere Eisenkugel auf ihr liegt. Wenn jetzt Murmeln über die Unterlage laufen, führt ihr Weg in die Kuhle. Die Krümmung der Matratze legt die Bewegung fest. Alles ist eine Frage der Geometrie.

Wer genauer verstehen will, wie Einsteins Theorien und Picasos Bilder zusammenhängen, muß sich mit den beiden Vorga-

ben unserer Existenz befassen, die wir Raum und Zeit nennen. Sie galten Jahrtausende hindurch als absolut und starr. Vor Einstein dachte man sich den Raum als eine Art Schuhkarton, der als Gebilde mit geraden Grenzlinien nichts weiter tat, als die Zeit durch sich hindurch strömen zu lassen. Einstein gab dem Kasten dann nun nicht nur die Möglichkeit, seinen Inhalt zu bewegen. Er zeigte auch noch, dass die Zeit an seinen Wänden kleben bleiben kann und auf diese Weise an jedem Ort der Welt anders ist.

Was unsere naive Erfahrung so säuberlich trennt, nämlich Raum und Zeit, hängt in Wirklichkeit zusammen, wie Einstein zeigen konnte, der wenig Rücksicht auf den Augenschein nahm und keine Hemmungen hatte, die Zeit so zu verändern, dass sie den drei Dimensionen des Raumes als legendäre vierte Dimension hinzugefügt werden konnte. Seit dem Beginn des 20. Jahrhundert steht nämlich fest, dass wir nicht in einer Welt mit Raum und Zeit, sondern in einer Raum-Zeit-Welt leben, und niemand wird sich jetzt mehr wundern, dass die Kunst dasselbe getan und die Zeit ebenfalls in den Raum überführt hat. Am deutlichsten wird dies erneut in den Bildern von Picasso. Berühmt sind dabei vor allem *Les Femmes d'Alger* (O. J. 1907), die 1907 in Paris entstanden sind. Die Figuren werden bei Picasso nicht so gemalt, wie wir sie aus einer Perspektive, von einem Standpunkt, in einem Augenblick sehen. Sie werden vielmehr aus den Eindrücken zusammengesetzt, an die sich jemand erinnert, der die Figuren aus verschiedenen Richtungen und zu unterschiedlichen Zeiten gesehen und zu dem Zweck umschritten hat. Was in Wirklichkeit Zeit braucht, nimmt im Bild Raum ein.



Pablo Picasso: Les Femmes d'Alger, 1907

Damit besteht Gelegenheit, auf eine weitere Veränderung der Zeit hinweisen, die Kunst und Wissenschaft vereinigt. Gemeint ist die Erfindung des Films. 1895 wurde der erste Zelluloidstreifen in Berlin gezeigt, und das Besondere an diesem Medium ist die freie Verfügbarkeit der Zeit und das Verwenden wechselnder Perspektiven. Wenn zum Beispiel ein Dialog zwischen zwei Personen gezeigt wird, sieht der Zuschauer die beiden Protagonisten nicht immer von derselben Seite. Der Regisseur kann die Szene zum Beispiel so einrichten, dass

man stets den gerade Sprechenden anblickt. Die Zeit, die jemand in Wirklichkeit benötigt, um die neue Position einzunehmen, verschwindet im Schneiderraum.

Der neue Umgang mit der Zeit zeigt sich ab 1908 auch in der Musik, und zwar zuerst in Wien. Hier komponiert unter anderem Arnold Schönberg, und zwar so, dass er jeden Ton für sich notiert. Während in der traditionellen Komposition - in der tonalen Musik - jeder Ton aus einer Tonleiter stammt, die durch eine Tonart wie C-Dur festgelegt ist, steht in der neuen atonalen Musik jeder Ton für sich. Das heißt, er wird ohne Bezug zu einer Tonart notiert, und was der dazugehörige Ton dann für einen Hörer wirklich ist - zum Beispiel ein "gis" oder ein "as" -, hängt von dem Folgeton ab. Er bestimmt den Ton, der für sich unbestimmt bleibt, solange niemand zuhört.

Damit erlaubt Schönberg den Noten, was die Quantentheorie den Atomen zugestehen muß: Wie die Physiker erkennen mußten, hat ein Atom keine festliegenden Eigenschaften wie Ort oder Geschwindigkeit, die wir aus dem Alltag kennen. Sie bleiben unbestimmt, solange sich kein Betrachter um sie kümmert. So läßt sich in aller Knappheit die berühmte Idee der Unbestimmtheit von Werner Heisenberg darstellen, die wahrscheinlich besser als "Unschärferelation" bekannt ist. Ihre zentrale Auskunft besagt nicht nur, dass es unmöglich ist, Ort und Impuls eines Atoms gleichzeitig genau zu bestimmen. Sie besagt viel mehr: nämlich, dass Atome weder einen genauen Ort noch eine genaue Geschwindigkeit haben, solange niemand die dazugehörigen Daten feststellt. Mit anderen Worten, wir können alles mögliche messen, wenn wir uns für Atome interessieren, wir können herausfinden, wie sie sind. Wir können aber nicht mehr sagen, wie sie sind. Uns fehlen die Worte für ihre unbestimmte Wirklichkeit, und es sollte uns nicht überraschen, dass Dichter solch eine Situation vorhergesehen haben. Kurz nachdem die Physiker um 1895 die Radioaktivität entdeckt hatten und die dazugehörige Umwandlung von Elementen in Strahlung die Festigkeit der Dinge aufzulösen begann, da fragte sich Rainer Maria Rilke, welchen Wert in dieser Lage noch ein Wort haben kann. Noch vor 1900 schrieb er das folgende Gedicht:

Ich fürchte mich so

Ich fürchte mich so vor der Menschen Wort.

Sie sprechen alles so deutlich aus:

Und dieses heißt Hund und jenes heißt Haus,
und hier ist Beginn und das Ende ist dort.

Mich bangt auch ihr Sinn, ihr Spiel mit dem Spott,
sie wissen alles, was wird und war;
kein Berg ist ihnen mehr wunderbar;
ihr Garten und Gut grenzt grade an Gott.

Ich will immer warnen und wehren: Bleibt fern.

Die Dinge singen hör ich so gern.

Ihr rührt sie an: sie sind starr und stumm.

Ihr bringt mir alle die Dinge um.

Rilkes Poesie wird von Marcel Reich-Ranicki gerne als Triumph über das Unsagbare gefeiert, als der gelungene Versuch, das auszudrücken, was unaussprechlich scheint. Solche Bemühungen setzen natürlich voraus, dass man von Dingen weiß, die sich den Worten entziehen, und genau solche Gegebenheiten entdecken die Physiker mit und in den Atomen. Vor ihrer Wirklichkeit versagt die Sprache, und diese Erfahrung machen die Künstler und die Wissenschaftler parallel.

Unter den allzu engen Möglichkeiten der Sprache leidet zum Beispiel auch der österreichische Dichter Hugo von Hofmannsthal, der 1902 in seinem "Brief an Lord Chandos" ausdrückte, dass es ihm unmöglich geworden ist, "ein höheres oder allgemeines Thema zu besprechen und dabei jene Worte in den Mund zu nehmen, deren sich doch alle Menschen ohne Bedenken geläufig zu bedienen pflegen." Genau so hätten sich Einstein, Heisenberg und andere Physiker ausdrücken können, wobei zu vermuten ist, dass sie sich nicht sehr wohl in ihrer Haut gefühlt haben. Zu der Entdeckung, dass es etwas gibt, das unsagbar bleibt, gesellte sich nämlich noch im selben historischen Augenblick die Einsicht, dass Menschen von einer Wirklichkeit betroffen und beeinflusst werden, deren Existenz der wissenschaftliche Verstand nicht einmal geahnt hatte. Gemeint ist die Sphäre des Unbewußten, die zwar schon beschrieben worden war - etwa von den Vertretern der Romantik -, die aber noch nicht zum Einzugsgebiet der Wissenschaft gehörte und von ihr erst entdeckt wurde, als sie sich mit den Atomen angefreundet hatte.

Es ist ein ungeheurer kultureller Umbruch, der sich mit dem Beginn des 20. Jahrhunderts vollzieht. Neben dieser epochalen Umwälzung im Wahrnehmen und Bilden der Welt lassen sich noch andere historische Abschnitte finden, in denen sich Kunst und Wissenschaft parallel neu orientieren und eine neue Einstellung zur Wirklichkeit finden. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang ganz sicher Paul Cézanne und die Impressionisten, die sich Gedanken darüber machten, wie zuverlässig das ist, was ihre Augen über die Welt melden. Sie fragten sich, was sie überhaupt sehen, wenn sie einen Wald anschauen, und gaben nicht als Antwort "Bäume, Äste und Blätter", sondern erwähnten die Farben und Formen, die sie ausmachen konnten. Konsequenter zerlegten sie das Sichtbare in farbige Flächen, Linien und Punkte, und dies geschah parallel zu den Bemühungen der Physiologen um Hermann von Helmholtz, die unter anderem versuchten, die Vielfalt der sichtbaren Farben aus einigen wenigen Grundelementen heraus zu erklären, zum Beispiel mit Rot, Grün und Blau. Der Ehrgeiz der Wissenschaftler bestand darin, die Mischungsgesetze der Farben zu erkennen und den Vorgang des Sehens zu verstehen. Sie wollten auf diese Weise die Natur erfassen - wie Cézanne und seine Kollegen. Auch die Maler wollten zur Wirklichkeit kommen, aber nur, ohne auf die Empfindung zu verzichten und ohne sich an etwas anderem zu orientieren als an der wahrgenommenen Natur selbst. Auf ihren Bildern stehen die Farben für sich - wie später die Töne bei Schönberg -, und sie bekommen keine besonderen Konturen, die ihnen bestimmte Plätze zuweisen.

Wir reden hier vom 19. Jahrhundert, in dem die Wissenschaft bereits weit entwickelt ist und über den Aufbau der chemischen und pharmazeutischen Fabriken mächtige Spuren in der Gesellschaft hinterläßt. Man spricht dabei von der industriellen Revolution und unterscheidet sie von der Umwälzung, die zu Beginn des 17. Jahrhunderts die Idee hervorgebracht hat, dass Wissenschaft überhaupt möglich ist. Dies war die größte Neuerung der europäischen Kultur überhaupt, und es scheint, dass wir sie einem Künstler verdanken. Der Literaturwissenschaftler Harold Bloom stellt in seinem Buch über "Shakespeare" fest, dass wir dem Barden "die Erfindung des Menschlichen" verdanken. Shakespeare "erfand den Menschen, so wie wir ihn bis heute, vierhundert Jahre danach, kennen", nämlich als jemanden, der sich entwickeln und immer neu begreifen

kann und der Mut bekommt und versucht, sein Schicksal selbst in die Hände zu nehmen.

Wenn wir mit Shakespeare wissen, was und wie Menschen sind, dann kann nach ihm der Gedanke entstehen, dass es sich lohnt, alles zu tun, um die Lebensbedingungen unserer Spezies zu verbessern. Dies ist tatsächlich passiert. Unmittelbar nachdem Shakespeare seine letzten Dramen geschrieben hatte, taucht - zuerst in England und dann in ganz Europa - der Gedanke auf, dass es möglich ist, Fortschritte für den Menschen zu erzielen, wenn man sich der Methoden bedient, die wir heute als wissenschaftlich bezeichnen. Mit anderen Worten, die Erkenntnisse der Wissenschaft verdanken wir Einsichten, die uns ein Dichter vermittelt hat, und zwar in dramatischer Form. Wissenschaft kommt also aus der Kunst, und vielleicht sollte sie wieder Kunst werden. Der Satz klingt zwar ungeheuer groß und unpraktisch, er ist aber eher bescheiden und sehr konkret gemeint, wie am Beispiel von Einstein illustriert werden kann.

Als Einstein den Kosmos verstand, verstand Alfred Döblin die Welt nicht mehr. Der Autor von "Berlin Alexanderplatz" protestierte, als er erfuhr, dass die Gleichungen der Relativitätstheorie den Kosmos und seine raumzeitliche Wirklichkeit offenbar besser beschreiben konnte als alle Ansätze vor ihm. Döblins Klage richtete sich gegen die Tatsache, dass der Kosmos jetzt nur noch den wenigen Eingeweihten zugänglich ist, die sich mit der Mathematik auskennen. Der Erfolg des Wissenschaftlers schließt den Dichter vom Verständnis der Welt

aus, in der doch beide gemeinsam lebten. Stimmt das, was Döblin da sagt?

Einsteins Ziel bestand sicher nicht darin, eine Formel zu finden. Er wollte vielmehr etwas über die Raumzeitstruktur der Welt wissen, und er hat dies mit Hilfe der Mathematik bewerkstelligt. Einstein weiß also etwas durch seine Gleichung, aber das wesentliche Wort ist nicht die "Gleichung", sondern das "durch". Mathematische Formeln sind nicht das Wissen selbst, um das es geht. Sie liefern nur die symbolischen Schlüssel dazu, und warum soll es nicht noch andere Schlüssel zu demselben Wissen geben, auch solche, mit denen dann der Dichter Döblin etwas anfangen kann. Da ihm - wie vielen von uns - die Begabung fehlt, die Symbole der Mathematik zu verstehen, muß man andere Symbole - etwa in Form von Bildern - finden, die ihm das Wissen über die Wirklichkeit verschaffen, das Einstein und andere Physiker durch die mathematischen Zeichen bekommen. Wir können alle dasselbe wissen, müssen aber nicht versuchen, dies mit denselben Symbolen zu erreichen.

Da sich Wissenschaft und Kunst parallel entwickelt haben, müssen sie auch zusammenarbeiten können. Die Kunst kann konkret helfen, die Wissenschaft zu gestalten, um sie so anschaulich werden zu lassen wie Shakespeares Dramen. In dem "Wintermärchen" heißt es, "Die Kunst selbst ist Natur", und unsere Geschichte lehrt uns, dass etwas ähnliches für die Wissenschaft gilt: Sie ist nämlich unsere Natur. Der Rest ist Handeln.

Nachruf

HR Dr. Hermann Schnell verstarb am 1.2.2003 im Alter von 90 Jahren. Als Direktor des PI der Stadt Wien, als LSI und Präsident des Stadtschulrats war er - obwohl kein Naturwissenschaftler - dem Verein treu verbunden.

HR LSI i.R. Edwin Guby ist am 3. Mai 2003 im Alter von 80 Jahren verstorben. HR Guby hat dem Verein viele Jahrzehnte angehört und aktiv das Vereinsleben mitgestaltet. Mit Franz Richter und Anton Seidl verfasste er ein Lehrbuch Organische Chemie (Verlag Franz Deuticke).

Ass. Prof. Dr. Erhard Hayer ist am 10.08.2003 verstorben. Er wurde 1941 in Wien geboren und nahm 1959 nach seiner Matura das Studium der Chemie an der Universität Wien auf. Während seines Studiums wirkte er 3 Jahre als Unterrichtsassistent an der HBLVA der chemischen Industrie in der Rosensteingasse. Im Jahre 1967 begann er mit seiner Dissertation am Institut für anorganische Chemie der Universität Wien und promovierte 1970 zum Dr. phil.. Bereits 1967 war er am Institut angestellt und sein wissenschaftliches Arbeitsgebiet war die Thermochemie flüssiger Legierungen. Seit 1979 wirkte er an der fachdidaktischen Ausbildung von Studierenden des

Lehramtes Chemie mit. Ab Herbst 1996 war er der Hauptverantwortliche für diese Aufgabe am Institut und trug wesentlich dazu bei, dass die Fachdidaktik mittlerweile ernst genommen wird und sich etablieren konnte. Dr. Hayer hat sich in kurzer Zeit enormes Wissen auf diesem Gebiet angeeignet und trug bis zuletzt auch außerhalb der universitären Lehre zur Entwicklung der chemischen Fachdidaktik bei. Auch nach seiner Pensionierung im Herbst 2001 engagierte er sich für diese Aufgabe, soweit es seine Erkrankung zuließ, die er mit bewundernswerter Geduld und Zuversicht ertrug. In diesem Sinne war er für alle, die ihn kannten, ein Vorbild an menschlicher Stärke.

HOL Christian Fürst verstarb am 9. Oktober 2003 im Alter von 41 Jahren. Er war 2002 zum Kassier des Vereins gewählt worden. Als engagierter Chemielehrer war er im VCÖ Bereichsvertreter HS Wien und hielt mit Werner Rentzsch zahlreiche Kurse am PI ab.

Dipl.Ing. Walter Pietsch (29.4.1942 - 14.10.2003) unterrichtete an der HTL Wien 3 Leberstraße.

Aerodynamik im Sport

Zur Physik des Schispringens

Wolfram Müller

1. Einleitung

Aerodynamische Kräfte spielen in einer Reihe von Sportarten eine wettkampfscheidende Rolle. Das gilt z.B. für den alpinen Schilaf, Radrennen, Auto- und Motorradrennen, Leichtathletikbewerbe, Segeln und Surfen, Motor- und Segelfliegen, Fallschirmspringen, Ballspiele, Schispringen und viele weitere. Am Beispiel des Schispringens werden grundlegende Fragen der Aerodynamik des Sports behandelt, experimentelle Probleme bei Windkanalmessungen besprochen und der Einfluss der Luftkräfte auf die Flugbahn mit Hilfe eines Computersimulationsmodells analysiert. Für die realitätsnahe Abbildung der Sportwirklichkeit werden die experimentell gefundenen Daten aus dem Windkanal als Input-Größen bei der Lösung der nichtlinearen gekoppelten Bewegungsgleichungen verwendet. Damit wird der Einfluss von Positionsänderungen des Athleten auf die Flugbahn nachvollziehbar.

Der Sport eignet sich sicherlich dazu, Fragen der Physik im Unterricht von einer für die Studenten interessanten Perspektive aufzurollen, es sei aber eindringlich davor gewarnt den Anspruch zu erheben, mit Hilfe der meist stark reduktionistischen Beschreibungsansätze die höchst komplizierte Sportwirklichkeit vollständig verstehen zu wollen. Viele Studenten sind selbst Leistungssportler und würden realitätsfremde Folgerungen aus zu einfachen Beschreibungsansätzen sehr schnell erkennen. Es ist eine Herausforderung für den Pädagogen zu erkennen, welche physikalischen Analysen auch Praxisrelevanz im Sport haben und nur wenn dies sichergestellt ist, wird der Student für den Zugang zur Physik über Fragen des Sportes zu interessieren sein. Der Vergleich unserer beschränkten Möglichkeiten, die Bewegungen im Sport physikalisch zu verstehen, mit der fließenden und virtuellen Lösung der Bewegungsaufgaben durch die Athleten eröffnet aber auch einen Zugang zu einem vertieften Verständnis der faszinierenden sensomotorischen Leistungsfähigkeit des Menschen. Es ist sehr zu empfehlen, die menschliche Sensorik und Motorik im Rahmen eines fächerübergreifenden Unterrichtes (Physik - Biologie - Chemie - Psychologie - Philosophie) in vertiefter Weise zu unterrichten. Es ist kaum vorstellbar, dass Schüler für diesen interdisziplinären Wissensbereich, der Voraussetzung für das Funktionieren jedes Lebewesens ist, nicht zu begeistern wären. Der weitaus größte Teil dieser motorischen Steuer- bzw. Regelungsvorgänge in uns wird ohne Bewusstsein automatisch bewältigt, läuft sozusagen "im Hintergrund", im "ratiomorphen Apparat" nach Egon Brunswik ab [1]. Dazu schreibt Rupert Riedl: "Wir Menschen neigen nun dazu, den Anteil des Rationalen an unseren Leistungen weit zu überschätzen. Und das ist höchst natürlich, denn es ist uns naturgemäß nur das Bewusste bewusst" [2]. Die physikalische Analyse von Vorgängen in der belebten Natur ist didaktisch nicht nur deshalb bedeutsam, weil "wir Physiker" damit auch Beiträge zu Wissensgebieten leisten, die noch vor wenigen Jahrzehnten keinen Eingang in die Schulphysikbücher gefunden hatten (die Physik wurde in dem Schulbuch, das ich als Schüler verwendete, noch als "Lehre von der unbelebten Natur" bezeichnet), sondern *vor allem* deshalb, weil die physikalische Analyse uns wesentlich helfen kann, um unseren Verständnishorizont der Wirklichkeit zu erweitern. Das physikalische Verständnis von Zusammenhängen erlaubt es erst, die Grenzen der physikalischen Methode zu erkennen.

Der hier skizzierte Zugang zum Verständnis des Bewegungsablaufes beim Schispringen birgt eine Reihe von grundlegenden physikalischen Fragestellungen, die zu einem Teil mit den Mitteln der Schulphysik verstanden werden können, zum anderen Teil aber auch sehr schwierige Kapitel der Physik berühren wie zum Beispiel turbulente Strömungen oder auch die noch ungeklärten Fragen hinsichtlich einer Theorie der Reibung zwischen der Anlaufoberfläche (Schnee, Eis, Wasser oder Keramikspur) einerseits und der mit fluoridierten Wachsen behandelten Kunststoffoberfläche des Schibelages andererseits. Das Präparieren der Schi ist nach wie vor eine "Geheimwissenschaft", da wir noch nicht über ein ausreichendes physikalisches Wissen zum Verständnis dieser Grenzflächenphänomene verfügen.

"Jedem Phänomen, mag es nun durch eine Wahrnehmung aus der außersubjektiven Wirklichkeit oder durch Gefühle und Affekte aus unserem Inneren kommen, entspricht *etwas Reales*. Wirklichkeit ist keineswegs nur das physikalisch Definierbare und quantitativ Verifizierbare, sondern auch alles Gefühlsmäßige. Die Fähigkeit zu Liebe und Freundschaft mit allen sie begleitenden Gefühlen ist genauso im Laufe der menschlichen Phylognese entstanden wie die Fähigkeiten zu messen und zu zählen. *Beide* Arten von Phänomenen beziehen sich auf *die-selbe* Wirklichkeit, zu der ein fühlender und erlebender Mit-

ao. Univ.-Prof. Dr. Wolfram Müller, Institut für Medizinische Physik und Biophysik, Harrachgasse 21/4, A-8010 Graz, Austria
Vortrag anlässlich der ÖPG-Jahrestagung 2003

mensch ebenso gehört wie die mess- und zählbaren Dinge" formulierte der Mediziner und Ethologe Konrad Lorenz [3]. Welchen Stellenwert diese Thematik auch für Physiker seit langer Zeit hat, spiegelt sich zum Beispiel in den einleitenden Worten der Festrede von Erwin Schrödinger, die er anlässlich der Weltkraftkonferenz 1956 hielt: "Die Welt ist ein Konstrukt aus unseren Empfindungen, Wahrnehmungen und Erinnerungen" [4].

2. Physikalische Beschreibung des Schispringers

Das Schispringen stellt höchste Ansprüche an die sensomotorischen Fähigkeiten des Athleten, die es ihm gestatten, seine Position und Bewegung in Feinstform zu "regeln". Während des Anlaufes versucht der Athlet, die Beschleunigung seines Körpers maximal zu gestalten. Dies beginnt mit einem Abdruck vom Balken, physikalisch formuliert einem Kraftstoß. Auch die Höhe des Schwerpunktes im Moment des Abstoßes vom Balken spielt eine Rolle für die Endgeschwindigkeit. Während des Anlaufes wirkt der Luftwiderstand bremsend auf den Athleten und ebenso die Reibung zwischen Schi und Schnee bzw. Eis oder Keramikspur. Die Minimierung der Reibung zwischen Schi und Unterlage wird einerseits durch Präparation der Schi und andererseits durch feinfühliges Führen der Schi durch den Athleten erreicht. Mit größer werdender Anlaufgeschwindigkeit wächst die Bedeutung der Luftreibung. Der Staudruck und damit die Widerstandskraft wächst quadratisch mit der Geschwindigkeit (sofern der Widerstandsbeiwert konstant bleibt). Der Athlet kann durch Einnahme einer günstigen Hockeposition das Produkt aus seinem Widerstandsbeiwert und der angeströmten Fläche minimieren. Dadurch werden die Widerstandskräfte aufgrund der Luftströmung so klein wie möglich gehalten.

Das Training mit den Athleten im Windkanal zeigt, dass sehr routinierte und gute Springer ebenso wie Abfahrer individuell eine Hockeposition finden können, die sehr nahe am physikalisch messbaren Minimalwert liegt. Unerfahrene Athleten dagegen verlieren aufgrund ungünstiger Positionen wesentlich an Geschwindigkeit, dies wirkt sich natürlich negativ auf die Wettkampfergebnisse aus. Wenn wir in der Computersimulation das Anwachsen der Geschwindigkeit als Funktion der Zeit oder als Funktion der Anlauflänge nachvollziehen wollen, müssen wir die Gleichungen für die Bewegung auf einer schiefen Ebene, die dann in einen Kreisbogen vor der Schanze übergeht und schließlich am Schanzentisch wieder in eine schiefe Ebene mündet, berücksichtigen. Während des gesamten Anlaufes wirkt die Parallelkomponente der Schwerkraft auf die Masse des Athleten (mit seiner Ausrüstung) beschleunigend, der Luftwiderstand und der Reibungswiderstand zwischen Schi und Schnee verzögernd.

Etwa mit Beginn des ebenen, leicht nach unten geneigten Bereiches des Schanzentisches, beschleunigt der Schispringer mit Hilfe seiner Muskulatur seinen Körperschwerpunkt im rechten Winkel zum Schanzentisch. Dieser Kraftstoß erzeugt einen Impuls im rechten Winkel zur Anlaufgeschwindigkeit. Je nach Größe des Kraftstoßes gelingt es dem Athleten, seine Schwerpunktbahn im Moment des Abfluges mehr oder weniger stark zu heben. Aufgrund einer Schanzentischneigung von typisch 10° nach unten und den muskulären Möglichkeiten gelingt es dem Athleten, den Bahnwinkel im Moment des Abfluges um bis zu 7° anzuheben.

Sowohl die Richtung als auch der Betrag des Geschwindig-

keitsvektors im Moment des Verlassens der Schanze sind wesentliche Kriterien für die Flugweite. Mit der Maximierung des Absprungkraftstoßes ist aber noch keineswegs ein weiter Sprung gewährleistet. Die hohe Kunst des Schispringens besteht zu einem wesentlichen Teil darin, die Richtung der Muskelkraft während des Absprunges so zu gestalten, dass der Athlet einen geeigneten Drehimpuls erhält, der es ihm ermöglicht, in kurzer Zeit nach vorne zu rotieren, um eine günstige aerodynamische Lage einzunehmen.

Bei typischen Anlaufgeschwindigkeiten im Bereich von etwa 25 m/s wirken beträchtliche Luftkräfte, so dass keinesfalls von einer Drehimpulserhaltung während des Fluges ausgegangen werden kann. Über dieses implizite Wissen verfügt der Schispringer selbstverständlich, denn bei fehlendem Drehmoment von außen würde er aufgrund des Drehimpulses, der beim Absprung erzeugt wurde, kontinuierlich weiter nach vorne rotieren und abstürzen. Der Schispringer antizipiert das auf ihn nach dem Absprung wirkende Luftdrehmoment und verlässt sich darauf, dass dieses Drehmoment ausreichen wird, um seine Vorwärtsbewegung im geeigneten Moment zu stoppen. Spätestens an diesem Punkt sollte es dem Physiker klar werden, welch enorm schwierige Optimierungsaufgabe der Athlet hier in wenigen Zehntelsekunden, also in "Echtzeit" zu lösen hat. Es ist für uns aus physikalischer Sicht nur schwer verständlich, wie es die Weltklasseathleten schaffen, diese äußerst schwierige Aufgabe zu bewerkstelligen. Das implizite physikalische Wissen des Athleten, das dazu erforderlich ist, übersteigt bei weitem unsere physikalischen Analysemöglichkeiten. Die Aufgabenstellung ist zudem noch erschwert dadurch, dass Böen von außen störend auf den Bewegungsablauf wirken und die Stabilität gefährden. Spitzenathleten sind in der Lage, diese Einflüsse von außen für eine zusätzliche Erhöhung der Flugweite zu nutzen. Dies geht natürlich nur dann, wenn die Richtung, aus der die Windböe bläst, dies zulässt.

Die Optimierungsaufgabe während der Flugphase, die der Athlet zu lösen hat, ist keineswegs einfacher als die Problemstellung während des Absprunges und in der ersten Flugphase danach. Das Gewicht zieht den Athleten nach unten, der Luftwiderstand verzögert seine Bewegung in Gegenrichtung zur momentanen Fluggeschwindigkeit (bei Windstille), der Auftrieb hebt den Athleten im rechten Winkel aus seiner Flugbahn heraus. Die Frage, welche Positionen der Athlet während des Fluges einnehmen soll, um in Hinblick auf möglichst große Flugweite optimale Luftkräfte zu bewirken, ist alles andere als leicht beantwortbar.

Während sich der Widerstand kurze Zeit nach dem Absprung besonders störend auswirkt, weil die Horizontalgeschwindigkeit dadurch reduziert wird, wirkt eben dieser Widerstand in einer späten Flugphase wesentlich weniger störend, da aufgrund der stärkeren Neigung der Flugbahn dieser Widerstand eine große Komponente in vertikale Richtung bekommt, wodurch die Beschleunigung des Athleten nach unten reduziert wird. Letzteres ist für eine Vergrößerung der Flugweite natürlich günstig. Gleichzeitig mit der optimalen Gestaltung des Widerstandes muss der Athlet versuchen, die Auftriebskraft aufgrund des Luftstromes zu maximieren. Der Auftrieb hebt den Athleten aus der Flugbahn, in einer frühen Phase hat diese hebende Kraft vorwiegend eine Komponente in vertikaler Richtung. In einer späteren Flugphase wird auch die nach vorne zeigende horizontale Komponente des Auftriebes bedeutsam. Diese Horizontalkomponente des Auftriebes beschleunigt den Athleten nach vorne, tatsächlich kann beobach-

tet werden, dass es manchen Athleten gelingt, während des Fluges nach vorne zu beschleunigen. In diesem Fall ist die bremsende Wirkung des Luftwiderstandes in horizontaler Richtung kleiner als die beschleunigende Wirkung der Auftriebskomponente. In der Sprache der Naturwissenschaften formuliert löst der Athlet mit Hilfe seines impliziten Wissens und seiner feinen sensorischen und motorischen Möglichkeiten ein äußerst schwieriges Optimierungsproblem mit einer sehr guten Annäherung an einen idealen Bewegungsablauf. Die Konstanz, mit der das gewisse Athleten immer wieder vollbringen können, entscheidet über ihre Klasse.

Um die Einflüsse auf die Flugbahn in physikalisch, expliziter Weise zu verstehen, benötigen wir die Differentialgleichungen der Bewegung:

$$\dot{v}_x = (\bar{d} F_d \cos j - \bar{d} F_l \sin j) \bar{S} m$$

$$\dot{v}_y = (\bar{d} F_d \sin j + F_l \cos j) \bar{S} m \bar{d} g$$

$$\dot{x} = v_x; \dot{y} = v_y$$

$$F_g = mg; F_l = \frac{r}{2} w^2 c_l A; F_d = \frac{r}{2} w^2 c_d A$$

w... Windgeschwindigkeit, wobei: $w = u \bar{d} v$

v... Bahngeschwindigkeit (nur bei Windstille, d.h. Böengeschwindigkeit $u = 0$, gleich der Geschwindigkeit des Luftstromes w)

F_g ... Gewichtskraft

F_l ... aerodynamischer Auftrieb ("lift")

F_d ... aerodynamischer Widerstand ("drag")

A ... Projektionsfläche

r ... Luftdichte

c_l, c_d ... Auftriebs- bzw. Widerstandsbeiwert

x ... Ortskoordinate horizontal in Vorwärtsrichtung

y ... Ortskoordinate vertikal in Aufwärtsrichtung

j ... Winkel der Flugbahntangente zur Horizontalen

Die Produkte aus Widerstandsbeiwert c_d mal der Projektionsfläche A bzw. Auftriebsbeiwert c_l mal A können in unserer Computersimulation als Inputgrößen zu jedem beliebigen Zeitpunkt verändert werden. Damit kann in der Simulation dem Umstand Rechnung getragen werden, dass sich die Position des Athleten relativ zum Luftstrom während des Fluges ändert. Die Produkte aus dem Widerstandsbeiwert und der Projektionsfläche bzw. dem Auftriebsbeiwert und der Projektionsfläche können durch Messungen im Windkanal bestimmt werden: Zu diesem Zweck ist der Athlet oder eine ihm nachgebauete Puppe in der jeweils entsprechenden Lage im Windkanal zu montieren. Es bedarf umfangreicher Messserien, um alle vorkommenden Positionen der Athleten in der Computersimulation mit hinreichender Genauigkeit nach vollziehen zu können. Für unsere Modellierung wurden 54 Positionen pro Athlet vermessen. Die erzielten Simulationsergebnisse mit Athleten wurden bereits an anderer Stelle detailliert beschrieben [5-8; 13].

3. Grundlegende aerodynamische Probleme im Sport

Aerodynamische Fragen im Sport berühren eine Reihe grundsätzlicher physikalischer Probleme. Die physikalischen Zusammenhänge können sowohl durch theoretische Studien (computational fluid dynamics, CFD) als auch experimentell im Windkanal untersucht werden.



Andreas Goldberger im Windkanal auf der 6-Komponenten-Waage

3.1 Der theoretische Zugang

Die Navier-Stokes-Gleichungen beschreiben die Dynamik newtonscher Flüssigkeiten in deterministischer Weise. Aufgrund der Nichtlinearität sind mit der Behandlung dieser Differentialgleichungen große mathematische Schwierigkeiten verbunden. Exakte Lösungen gibt es nur in speziellen Fällen, wobei die Objekte einfache geometrische Formen haben, wie sie bei Sportlern nicht vorkommen. Die numerische Lösung wird bei großen Reynoldszahlen zunehmend schwieriger, selbst wenn Supercomputer für die numerische Lösung dieser nichtlinearen, partiellen Differentialgleichungen eingesetzt werden. Wegen der Nichtlinearität kann eine Veränderung der Geometrie oder von flüssigkeitsmechanischen Parametern zu einer Bifurkation führen und das nichtlineare Fluid-System kann deterministisches Chaos (turbulente Strömung) zeigen [9]. CFD-Studien haben sich als wertvoll erwiesen, um das Entwickeln von Modellen und Prototypen, die dann im Windkanal getestet werden, vorzubereiten. CFD wird in großem Umfang zum Beispiel in der Formel 1 oder auch für die Konstruktion von Rennbooten verwendet. Auch für das Schispringen wurden bereits CFD-Studien durchgeführt [10]. Die dünnen Grenzschichten rund um sich bewegende Körper müssen mit hoher Auflösung behandelt werden und die mit kleinräumigen Abweichungen verbundenen physikalischen Effekte können große Probleme ergeben, wenn präzise Berechnungen der Druckverteilungen und damit der Kräfte erforderlich sind. Der beste Zugang für Fragen im Sport ist sicherlich die Kombination von theoretischer Analyse und Experiment. Die dabei gefundenen besten aerodynamischen Werte für die jeweils in Frage stehende sportliche Bewegung muss dann noch im Feld durch den Athleten getestet werden. Beim Schispringen (und in vielen anderen Sportarten ebenso) ergeben die charakteristischen Dimensionen des Körpers und die vorkommenden Geschwindigkeiten Reynoldszahlen im Bereich zwischen 10^4 und 10^6 . In diesem Bereich können ausgeprägte Änderungen des Widerstandsbeiwertes auftreten. Das wurde schon 1912 von G. Eiffel [11] gezeigt. Der Widerstandsbeiwert einer Kugel oder eines Zylinders fällt hier abrupt um einen Faktor von rund 4 ab. Wieselsberger [12] hat schon 1921 darauf hingewiesen, dass dadurch die paradox anmutende Situation entstehen kann, dass ein Körper bei höherer Geschwindigkeit niedrigere Widerstandskraft erfährt.

Die theoretische Berechnung von Auftriebskräften gestaltet sich zumindest ebenso schwierig wie die Bestimmung der Wi-

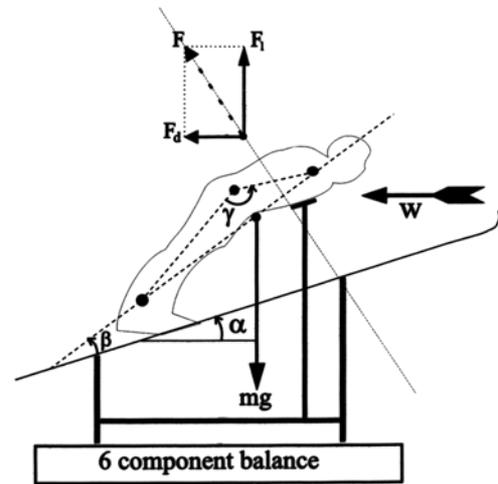
derstandskräfte. Für Zwecke des Sports ist es meist auch nicht zielführend, den Körper des Sportlers (mit seiner Ausrüstung) mit einem Tragflügel zu vergleichen. Tragflügel sind aerodynamisch geformte Körper, die für sehr geringe Anstellwinkel von wenigen Grad konzipiert sind. Ein Schispringer dagegen bewegt sich mit einem Anstellwinkel von rund 50° durch die Luft. Ein Schispringer ist somit ein äußerst ungünstig geformter Tragflügel in überzogenem Flugzustand. Das Verhalten von Tragflügeln im überzogenen Flugzustand ist technisch gesehen von geringem Interesse, da der Pilot es tunlichst vermeiden muss, in jenen Bereich zu kommen, der zu einem Zusammenbruch der Auftriebskräfte und damit zum Absturz führt. Der Schispringer hingegen befindet sich während des ganzen Fluges in diesem Strömungszustand und muss versuchen, in diesem überzogenen Flugzustand die Luftkräfte zu optimieren. Tatsächlich erreichen die Luftkräfte beim Schifliegen die Größe der Gewichtskraft, sodass der Schiflieger mit fast konstantem Gleitwinkel den Hang hinuntergleiten kann. Das Verhältnis der Auftriebskraft zum Widerstand erreicht beim Schispringer nur Werte geringfügig über 1, während es z.B. bei Hochleistungsseglern bis zu 50:1 betragen kann.

3.2 Windkanalmessungen

Die Messung von Kräften ist seit langer Zeit mit sehr hoher Genauigkeit möglich. Für die Messung von Kräften in Windkanälen werden Waagen (Dynamometer) in verschiedenster Ausführung verwendet. Um Auftriebskräfte, Widerstandskräfte, Querkräfte sowie die Drehmomente um die drei Raumachsen bestimmen zu können, sind 6-Komponenten-Waagen erforderlich. Praktisch wird die Genauigkeit der Kraftmessung nicht durch die Präzision des Kraftsensors bestimmt, sondern durch die Kraftschwankungen aufgrund der Turbulenzen im Luftstrom. Beim Untersuchen von Athleten im Windkanal kommt noch hinzu, dass man die Athleten nicht beliebig starr montieren kann, wodurch sich wiederum Ungenauigkeiten ergeben. Bei sehr genauer Positionierung des Athleten erreicht man eine Reproduziergenauigkeit von bestenfalls 1-2%. Auch die Aufhängung des Athleten und die Halterungsvorrichtungen für seine Ski beeinflussen den Luftstrom und damit die zu messenden Kräfte. Daher müssen die Halterungen aus dünnen Profilen gebaut sein, unter Verzicht auf hohe Steifigkeit des Systems. Ein Schispringer entspricht einer Projektionsfläche in der Größenordnung von 0.5 m^2 , dies bedingt, dass die Luftströmung in der Umgebung des Athleten mit einer erhöhten Geschwindigkeit erfolgen muss (Kontinuitätsgleichung). Diese höhere Strömungsgeschwindigkeit in der Umgebung des zu untersuchenden Objektes führt zu einem weiteren Messfehler, dem sogenannten Versperrungseffekt. Für genaue Messungen sind daher Windkanäle mit großem Querschnitt und dadurch bedingt kleinen Versperrungseffekten erforderlich.

4. Praxisrelevanz für den Unterricht

Die Physik des Sportes birgt viele Möglichkeiten, um physikalische Fragen in einem Rahmen zu behandeln, der der Erfahrungswelt des Studenten nahe steht. Der Bogen spannt sich von elementaren physikalischen Grundlagen bis zu physikalisch sehr schwierigen Fragestellungen, die ebenfalls für den sportlichen Erfolg entscheidend sein können. Aufgrund der zumeist komplexen Situation erkennt der Student die Bedeu-



Kräfte und ihre Messung mittels 6-Komponenten-Waage

tung der physikalischen Modellbildung als Annäherung an die Wirklichkeit. Unmittelbar verbunden mit dem menschlichen Bewegungsvollzug sind Themen der kognitiven Neurowissenschaften und der Muskelphysiologie. Eine fächerübergreifende Behandlung sensomotorischer Prozesse im Körper bietet sich an. Unsere Fähigkeit zur Bewegung fasziniert zumindest ebenso wie unsere Fähigkeit zu denken.

Literatur

- [1] Brunswik, E.: The relation of the person to his environment. *Acta Psychologica*, 11, 1955.
- [2] Riedl, R.: *Biologie der Erkenntnis*, Paul Parey Verlag, Berlin, 1980, 51.
- [3] Lorenz, K.: *Der Abbau des Menschlichen*, Piper, 1983, München, 279.
- [4] Schrödinger, E.: *Gesammelte Abhandlungen* (herausgegeben von der Österr. Akademie der Wissenschaften), Vieweg Verlag, Wien 1984.
- [5] Müller, W., DeVaney T.T.J.: The Influence of Body Weight on Ski Jumping Performance. In: *The Engineering of Sport*, Haake (Hg.) Balkema, Rotterdam 1996.
- [6] Müller, W., Platzer, D., Schmölzer, B.: Scientific approach to ski safety. *Nature* 375, 1995, p. 455.
- [7] Müller, W., Platzer, D., Schmölzer, B.: Dynamics of human flight on skis. Improvements on safety and fairness in ski jumping. *Journal of Biomechanics* 8, 1996, pp. 1061-1068.
- [8] Müller, W.: Biomechanics of ski-jumping. Scientific jumping hill design. In: E.Müller, H.Schwameder, E.Kornexl, C. Raschner (Hg.): *Science and Skiing*, E & FN SPON, London 1997, Chapman & Hall, 36-48.
- [9] Schuster, H.G.: *Deterministic Chaos*, VCH Verlag, Weinheim 1988.
- [10] Hanna, R.K.: Going faster, higher and longer in sport with CFD. In: *The Engineering of Sport*, Haake (Hg.) Balkema, Rotterdam 1996, pp. 3-10.
- [11] Wieselsberger: Der Luftwiderstand von Kugeln. *Z. Flugtech. Motor-Luftschiffahrt, ZFM* 5, 1914, pp. 140-144.
- [12] Eifel, G.: Sur la resistance des sphères dans l'air en mouvement. *Comptes Rendus* 155, 1912, pp. 1597-1599.
- [13] Schmölzer, B., Müller, W., 2002. The importance of being light: aerodynamic forces and weight in ski jumping. *Journal of Biomechanics* 35, 1059-69.

Marietta Blau zum Gedenken

Arnold Perlmutter

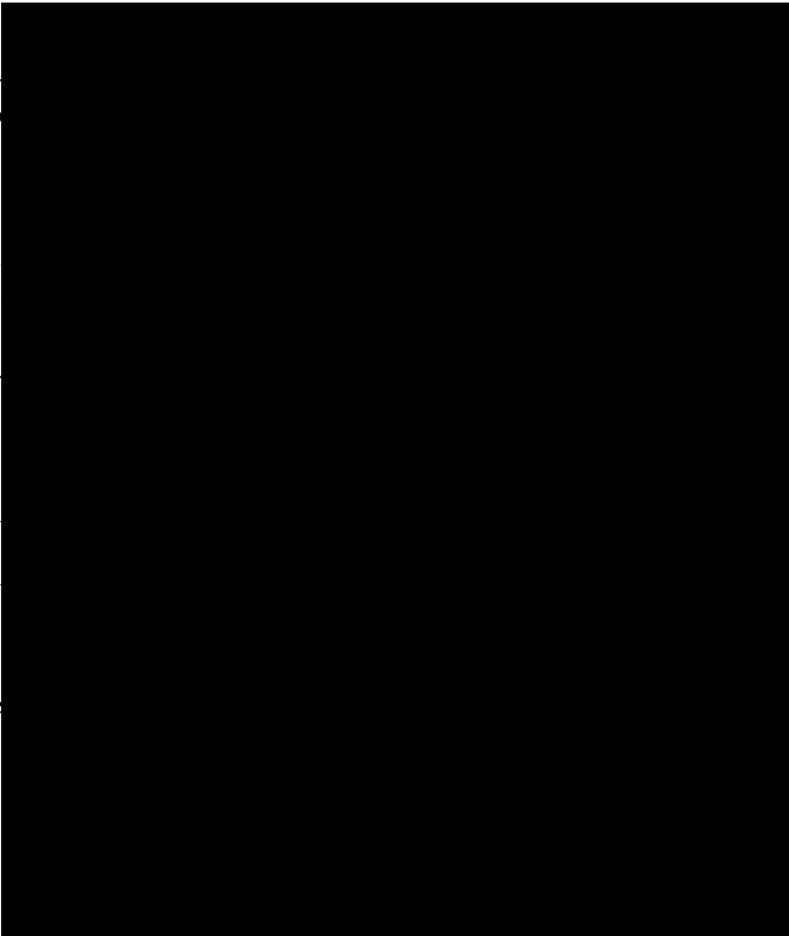
Verehrte Festgäste und Kollegen!

Es ist eine große Ehre für mich, bei dieser Gelegenheit hier zu sprechen. Es ist zudem für mich ein sehr bewegender Augenblick. Eine Ehre ist es deshalb, weil die Universität Wien Heimstätte solch herausragender Persönlichkeiten der Physik wie Ludwig Boltzmann, Erwin Schrödinger, Hans und Walter Thirring, Stefan Meyer und - nicht zuletzt - Marietta Blau, wir heute gedenken, gewesen ist. Für mich ist es deshalb bewegender Augenblick, da Marietta Blau jener Mensch war, der neben meinen Eltern den größten Einfluss auf mein Leben gehabt hat. Und schließlich war es hier in Wien, dass ich zum letzten Mal im Jahr 1962 mit ihr sprechen konnte.

Ich traf Marietta Blau erstmals im Herbst 1956, als sie vom Brookhaven National Laboratory an die University of Miami kam, wenige Monate nachdem ich dort eine Anstellung erhalten hatte. Marietta machte auf mich einen unauslöschlichen Eindruck. Hier kam eine zarte, zurückhaltende, ja sich selbst allzu sehr in den Hintergrund stellende Person von Weltruf der Teilchenphysik, und traf einen jungen Dozenten, der seine bisherigen Arbeiten zur Festkörperphysik fortsetzte. Ich wurde von ihr fasziniert. Für mich war sie die Verkörperung europäischer Bildung, sie liebte klassische Musik, bildende Kunst und Literatur, und bestach durch freundliche Zurückhaltung. Schnell entstand eine tiefe Freundschaft, wohl auch deshalb, weil sie mich in einigen Eigenschaften an meine Mutter erinnerte. Während ihrer Jahre in Miami besuchten wir uns gegenseitig zu Hause, besuchten gemeinsam Konzerte und Opernaufführungen und nahmen gegenseitig Anteil am Privatleben.

Sofort schloss ich mich ihrem Forschungsprogramm an, der Untersuchung von Phänomenen der Elementarteilchen mittels der Photoemulsionstechnik, worin sie die unbestrittene Meisterin war. Es gelang ihr, vom Air Force Office of Scientific Research die Mittel für hochwertige Leitz-Mikroskope, den Entwurf und Bau von beweglichen Objektträgern und ein hochgenaues Mikroskop zur Bestimmung der Spuren der energiereichsten Teilchen zu erhalten. Zur Ausschaltung von Erschütterungen wurde alles auf einer massiven Betonplatte montiert. In Kürze hatte sie nicht nur mich, sondern auch weitere Kollegen und einige "Scanner", hauptsächlich Studenten und Hausfrauen, in der Untersuchung der Photoplatten unterwiesen, die an den Hochenergiebeschleunigern verschiedenen Teilchenstrahlen ausgesetzt worden waren. Die Arbeit war mühsam und erforderte Genauigkeit. Oft arbeiteten wir 14 - 16 Stunden am Tag, mit Scannen und Messen sowie der Betreuung der Scanner beschäftigt. Marietta war eine anregende und angenehme Leiterin, weshalb sie von den Mitgliedern ihrer Arbeitsgruppe in höchstem Maße anerkannt wurde. Ihre zarte Gestalt und sanfte Art mag manchen ihrer männlichen Kollegen zur Unterschätzung ihrer Fähigkeiten, ihrer Hartnäckigkeit und ihrer Zielorientierung verführt haben. Von solchen

Vorurteilen war ich spätestens dann geheilt, als ich sie in allen Phasen unserer Arbeit erlebte, beim Kampf mit der Universitätsverwaltung um die effizienteste Nutzung der Projektmittel, beim Entwurf und dem Bau der beweglichen Objektträger und der halbautomatischen Spurverfolgung und Ionisationsdichtemessung.



Marietta Blau um 1927

Ich muss mich hier auf eine kurze Beschreibung von Mariettas Werk und Persönlichkeit beschränken. In ihrer Forschung war sie Pionier und betrat stets Neuland. So war es am Beginn ihrer Laufbahn im Jahr 1925, als sie Emulsionen schuf, die den Nachweis schneller Protonen und Alphateilchen gestatteten, und es ihr dann noch gelang, Neutronen nachzuweisen. Auch wenn es außerhalb meiner Zeit der Zusammenarbeit mit ihr liegt, muss ich ihre größte Leistung erwähnen, als sie als erste zusammen mit Hertha Wambacher die "Sterne der Zertrümmerung" von Kernen beobachtete, die durch energiereiche neutrale Teilchen der kosmischen Strahlung in den Photoemulsionen erzeugt wurden. Die Platten waren mit Unterstützung von Professor Victor Hess (Nobelpreis 1936 für die Entdeckung der kosmischen Strahlung) 5 Monate lang am Hafelekar bei Innsbruck in 2300 m Höhe der Strahlung ausgesetzt worden.

Prof. Arnold Perlmutter, Professor of Physics, University Miami, Florida, hielt anlässlich des 109. Geburtstages von Marietta Blau diesen Vortrag am 29. April 2003 an der Universität Wien.

Diese Ergebnisse wurden 1937 in Nature berichtet. Die Publikation zeigt ihr "goldenes Ereignis" (so nannte es der Physikhistoriker Peter Galison). In der Mikrographie sind nicht alle acht Spuren leicht zu erkennen, da sie das Zentrum des Sterns unter verschiedenen Winkeln zur Beobachtungsebene verlaufen. In diesem und den weiteren über dreißig Ereignissen, die bald folgten, zeigte der Betrag der gesamten Energie in der Größenordnung von jeweils mehreren hundert MeV deutlich, dass sie nicht durch Radioaktivität, sondern durch energiereiche Strahlung entstanden sein mussten. Damit waren Blau und Wambacher die ersten, die Wechselwirkungen der energiereichen kosmischen Strahlung in Photoemulsionen beobachteten.

Von Professor Stefan Meyer erhielt Marietta Blau das Angebot, Photoemulsionen in den Schweizer Alpen und bei Ballonflügen in großer Höhe der kosmischen Strahlung auszusetzen. Doch kam nun der "Anschluss" und Marietta musste Wien verlassen. Dies war nicht nur für sie persönlich ein harter Schlag, für ihre Forschung war es eine Tragödie. Hätte sie diese Experimente durchgeführt, hätte sie sicherlich als erste Pionen beobachtet, acht Jahre bevor dies C.F. Powell im Jahr 1947 gelang. Jedenfalls hätte ihr ein Teil des Nobelpreises gebührt, den Powell 1950 erhielt, nachdem er die von ihr meisterlich entwickelte Emulsionstechnik so erfolgreich angewendet hatte.

Sie hätte diese Anerkennung verdient, wurde sie doch zweimal von Erwin Schrödinger und einmal von Hans Thirring dafür nominiert. Es mag auch noch weitere Nominierungen gegeben haben, vielleicht von Max Born, der ihre Leistungen in seinem klassischen Werk über Atomphysik anführte.

Statt dessen musste Marietta Blau nach Mexiko ins Exil und in die intellektuelle Isolation. Diese endete 1944, als sie nach New York kam und in einer Uranerz-Firma arbeiten konnte. In der ersten von fünf Arbeiten, die sie mit verschiedenen Koautoren zwischen 1945 und 1948 verfasste, beschreibt sie erstmalig einen modernen Szintillationszähler mit Photomultiplier-Röhre. Wie ihr Kollege und Freund Leopold Halpern sowie Otto Frisch betonten, erwies sich Blaus Verwendung von Photomultipliern später von großer Bedeutung. Trotz seiner Einfachheit bedeutete das Gerät eine ungeheure Erleichterung im Vergleich zum händischen Zählen von Lichtblitzen am Zinksulfid-Schirm, wie es erstmals Lord Rutherford und seine Gruppe zu Beginn des 20. Jhdts. getan haben.

Die Canadian Radium and Uranium Mining Corporation, ihr Arbeitgeber, hielt diese Forschungsrichtung offensichtlich nicht für hinreichend erfolgversprechend.

Im Jahr 1948 "entdeckte" die neu gegründete US Atomic Energy Agency Marietta Blau und gab ihr Gelegenheit, an neuen Cyclotron der Columbia University ein Emulsionslabor aufzubauen.

1950 wechselte sie nach Brookhaven. In den Jahren von 1948 bis 1956 führte ihre Rückkehr zur Emulsionsforschung zu 19 Originalarbeiten und mehreren Übersichtsartikeln in Acta Physica Austriaca und in den Sitzungsberichten der Akademie. Zu den wichtigen Experimenten jener Zeit zählen die inelastische Streuung negativer Pionen an Kernen der Emulsionen. 1953 konnte sie als erste definitiv die Erzeugung zusätzlicher Pionen in pionischen Wechselwirkungen mit Kernen zeigen - ein wichtiges, wenn nicht gar unerwartetes Phänomen.

Blaus letzte Arbeit in Brookhaven betraf die Untersuchung von Hyperfragmenten und langsamen K-Mesonen, die im 3 GeV Protonenstrahl produziert wurden. Hyperfragmente, das sind Kernbruchstücke, die Lambda-Hyperonen enthalten, waren im Jahr zuvor von Danysz und Pniewsky entdeckt worden. Mit 14 neu dokumentierten Hyperfragmenten konnte sie wesentlich zu diesem Gebiet beitragen.

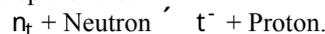
Umfang und Qualität ihrer Arbeit zwischen 1948 und 1956 sind angesichts der Umstände, unter denen sie arbeiten musste, umso bemerkenswerter. Die geringe Unterstützung ihrer Arbeit am Brookhaven Labor veranlasste sie 1956, eine Professur an der University von Miami anzunehmen. (Als Nina Byers, Professorin an der University of California at Los Angeles, den ehemaligen Brookhaven-Direktor Maurice Goldhaber nach den Gründen der schäbigen Behandlung von Marietta Blau fragte, erfuhr sie: "Women were not treated very well in those days.")

In Miami fand sich Marietta rasch zurecht. Sie hielt Vorlesungen über theoretische Elektrodynamik und über Kernphysik und baute das bereits beschriebene Emulsionslabor auf. Weitere namhafte Physiker arbeiteten im Physik-Department, unter ihnen der Theoretiker Kursunoglu, mit dem ich die letzten vierzig Jahre intensiv zusammenarbeitete.

Zwei Bekannte aus der Wiener Zeit sind zu nennen: Fritz Koczy (1914-1968), der Leiter des Ozeanographischen Instituts in Miami wurde, und Elisabeth Rona (1890-1982), die zur Geochemie gewechselt war und mit Koczy zusammenarbeitete. Zu beiden nahm Marietta Blau freundschaftlichen Kontakt auf.

Von den wissenschaftlichen Projekten unserer Gruppe in Miami sei nur eines erwähnt: Wir vermessen die Spuren der Wechselwirkungen von Pionen mit einem Impuls von 1,3 GeV/c und untersuchten elastische wie auch inelastische Wechselwirkungen. Unter unseren Daten befanden sich auch Beispiele der Delta-Resonanz, eines instabilen kurzlebigen Zustands, der nach etwa 10^{-24} s in Nukleon und Pion zerfällt. Doch im Jahr 1959 gab es dafür noch keine Erklärung, die erst Gell-Manns Quarkmodell 1962 lieferte. Dass wir diese Beobachtung machten, ist Mariettas Intuition zu verdanken. Unsere Statistik war mager, doch folgende Experimente mit Blaskammern bestätigten das Ergebnis.

Ich kann nicht umhin, ein Beispiel zu erwähnen, in dem Mariettas Entdeckungen eine große Rolle für die heutige Physik spielten. Im DONUT (Direct Observation of Nu Tau) Experiment konnte erstmals das Tau-Neutrino direkt nachgewiesen werden. Dazu musste zuerst ein Neutrinostrahl hergestellt werden, der Tau-Neutrinos enthielt. Die Wechselwirkung der Tau-Neutrinos mit Materie erzeugt nach der Theorie Tauonen (analog zu Elektronen, die Elektronen erzeugen), also beispielsweise



Wegen der kurzen Lebensdauer des Tauons (10^{-13} sec), das als schwerer Verwandter des Elektron in ein Elektron und zwei unsichtbare Neutrinos zerfällt, musste zur Sichtbarmachung der Spur des Tau und des Elektrons das hohe räumliche Auflösungsvermögen einer Photoemulsion genutzt werden. Da Neutrinos nur sehr selten mit gewöhnlicher Materie in Wechselwirkung treten, war der Nachweis äußerst mühsam (s. PLUS LUCIS 2/2000, <http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/002/tau.pdf>).

Es hätte Marietta Blau sicher mit großem Stolz erfüllt, wenn sie diese Anwendung ihrer Methode erlebt hätte.

Als ich vor wenigen Jahren meinen Beitrag zur Biographie von Marietta verfasste, hatte ich das Gefühl, ihre Arbeit nach 1945 im Vergleich zu ihren monumentalen Leistungen vor 1938 verteidigen zu müssen. Inzwischen habe ich eingesehen, dass trotz schwindender Gesundheit ihre späteren Arbeiten ebenso bedeutend sind. Es sind dies:

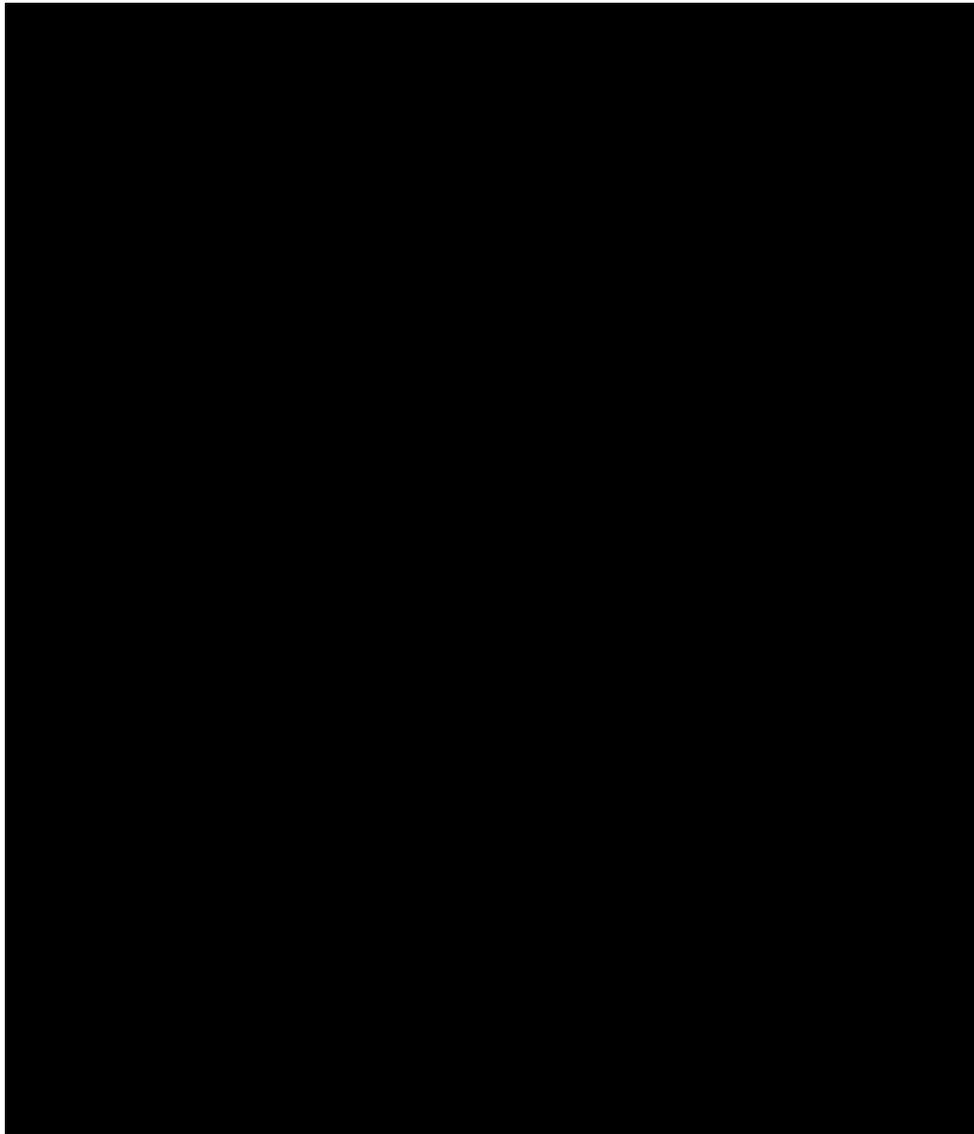
1. Die erste veröffentlichte Konstruktion eines Szintillationszählers mit Lichtverstärkerröhre,
2. die Entwicklung und der Bau von halbautomatischen Spuren- und Ionisationsdichte-Messgeräten, zuerst 1950 in Brookhaven und dann 1959 in Miami, wo ich mitarbeiten durfte. So primitiv diese Geräte heute erscheinen, wiesen sie doch den Weg zur Entwicklung einer leistungsfähigen automatischen Datenauswertung in Blasen- und Funkenkammern.
3. Mariettas Untersuchungen von inelastischen Pion-Nukleon-Streuungen, wo sie zunächst in Brookhaven die Vielfach-Erzeugung von Pionen als Erste nachweisen konnte

und dann in Miami als Erste die Pion-Nukleon-Resonanz Delta erkannte, die ein wesentlicher Baustein des Quarkmodells wurde.

Damit zeigt sich das Leitmotiv ihrer Arbeit, stets Pionierleistungen zu erbringen.

Abschließend möchte ich noch die Bemühungen von Leopold Halpern, einem gebürtigen Österreicher, der nun an der Universität von Tallahassee als theoretischer Physiker wirkt, hervorheben, sowohl ideelle Anerkennung ihrer wissenschaftlichen Leistungen, als auch finanzielle Unterstützung für Marietta Blau bei österreichischen Institutionen zu finden - leider erfolglos.

Für sein exzellentes Buch "Image and Logic" und seinen Artikel in Physics Today von 1997 "Marietta Blau: Between Nazis and Nuclei" möchte ich Peter Galison, Physikhistoriker in Harvard, danken. Besonderen Dank schulde ich Robert Rosner und Brigitte Strohmaier, die mich einluden, zur Biographie von Marietta Blau bei zu tragen.



Faksimile der Originalveröffentlichung über "Sterne der Zertrümmerung"

Nobelpreise 2003

Nobelpreis für Physik 2003: Supraleitung und Suprafluidität

Alexei A. Abrikosov, Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois, USA,

Vitaly L. Ginzburg, P.N. Lebedev Physical Institute, Moscow, Russia,

Anthony J. Leggett, University of Illinois, Urbana, Illinois, USA.

Der diesjährige Nobelpreis in Physik zeichnet drei Forscher aus, die entscheidende Arbeiten über zwei quantenphysikalische Phänomene ausgeführt haben: Supraleitung und Suprafluidität. Supraleitendes Material wird z. B. in Kernspintomographen für medizinische Untersuchungen und in Teilchenbeschleunigern in der Physik verwendet. Kenntnisse über suprafluide Flüssigkeiten können uns vertiefende Einsichten darüber geben, wie die Materie in ihrem niedrigsten und meistgeordneten Energiezustand auftritt.

Bei niedrigen Temperaturen (einige Grade über dem absoluten Nullpunkt) verlieren gewisse Metalle ihren elektrischen Widerstand. Dies wurde 1911 erstmalig bei Quecksilber von Heike Kamerlingh Onnes gefunden, der 1913 dafür den Nobelpreis erhielt. Derartige supraleitende Materialien haben darüber hinaus die Eigenschaft, den Magnetfluss ganz oder teilweise zu verdrängen. Diejenigen, die den Magnetfluss ganz verdrängen, werden als Typ I-Supraleiter bezeichnet. John Bardeen, Leon Cooper und Robert Schrieffer entwickelten dafür die BCS-Theorie, die 1972 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurde. Nach der BCS-Theorie verhalten sich Paare von Elektronen mit entgegengesetztem Spin wie Bosonen, sie bilden durch ihre Korrelation "Quasi-Teilchen" mit Gesamtspin Null, so dass sie nicht durch das Pauliverbot gehindert werden, durch Bose-Einstein-Kondensation in einen makroskopischen Quantenzustand überzugehen. Diese Theorie erwies sich jedoch zur Erklärung der Supraleitung in den technisch wichtigsten Materialien als unzureichend. Diese so genannten Typ II-Supraleiter lassen Supraleitung und Magnetismus zusammen existieren und bleiben in hohen Magnetfeldern supraleitend. Alexei Abrikosov gelang die theoretische Erklärung dieses Phänomens. Er ging von einer Theorie aus, die von u. a. Vitaly Ginzburg und L. D. Landau für Typ I-Supraleiter ausgearbeitet worden war, sich aber als so umfassend erwies, dass sie auch auf den neuen Typ anwendbar war. Obwohl die Theorien schon in den 50er Jahren formuliert wurden, haben sie durch die Entwicklung von Materialien mit ganz neuen Eigenschaften neue Aktualität erhalten. Nun können diese bei immer höheren Temperaturen und stärkeren Magnetfeldern supraleitend gemacht werden.

Flüssiges Helium kann suprafluid werden, d. h. die Viskosität verschwindet bei niedrigen Temperaturen. Für He-4 entdeckte dies Pjotr Kapitza 1938 (Nobelpreis 1978). He-4 enthalten im Kern 2 Protonen und 2 Neutronen, in der Hülle 2 Elektronen. Der gesamte Spin von He-4-Atomen ist Null, diese Atome

sind daher Bosonen und können ein Bose-Einstein-Kondensat bilden. Die Suprafluidität des seltenen Isotops He-3 wurde 1972 von Lee, Osheroff und Richardson entdeckt, was ihnen im Jahr 1996 den Nobelpreis bescherte.

He-3-Atome müssen analog zu den Elektronenpaaren in metallischen Supraleitern Paare bilden, um in den suprafluiden Zustand übergehen zu können. Anthony Leggett formulierte 1972 erfolgreich eine Theorie, wie die He-3-Atome in dem suprafluiden Zustand wechselwirken und geordnet werden. Im Unterschied zu den BCS-Elektronenpaaren der Supraleitung bilden die He-3-Atome Paare mit parallelem Spin, aber auch der Bahndrehimpuls zeichnet nun eine Richtung aus. Die Rotationssymmetrie der Kräfte ist im physikalischen Zustand nicht realisiert, dieser zeigt mehrfache "spontane Symmetriebrechung", was zu neuen Eigenschaften der Suprafluidität führt. Diese "anisotrope" Suprafluidität ist auch für die sog. Hochtemperatur-Supraleiter relevant, darüber hinaus für das Verständnis von komplexen Phasenübergängen in der Physik von Flüssigkristallen oder auch in der Kosmologie.

Der Nobelpreis für Medizin 2003: Entdeckungen zur Abbildung mit Magnetresonanz

Paul C Lauterbur und *Peter Mansfield*

Die Abbildung menschlicher innerer Organe mit genauen, jedoch nicht-invasiven Methoden ist für die medizinische Diagnose, Behandlung und Kontrolle von hoher Bedeutung. Die Magnetresonanz-Methode hat in der Medizin eine Revolution bedeutet.

Die Magnetresonanz-Methode beruht darauf, dass Atomkerne im Magnetfeld mit einer Frequenz präzessieren, die von der Stärke des angelegten Feldes abhängig ist. Durch Einstrahlung von Radiowellen mit geeigneter Frequenz werden sie zu Resonanzstrahlung angeregt. Die Grundlagen dieser Technik wurden bereits 1952 durch die Verleihung des Nobelpreises an Bloch und Purcell ausgezeichnet. Die Weiterentwicklung für die medizinische Diagnostik verdanken wir den heurigen Preisträgern.

Paul Lauterbur (geb. 1929), Urbana, Illinois, USA, führte räumlich variierende Magnetfelder ein, um zweidimensionale Bilder von Querschnitten durch das Untersuchungsobjekt zu erhalten. Es ist eine Ironie des Schicksals, dass die renommierte Zeitschrift Nature 1973 seine Arbeit zunächst nicht publizieren wollte.

Peter Mansfield (geb. 1933), Nottingham, England, entwickelte die Technik durch sehr schnelle Gradientenänderungen weiter und fand, wie das Resonanzsignal mathematisch analy-



siert und zu einem Computer generierten Bild zusammen gesetzt werden kann.

Untersuchungen mit der Magnetresonanz-Methode sind nun Routine in der medizinischen Diagnostik - derzeit etwa 60 Mio. Untersuchungen pro Jahr - und werden stetig weiter entwickelt. Als nicht-invasive Methode hat sie auch das Untersuchungsrisiko vermindert.

Wasserstoff-Atome als Kreisel

Wasser trägt etwa 2/3 zu unserer Körpermasse bei, und dieser hohe, aber in den einzelnen Organen unterschiedliche Wassergehalt erklärt die Präzision der Methode, da krankhafte Veränderungen in der Regel auch einen veränderten Wassergehalt bedeuten.

Die Wasserstoff-Kerne in Wasser und anderen Molekülen verhalten sich in einem Magnetfeld ähnlich wie Kompassnadeln, ihre Kernspins ordnen sich parallel zum Magnetfeld. Durch gepulste Radiowellen gelangen sie vorübergehend in einen höheren Energiezustand, aus dem sie durch Abstrahlung wieder in den Grundzustand zurückkehren. Mit Computerverfahren gelingt ein dreidimensionales Bild, das die chemische Struktur des Gewebes wiedergibt.

Bereits zweimal wurden Entwicklungen zur Kernresonanzmethode mit Chemie-Nobelpreisen honoriert. Im Jahr 1991 wurde Richard Ernst für seine Beiträge zur Kernspin-Spektroskopie und im vergangenen Jahr Kurt Wüthrich - beide sind Schweizer - für die Bestimmung der dreidimensionalen Struktur biologischer Makromoleküle ausgezeichnet.

Der medizinische Einsatz der Magnetresonanzmethode begann in den 80er Jahren, im Jahr 2002 wurden mit etwa 22000 Geräten rund 60 Mio Untersuchungen durchgeführt. Als großer Vorteil ist das Fehlen schädlicher Nebenwirkungen anzusehen im Gegensatz zu Röntgenuntersuchungen. Lediglich Patienten mit Herzschrittmachern oder mit magnetischen Implantaten können wegen der starken Magnetfelder (Supraleitende Magnetspulen im Teslabereich) nicht untersucht werden.

Der Nobelpreis in Chemie 2003: Kanäle in Zellmembranen

Peter Agre, Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore, U.S.A.

Roderick MacKinnon, Howard Hughes Medical Institute, The Rockefeller University, New York, U.S.A.

Molekulare Kanäle gewähren uns Einblick in die Chemie der Zelle

Wir Menschen bestehen zu ungefähr 70 % aus Salzwasser. Der diesjährige Nobelpreis in Chemie zeichnet zwei Forscher aus, deren Entdeckungen aufgeklärt haben, wie Wasser und Salze (Ionen) aus den Zellen des Körpers heraus und in sie hinein transportiert werden. Die Entdeckungen geben uns einen fundamentalen molekularen Einblick darin, wie z. B. die Niere Wasser aus dem Primärurin zurückgewinnt und wie die elektrischen Signale in unseren Nervenzellen erzeugt und transportiert werden. Dieses hat große Bedeutung für unser Verständnis über eine Reihe von Krankheiten in z. B. Niere, Herz, Muskeln und Nervensystem.

Dass die Zellen des Körpers spezifische Kanäle für den Transport von Wasser besitzen müssten, ahnte man schon zu Mitte des 19. Jahrhunderts, aber erst 1988 gelang es Peter Agre, ein Membranprotein zu isolieren, von dem er gut ein Jahr später erkannte, dass dieses der lange gesuchte Wasserkanal sein musste. Diese entscheidende Entdeckung öffnete die Tür zu einer ganzen Reihe von biochemischen, physiologischen und genetischen Studien an Wasserkanälen in Bakterien, Pflanzen und Säugetieren. Heute können die Forscher einem Wassermolekül auf seinem Weg durch die Zellmembran im Detail folgen und verstehen, warum nur Wasser, aber keine anderen kleinen Moleküle oder Ionen hindurchdringen können.

Der andere Typ von Membrankanal, der dieses Jahr Beachtung findet, sind die Ionenkanäle. Roderick MacKinnon setzte die ganze Forscherwelt in Erstaunen, als es ihm im Jahr 1998 gelang, die räumliche Struktur bei einem Kaliumkanal zu bestimmen. Dank dieser Arbeit können wir nun die Ionen durch Kanäle strömen "sehen", die mittels verschiedener Signale in der Zelle geöffnet und geschlossen werden können. Ionenkanäle sind u. a. für die Funktion des Nervensystems und der Muskeln wichtig. Das so genannte Aktionspotential in Nervenzellen wird erzeugt, wenn ein Ionenkanal auf der Oberfläche einer Nervenzelle durch ein chemisches Signal, das von einer nahegelegenen Nervenzelle ausgesendet wird, geöffnet wird, woraufhin sich ein elektrischer Spannungspuls entlang der Nervenzelloberfläche dadurch fortpflanzt, dass im Verlauf von einigen Millisekunden eine ganze Reihe von Ionenkanälen geöffnet und geschlossen werden.

Der diesjährige Preis illustriert, wie die heutige Biochemie bis auf das atomare Niveau hinabgeht, um im Grundsatz die Lebensprozesse zu verstehen.

Physics on Stage 3 und wie es weitergehen soll

Christian Gottfried

Das Fest "Physics and Life" ist vorbei. Viel Enthusiasmus für die Naturwissenschaften und deren Popularisierung wurde geweckt. Die neunköpfige österreichische Delegation kehrte nach einer anstrengenden Woche am europäischen Raumfahrttestzentrum ESTEC in Holland mit vielen Anregungen, Material für den Unterricht und einem großartigen 2. Platz bei der internationalen Bewertung von ca. 100 präsentierten Projekten nach Hause zurück. Im Bild sehen Sie rechts die siegreiche Mannschaft mit ihrem Gewinndekret, Rudolf Ziegelbecker von der HTL Ortweingasse in Graz mit zweien seiner Schüler, in der Mitte den Enthusiasmus versprühenden Motor von Physics on Stage, den Astronauten Wubbo Ockels, links davon seine Mitarbeiterin Nathalie Olivier und den österreichischen Delegationsleiter Christian Gottfried.



Aus insgesamt 33 Projektleitern ermittelte die österreichische Steuergruppe die neunköpfige Delegation, die vom 8. bis 15. November 2002 am ESTEC in Noordwijk ihre Beiträge auf dem Österreichstand zeigten, Workshops leiteten bzw. besuchten, Präsentationen und Bühnenaufführungen miterleben konnten und im ausgezeichneten Hotel "Huis ter Duin" von den Veranstaltern verwöhnt wurden.

Einen begeistert aufgenommenen Beitrag zur Gestaltung des Festes lieferte Helmut Lambauer mit seiner zehnköpfigen Theatergruppe aus der Grazer International Bilingual School (GIBS), als er am ersten Tag der Festwoche seine Produktion "Eye like Physics" vor dem Plenum zur Aufführung brachte. Mit farbigen Schattenspielen, Kostümen und den einerseits physikalischen und andererseits künstlerischen Zugängen zum Phänomen Farbe wurde das Motto "Physics and Life" um einen besonderen Aspekt bereichert.

Die Reihe dieser erfolgreichen Veranstaltungen im Rahmen der European Science Week soll 2004 fortgesetzt werden und zwar in Grenoble, wo sich bedeutsame Forschungsinstitute des EIROFORUMS (<http://www.eiroforum.org>), des Veranstalters, befinden. Basierend auf den Erfolgen von Physics on Stage wollen die Mitglieder des EIROFORUMS zusammen mit der Europäischen Kommission eine neue European Science

Dr. Christian Gottfried koordiniert die Teilnahme österreichischer Lehrkräfte bei Physics on Stage, email: christian.gottfried@inode.at



Österreich-Stand bei Physics on Stage 3

Teachers Initiative (ESTI) ins Leben rufen, haben dazu schon ein Grundsatzpapier unterzeichnet und erwarten eine Bestätigung durch die EU noch in diesem Jahr. Details zu Physics on Stage 3 sind aus <http://www.teilchen.at/POS/Pos3> ersichtlich.



Theatergruppe aus der Grazer International Bilingual School mit ihrer Produktion "Eye like Physics"

Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht - Chance oder Rückschritt?

Hermann Scherz

Am BRG Leibnitz in der Steiermark wird seit einigen Jahren (ab 1996, seit 1999/2000 offiziell als Schulversuch anerkannt) ein neuer Gegenstand unterrichtet. Der anfängliche Arbeitstitel "NWL - Naturwissenschaftliches Labor" - blieb letztendlich erhalten, drückt er doch das Wesentliche aus: die Zusammenarbeit der naturwissenschaftlichen Fächer BIU, CH und PH sowie den experimentellen Schwerpunkt.



Die Initiatoren von NWL: vorne l.n.r.: Christof Lang, Hermann Scherz, hinten: Karl Heinz Tinnacher, Bernhard Ackerl und Peter Oswald

Ich wurde eingeladen, anlässlich der für uns höchst erfreulichen Verleihung des Sexl-Preises kurz über das NWL zu sprechen. Details finden sich auf unserer homepage nwl.at.

Ich habe im Vortragstitel absichtlich das Wort Chance verwendet und nicht Fortschritt, da fächerübergreifender Unterricht noch nicht automatisch eine Verbesserung darstellen muss. Wir sind natürlich überzeugt davon, dass eine verstärkte Zusammenarbeit der Naturwissenschaften unbedingt notwendig ist, jedoch gleichzeitig weit davon entfernt, uns dies als vollständigen Ersatz der traditionellen Einzelfächer zu wünschen!

Ich sage das sehr deutlich, denn die Erfahrungen der letzten Jahre mit unserer Bildungspolitik haben mich misstraurisch gemacht. Die vielen Initiativen hinsichtlich fächerübergreifenden Unterrichtes in Österreich dürfen nicht dazu führen, dass etwas wiederauflebt, was ich als "schon überwunden geglaubtes Gespenst" bezeichnen möchte. Nämlich ein schwammiger und konturloser Gegenstand namens "science" als Ersatz für die Fächer CH, BIU und PH. Möglicherweise sogar verbunden mit einer kräftigen Stundenkürzung, denn wer braucht schon einen 6- bis 7-stündigen Gegenstand!

Fächerübergreifender Unterricht ist eine unbedingt notwendige Ergänzung zu der in den einzelnen Gegenständen vermit-

telten Fachsystematik und ich würde mich freuen, wenn dieser Gedanke nicht auf die Naturwissenschaften beschränkt bliebe.

Allerdings bestehen beim fächerübergreifenden Unterricht auch einige Gefahren, die ich hier schlagwortartig und sicher unvollständig anreissen möchte:

- Der Verlust von Konturen und gewachsenen Stärken der Einzelfächer
- Die beteiligten Lehrer wollen zu viel - durch Wahl zu komplexer Themen sind Lehrer und Schüler völlig überfordert
- Die gesamte Fachdidaktik soll auch untergebracht werden
- Der notwendige zusätzliche Aufwand kann bei gleichzeitigen bildungspolitischen Demotivationsschüben für engagierte Lehrer zu halbherzigen Lösungen führen, welche die Schülerinnen und Schüler eher verwirren.

Diese Gefahren kann man sicher bei sorgfältiger Planung und Berücksichtigung der von vielen Vorreitern bereits gemachten Erfahrungen minimieren. Die Chancen, durch den ergänzenden fächerübergreifenden Unterricht Verbesserungen zu erreichen, sind jedoch enorm!

Der Unterricht in unserem NWL hat außerdem neben der Zusammenarbeit der naturwissenschaftlichen Fächer noch einen zweiten und ebenso wichtigen Schwerpunkt: den verstärkten Einsatz von Experimenten und praktischen Aufgaben. Dadurch wird den Schülern viel mehr Selbsttätigkeit als im herkömmlichen Unterricht ermöglicht und ihre diesbezüglichen Kompetenzen werden enorm verbessert. Es ist eine uralte und vielfach bestätigte Weisheit, dass "begreifen", im wahrsten Sinne des Wortes, wesentlich erleichtert wird, wenn möglichst alle Sinne angesprochen werden.

Auch zu den aus unserer Sicht wichtigsten Vorteilen nur einige kurze Bemerkungen als Anregung:

- Nicht nur von Vernetzung und Komplexität reden, sondern sie auch tatsächlich im Unterricht berücksichtigen, erhöht enorm die Glaubwürdigkeit der naturwissenschaftlichen Fächer in den Augen der Schüler und verbessert auch deren Problemlösungsverhalten.
- Der Blick über den Tellerrand der Einzelwissenschaften hinaus bringt auch den Lehrern sehr viel und verbessert ihre Fachkompetenzen.
- Das Einlassen auf Situationen und Probleme der Schüler in einem praxisbetonten Unterricht bewirkt beinahe automatisch mehr Rücksichtnahme auf ihre Fähigkeiten.
- Die gemeinsame Überwindung von Problemen oder das gemeinsame Scheitern verändert die Beziehung zwischen Schülern und Lehrern positiv.

In diesem Sinne glauben wir, mit dem NWL eine wertvolle Ergänzung zum traditionellen naturwissenschaftlichen Unterricht entwickelt zu haben. Der dafür notwendige Mehraufwand wird zwar nicht finanziell abgegolten, aber die Reaktionen von Schülern und auch Eltern haben uns bisher deutlich bestätigt, auf dem richtigen Weg zu sein.

Mag. Hermann Scherz, BG/BRG Leibnitz, scherz@bgbrgleibnitz.at, danke im Namen des NWL-Teams für die Verleihung des Sexlpreises 03 der ÖPG.

Ich bedanke mich im Namen aller naturwissenschaftlichen Kolleginnen und Kollegen des BRG Leibnitz sehr herzlich für die Verleihung des Sexl-Preises und für die damit verbundene Anerkennung!

Das "Naturwissenschaftliche Labor - NWL" am BRG Leibnitz

Ausgehend von den bekannten Problemen des naturwissenschaftlichen Unterrichtes haben viele Lehrer am BG/BRG Leibnitz besonders in den 90er Jahren verstärkt Überlegungen zu Verbesserungsmöglichkeiten angestellt. 1995 gelang es, ein Team zu bilden (Ackerl - Ch; Lang - BIU; Oswald - Ph; Scherz - Ph und Tinnacher - Ph), das die Ausarbeitung und Umsetzung der Idee eines "fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichtsfaches mit experimentellem Schwerpunkt" im RG übernahm. Dieses Team erstellte ein durchgehendes Konzept, Themenübersichten, Unterrichtsunterlagen und Arbeitsblätter; verfasste die entsprechenden Lehrpläne und unterstützte in weiterer Folge die anderen Kollegen beim Unterricht in diesem neuen Gegenstand.

Ab 1995/96 wurde das NWL aufsteigend in den 4./ 6./ 7. und 8. RG - Klassen eingeführt. Dabei wurde jeweils zuerst in einer Pilotklasse der Erstentwurf getestet, verbessert und im darauffolgenden Jahr in allen RG-Klassen dieses Jahrganges unterrichtet. 1999 wurde das NWL offiziell als Schulversuch genehmigt und ist aus dem laufenden Schulbetrieb nicht mehr wegzudenken - in etwa 10 Klassen wird NWL von bis zu 15 verschiedenen Lehrern unterrichtet.

Begleitend wurden laufend Evaluationsmaßnahmen gesetzt: Mehrfache Befragung von Schülern und Eltern (so wünschten 2001 sämtliche befragten Schüler die Fortsetzung des Schulversuchs); die Vorstellung des Konzeptes im Rahmen von diversen Seminaren; die Teilnahme an IMST - Programmen; die Einladung an externe Experten, das Konzept und seine Umsetzung zu beurteilen (z.B. Dr. Anton von der Uni München); ständige Diskussion des Konzeptes und der Lehrpläne im inzwischen erweiterten Team; u.a.m.

Wesentliche Merkmale des NWL

Es ist ein eigenständiger und benoteter Gegenstand mit je einer Doppelstunde pro Woche. Jeweils 2 der 3 Fächer BIU, CH und PH versuchen in enger Zusammenarbeit Themen gemeinsam und vorrangig mit Hilfe praktischer Arbeiten zu behandeln: NWL 4. Kl.: BIU - CH; NWL 6. Kl.: BIU - PH; NWL 7. Kl.: CH - PH; NWL 8. Kl.: BIU - CH

Die Themen werden gemeinsam von den beiden Unterrichtenden (im Rahmen des vom Team erstellten Konzeptes) ausgewählt und bearbeitet, unterrichtet wird in getrennten Arbeitsräumen, wobei die Schüler 14-tägig zwischen den Betreuern wechseln. Bis zur 8. Klasse sollten die Schüler gelernt haben, möglichst selbständig und eigenverantwortlich praktische Arbeiten durchzuführen und möglichst viele Einblicke in interdisziplinäre Zusammenhänge in Natur und Technik gewonnen haben.

Seit 1999/2000 dient der Inhalt des jeweiligen NWL als Grundlage für fächerübergreifende Maturaprüfungen, seit 2003/04 berechtigt der Besuch des NWL auch zur Ablegung der vertiefenden Matura in BIU, CH oder PH.

Physikolympiade 2003

Christian Hofstadler - Goldmedaille
HTBLA Leonding, II. Jahrgang (Kursleiter: Stütz)

Jakob Egger - Silbermedaille
Europagymnasium Linz-Auhof, 7. Kl. (Kursleiterin: Wirth)

Lukas Sieberer - Silbermedaille
BRG Wörgl, 8. Kl. (Kursleiter: Lechner)

Stefan Hierz - Silbermedaille
BGRG Graz-Klusemannstraße, 6. Kl. (Kursleiter: Raudner)

Matthias Weißenbacher - Bronzemedaille
BGRG Graz-Carnerigasse, 7. Kl. (Kursleiter: Stremitzer)

waren die Besten des Österreichischen Bundeswettbewerbs. Wegen der nicht rechtzeitig aufgehobenen SARS-Warnung entfiel die Teilnahme an der Internationalen Physikolympiade in Taipeh. Die ÖPG lud die Wettbewerbsieger zur Jahrestagung nach Salzburg ein.



Die Sieger der österreichischen Physikolympiade und ihre Betreuer

Fachbereichsarbeiten aus Physik 2003

Zur Prämierung wurden heuer 9 Arbeiten eingereicht. Das Niveau und die Ausführung sind durchwegs ausgezeichnet.

Die ÖPG hat stellvertretend für die übrigen die folgenden drei Arbeiten durch Preise ausgezeichnet und hat die Preisträger zur Jahrestagung an die Universität Salzburg eingeladen:

- Benesova Barbora (betreut von Dr. Rath Gerhard, BRG Kepler, 8020 Graz): Untersuchung von Sonnenlicht mit spektroskopischen Methoden
- Claassen Martin (betreut von DI Mag. Lambauer Helmut, BG GIBS, 8020 Graz): High-Performance Digital CMOS Microprocessors
- Hehenberger Elisabeth (betreut von Mag. Achleitner Helmut, BG Amstetten): Moderne Kleinfuerungen für Holz

Die eingereichten Arbeiten werden im Einverständnis mit den Verfassern in den Bestand der Zentralbibliothek für Physik aufgenommen. Einige der Arbeiten können unter der Adresse <http://pluslucis.univie.ac.at/FBA/FBA99> eingesehen werden. Sie enthalten oft Material, das für den Unterricht einsetzbar ist.

Neue Möglichkeiten der Temperaturmessung mit Low-Cost-Multimetern

Josef Kriegseisen

Didaktische Hinweise:

- geringster zeitlicher und materieller Aufwand.
- sehr genaue digitale Temperaturanzeige, optimales Ansprechverhalten der Thermofühler dank geringer Wärmefähigkeit bzw. guter Wärmeleitung der Fühlerspitze.
- Robustheit der Gerätschaft im Vergleich zu Glasthermometern
- sehr gute Ablesbarkeit der Temperatur
- sehr gute Eignung für Schülerexperimente.

Benötigte Materialien:

1 bzw. 2 Stk. Messmultimeter VC 333 von CONRAD ELECTRONIC incl. Thermomessfühler, 1 bzw. 2 Stk. Proberöhren FIOLAX, 1 bzw. 2 Stk. Weichgummistopfen passend zu FIOLAX-Proberöhren, 2 Stk. Bechergläser, Kunststofflöffel, Ethanol 97%, Natriumchlorid NaCl bzw. Ammoniumchlorid NH_4Cl , Schnee bzw. zerkleinertes Eis aus der Tiefkühltruhe

Vorbereitung der Messvorrichtung und der Kältemischung:

Die Vorbereitungsarbeiten gestalten sich denkbar einfach - eben "low cost": Der Drahtthermofühler wird an den dafür vorgesehenen Eingängen am Multimeter VC 333 angeschlossen, der Wählrehschalter auf die "Sechs Uhr" Position gedreht. Nachdem die Proberöhre ca. 3-4 cm hoch mit der entsprechenden Flüssigkeit gefüllt wurde, wird der Messfühler in die Proberöhre eingebracht und mit dem Weichgummistopfen fixiert (s. Abb.).



Die Kältemischung besteht aus einer Wasser-Eis-Mischung im Becherglas, zu welcher man einige Löffel voll NaCl oder NH_4Cl dazugibt und gut umrührt. In der Kältemischung stellt sich eine Temperatur von -10 bis -15 °C ein!

Beispiel 1: Vergleich der Wärmefähigkeit bzw. -abgabe von Wasser und Ethanol (spezifische Wärmefähigkeit, -abgabe)

Josef Kriegseisen, ÜHS der PA Salzburg

Es werden zwei Messvorrichtungen aufgebaut; in einer Proberöhre befindet sich Wasser, in der anderen Ethanol, jeweils gleiche Mengen. Man achte nun darauf, dass beide Medien die selbe Temperatur aufweisen, gegebenenfalls kann die etwas kältere Vorlage in der Faust mittels Körperwärme erwärmt werden.

Neben dem Becherglas mit der Kältemischung positioniert man nun ein weiteres Becherglas, jedoch mit heißem Wasser gefüllt (etwa 80°C).

Wechselweise werden die beiden Proberöhren nun in die Kältemischung bzw. in das heiße Wasser eingebracht



Die Messfühler reagieren sehr schnell auf Temperaturänderung, man kann sehr schön feststellen, dass das Ethanol - bei identischen Versuchsbedingungen - sehr viel schneller seine Temperatur ändert als das Wasser!

Beispiel 2: Herstellen einer "unterkühlten Schmelze" von Wasser mit anschließend induziertem Erstarren.

Verblüffend einfach kann man nunmehr mit der beschriebenen Messvorrichtung den Effekt der "unterkühlten Schmelze" bzw. der "verzögerten Kristallisation" am Beispiel Wasser zeigen:

Nunmehr ist peinlichst darauf zu achten, dass man eine wirklich saubere - nach Möglichkeit neue - Proberöhre mit sauberem Wasser ca. 4 cm hoch füllt (es darf ruhig Leitungswasser sein!). Der Messfühler sollte sauber sein, zur Sicherheit vorher gut spülen.

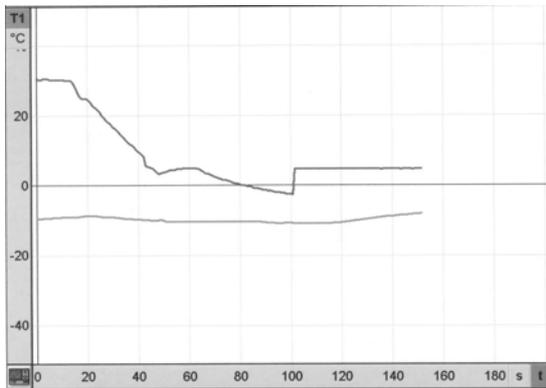
Nunmehr bringt man die Proberöhre in die Kältemischung ein. Durch leichtes Schwenken der Proberöhre in der Kältemischung erreicht man eine homogene Abkühlung des Wassers. Nunmehr können vom Experimentator unbeeinflussbar zwei Dinge eintreten:

a.) allmähliches Einsetzen der Kristallisation des Wassers bei 0° C, die Temperatur bleibt aufgrund des Freiwerdens der Erstarrungswärme bei 0° C "stecken".

b.) Mindestens mit derselben Wahrscheinlichkeit setzt bei 0°C kein Erstarren ein, sondern die "Schmelze" kühlt langsam weiter ab; es liegt nunmehr in der Regel kein Messfehler vor, sondern es zeigt sich der Effekt der Unterkühlung, bedingt durch die gleichmäßige Abkühlung und das Fehlen von Kristallisationskeimen.

Bei etwa -4°C nimmt man nun vorsichtig die Proberöhre aus der Kältemischung heraus.

Den Blick sowohl auf die Temperaturanzeige, als auch auf die Proberöhre gerichtet kann nun durch leichtes Schütteln der Proberöhre - wohlgernekt außerhalb der Kältemischung - das spontane Erstarren des Wassers induziert werden. In jenem Moment, in welchem das Wasser schlagartig erstarrt, "springt" die Temperaturanzeige in den Bereich von 0° - 4°C: Hiermit wird eindrucksvoll das Freiwerden von Erstarrungswärme dokumentiert!



Temperaturverlauf beim Gefrieren von unterkühltem Wasser, aufgezeichnet mit dem Messinterface CHEMBOX.

Beispiel 3: Messen der Wassertemperatur in Gewässern:

Mittels des Thermofühlers kann bequem die Wassertemperatur von Gewässern in verschiedenen Wassertiefen gemessen werden - Fühler einfach in das Gewässer eintauchen!

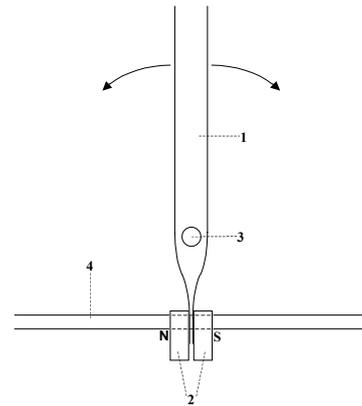
Besonders interessant: An strengen Wintertagen kann man in die Eisdecke von Teichen oder Seen mittels Bohrer Löcher bohren und den Temperaturverlauf von 0 bis ca. 1 m Wassertiefe messen.

Die Temperatur des Wasser dicht unter der Eisdecke liegt nahe dem Gefrierpunkt, je tiefer man geht, desto "wärmer" wird es: +1, +2, +3, +4 °C.



Primitiv-Amperemeter (Drehmagnet)

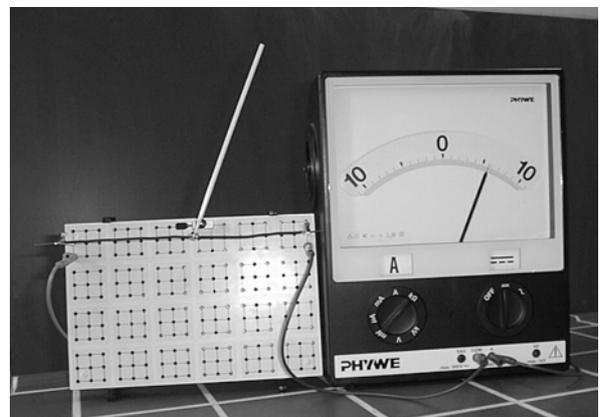
Herbert Klinglmair



Ein Ende eines Kunststoff-Trinkhalms (Skizze Nr. 1) wird zwischen zwei leistungsstarke Dauermagnete (Skizze Nr. 2; Conrad-Electronic 504254) geklemmt. Die Spitze einer etwa 2 cm oberhalb dieses Endes quer zur Magnetpolrichtung durch den Halm gestoßenen Stecknadel mit Köpfchen (Skizze Nr. 3 - Nadelstich mit einer dickeren Nadel ein wenig vergrößern!) ist höhenverstellbar in einer 1-mm-Buchse eines Steckverteilers (Leybold 501 50) fixiert. Der 4-mm-Stift dieses Steckverteilers sitzt in der passenden Buchse eines Steckhalters (Leybold 579 331), welcher wiederum auf einer mit einem Paar Plattenhaltern (Leybold 576 77) gestützten Rastersteckplatte A4 (Leybold 576 74) angebracht ist.

An den beiden oberen Ecken der Rastersteckplatte sind mit 4-mm-Verbindungssteckern und passenden Abgreifklemmen die beiden abisolierten Enden einer waagrecht knapp hinter den Knopfmagneten vorbeiführenden PVC-Aderleitung (Skizze Nr. 4; z. B. YE 1,5 H 07 V - U 1,5) festgeklemmt.

Die Kombination aus Knopfmagneten und Trinkhalm reagiert recht deutlich auf durch die Aderleitung geschickte Gleichströme bis gegen 10 Ampere. Der Zeigerausschlag des selbstgebastelten Messgerätes kann, wie am Foto zu sehen ist, mit dem eines dazugeschalteten "richtigen" Amperemeters verglichen werden.



Führt man die Aderleitung zu einer Schleife gebogen sowohl hinter als auch vor den beiden Magneten vorbei, so wird man einen wesentlich deutlicheren Zeigerausschlag feststellen. Damit lassen sich recht schön die Magnetwirkungen von geradem Leiter, Schleife und Spule veranschaulichen.

Freihandexperimente

Experimente mit Teer

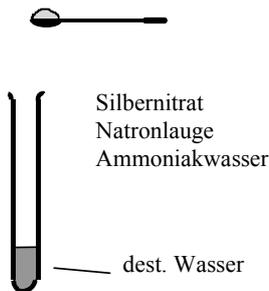
Werner Rentzsch

Das Atemgift (Kohlenstoffmonoxidnachweis in Zigarettenrauch)

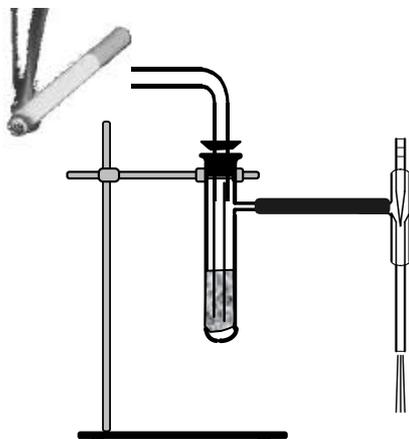
Material: Stativ und Stativmaterial, Reagenzglas mit seitlichem Ansatzrohr, Glaswinkelrohr, Schlauchstück, Stopfen gebohrt, Vakuumschlauch, Wasserstrahlpumpe, Spatel, Tropfpipette, Filterzigarette, dest. Wasser, Silbernitrat, verd. Natronlauge, Ammoniakwasser

Durchführung:

In einem Reagenzglas wird eine ammoniakalische Silbernitratlösung hergestellt. Eine kleine Spatelspitze Silbernitrat wird in dest. Wasser gelöst. Zur Lösung gibt man ca. 1 ml Natronlauge und gerade so viel Ammoniakwasser, bis sich der beim Eintropfen entstehende Niederschlag gerade wieder löst.



Das Reagenzglas wird im Stativ fixiert und mit einem Glaswinkelrohr und dem Stopfen verschlossen. Das Glasrohr soll in der Lösung fast bis zum Boden des Reagenzglases ragen. An das Ansatzrohr steckt man den Vakuumschlauch. Am freien Ende des Glasrohres wird mit einem kleinen Schlauchstück eine Filterzigarette fixiert. Nun nimmt man die Wasserstrahlpumpe in Betrieb und entzündet die Zigarette.



Zigarette um 45 Grad positiv, an Glasrohr stecken.

Beobachtung: Die Verbrennungsgase perlen durch die Flüssigkeit und die Lösung verfärbt sich.

Erklärung: Das entstehende Silber in der Lösung bzw. ein Silberspiegel zeigen das Vorhandensein von Kohlenstoffmonoxid im Zigarettenrauch an.

Hinweise:

- Die ammoniakalische Silbernitratlösung heißt auch Tollens Reagenz. 10 ml 2%iger Silbernitratlösung werden mit 1 ml 10%iger Natronlauge versetzt; unter Schütteln wird 10 %iges Ammoniakwasser zugesetzt, bis sich der beim Eintropfen entstehende Niederschlag gerade wieder löst. Tollens-Reagenz soll immer frisch vorbereitet werden. Durch die Bildung von Silberazid besteht bei älteren Lösungen Explosionsgefahr.
- Kohlenstoffmonoxid entsteht bei der unvollständigen Verbrennung des Tabaks beim Glimmen der Zigarette.
- Kohlenstoffmonoxid ist ein starkes Atemgift. Es geht Bindungen mit Hämoglobin ein (anstelle des Sauerstoffs).

Das Teertuch (Teer im Zigarettenrauch)

Material: Stativ und Stativmaterial, 2 kleine "Magdeburger Halbkugeln" oder Schraubkupplung von Wasserschläuchen, div. Gummischläuche, 2 kleine Glasrohre, Olive, Wasserstrahlpumpe, Vakuumschlauch, Baumwolltuchlein, Filterzigarette

Durchführung:

Die Anordnung wird nach der Zeichnung zusammengestellt.

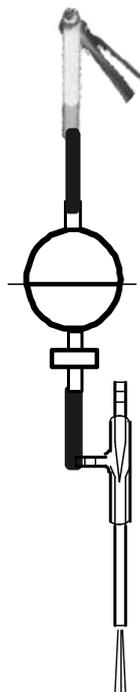
Dazu werden zwei kleine Magdeburger Halbkugeln (oder die Schraubkupplung) im Stativ fixiert. An die untere Halbkugel schließt man eine Vakuumschlauch an. Am oberen Teil der Halbkugel wird mit einem Gummischlauch ein kleines Glasrohr fixiert auf welches mit einem zweiten Schlauchstück eine Zigarette gesteckt wird.

Zwischen die Halbkugeln legt man ein befeuchtetes Baumwollfleckchen.

Man nimmt die Wasserstrahlpumpe in Betrieb und zündet die Zigarette an.

Beobachtung: Der Zigarettenrauch strömt durch die Anordnung und das feuchte Baumwollfleckchen färbt sich gelb.

Erklärung: In Zigarettenrauch ist Teer enthalten, der von dem feuchten Tuch zurückgehalten wird.

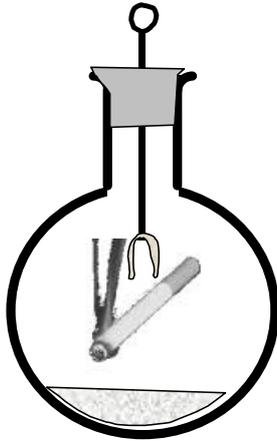


Die Gläserne Lunge (Verbrennung einer Zigarette in Sauerstoff)

Material: Große Standkolben, Sand, Draht, Krokodilklemme, Sauerstoff, Zigarette, ev. Wasserstrahlpumpe

Durchführung:

An einem Drahtstück, das durch einen Kork gebohrt wurde, wird eine alte Krokodilklemme fixiert. In der Klemme fixiert man eine Zigarette. Der Kolbenboden wird mit Sand bedeckt. Dann füllt man den Kolben mit Sauerstoff und taucht die brennende Zigarette ein.



Zigarette in Halterung, nach unten,
45 Grad gegen Uhrzeiger

Beobachtung: Die Zigarette leuchtet hell auf und brennende Zigarettententeile fallen in den Sand. Der Kolben füllt sich mit Rauch.

Hinweise:

- Während des Versuches kann gegebenenfalls aus einer Stahlflasche Sauerstoff zusätzlich eingeleitet werden.
- Der Rauch kann mit der Pumpe aus der Flasche gesaugt werden.

Teerzucker (Adsorption von Teer in Zucker)

Material: 100 ml Spritze, 2 Gummischlauchstücke, Glasrohr, Watte, Kristallzucker, Zigarette, Rea-genzglas, Reagenzglashalter, Spritzflasche, Brenner

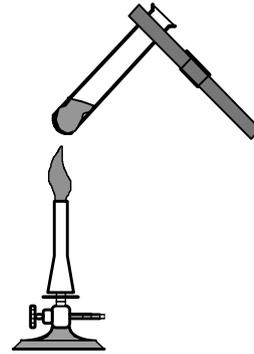
Durchführung: In ein Glasröhrchen gibt man in das untere Ende etwas Watte und füllt es dann mit Kristallzucker. An einer Seite fixiert man das Röhrchen mit einem Schlauchstück an einer Spritze. An die andere Seite steckt man an ein kleines Schlauchstück eine Zigarette.



Spritze um 45 Grad im Uhrzeigersinn, an Schlauch anstecken

Die Zigarette wird entzündet und mit der Spritze wird der Rauch durch das Röhrchen gesaugt (zwischen durch Spritze

abstecken, Rauch ausblasen und erneut saugen). Der Zucker wird anschließend in wenig Wasser gelöst.



Beobachtung: Der Zucker färbt sich gelb; auch das Wasser ist nach dem Auflösen des Zuckers gelblich.

Erklärung: Zigarettenrauch enthält Teer.

Low-cost Schülerexperimente für den Schulalltag

Helga Voglhuber

Strom aus Haargel

Haben Sie schon einmal Haargel als Elektrolyt untersucht? Ihre Schüler werden begeistert sein, der Aufwand ist gering, die Kosten minimal.

Haargel ist ein wasserlöslicher Kunststoff (Polyacrylat/Acrylamino-Copolymer) mit Polyolen in Wasser gelöst, versetzt mit Duftstoffen und Stabilisatoren.

Materialien: Alu-Schälchen eines Teelichtes, Filterpapier, kurze Kohlelektrode (ca. 2-3 cm Rest einer abgebrochenen Kohlelektrode), 2 Krokodilklemmen, 2 Kabel, Strommessgerät, Haargel

Durchführung:

- Filterpapier rund schneiden und auf den Boden des Aluschälchens legen (damit die Kohlelektrode keinen Kontakt zum Aluminium hat)
- das Aluschälchen zur Hälfte mit Haargel füllen
- Kohlestab hineinstecken
- Krokodilklemmen an Aluschälchen und Kohlestab anstecken
- mit dem Messgerät verbinden

Ergebnis: Spannungen bis 0,8 Volt sind messbar

Dem Haargel sehr ähnlich ist das Ultraschallkontaktgel. Dieses kann für das obige Experiment ebenfalls eingesetzt werden, hingegen das Haargel wohl kaum für sonographische Untersuchungen. Denn kommt das Haargel mit Ionenverbindungen in Berührung (z.B. NaCl an der Hautoberfläche), so hat es die Eigenschaft zu zerfließen. Dazu folgendes Experiment:

Haargelverflüssigung

Materialien: 1 kleines Becherglas, Glasstab, Haargel, Kochsalz

Durchführung:

- Etwas Haargel aus der Tube in das Becherglas drücken und mit dem sauberen (!!) Glasstab berühren
- Eine Spatelspitze Kochsalz hinzufügen und umrühren

Ergebnis: Anfänglich bleibt das weiche Haargel fest, seine Form bleibt auch beim Berühren erhalten. Bei Zugabe des Kochsalzes verflüssigt sich die Haargelmasse innerhalb weniger Sekunden.

Diskussionen der Schüler über bereits gemachte Haargelerfahrungen bleiben nicht aus. So ist den Schülern bekannt, dass Haargelfrisuren mit den erwünschten Effekten nur bei frisch gewaschenem Haar möglich sind.

Erklärung: Aufgrund ihrer Ladungsverteilung nehmen die Polyacrylsäuremoleküle eine relativ starre Struktur ein, das Haargel ist daher ziemlich fest. Dringen nun Ionenverbindungen in die feste Struktur ein, so wird diese zerstört und das Gel verflüssigt sich.

Rasierscherblätter als Elektroden für Elektrolysen und galvanische Zellen - Modell einer "Brennstoffzelle"

Rasierscherblätter bestehen aus Nickel oder einer Nickellegierung mit hauchdünnem Platinüberzug. Bei bereits gebrauchten Scherblättern (Entsorgungsabfall) reicht die geringe Platinsmenge für elektrochemische Experimente völlig aus. Verwendet man ein solches No-Cost-Material - im Elektrohandel als Entsorgungsabfall erhältlich oder durch Sammelaktion unter Kollegen und Schülern - als Elektrode, so können sich bei Elektrolyseprozessen Gasbläschen in den vielen engen Löchern des Scherblattes einlagern und dort auch lange genug verweilen, sodass sich diese Experimentier Vorrichtung weiter als galvanische Zelle verwenden lässt.

In einigen Experimentierbüchern, z.B. in *Chemie heute*, Sek. II, Verlag Schroedel, Hannover 1988, S. 178, werden Hinweise für die Herstellung von Edelmetallüberzügen gegeben. Mit Rasierscherblättern erspart man sich diese Mühe, Zeit und Geld.

Materialien: 250 ml Becherglas, 2 gebrauchte Rasierscherblätter, 2 Krokoklemmen, 4,5V Batterie (oder Trafo), 2 Kabel, Stativstange, Elektrodenhalter, Messgerät (kleiner Motor), KOH oder NaOH (c= 0,1 mol/l) oder Natriumhydrogencarbonatlösung

Durchführung:

- Scherblätter zusammenrollen und mit der Krokoklemme festklemmen
- Elektrolyt in das Becherglas gießen
- Elektroden mit Krokoklemmen hineingeben
- Kabel in die Krokoklemme stecken
- Beachten, dass sich die Elektroden nicht berühren, Elektrodenhalter verwenden
- An die Batterie (Trafo) anschließen

- 3 - 4 Minuten den Elektrolyseprozess laufen lassen
- Kabel von der Stromquelle lösen und ins Messgerät oder Motor stecken

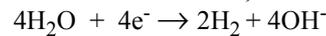
Beobachtungen: Durch die Stromzufuhr bilden sich beim Elektrolyseprozess Gasblasen, die sich in den Löchern der Scherblätter speichern. Beim Anschließen der "Gaselektroden" an ein Messgerät sind ca. 1,2 V messbar, der Elektromotor bewegt sich.

Erklärung:

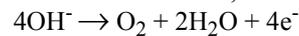
Elektrolyseprozess: Elektrische Energie wird (größtenteils) in chemische Energie umgewandelt. Redox-Reaktionen laufen an den Elektrodenoberflächen mit dem Elektrolyt ab. Dabei bilden sich die Gase Wasserstoff und Sauerstoff, die an der Elektrodenoberfläche haften.

Elektrodenreaktionen:

Reduzierende Elektrode, Kathode, Minuspol:



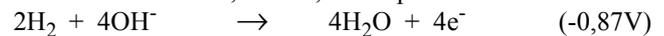
Oxidierende Elektrode, Anode, Pluspol:



Galvanischer Prozess: Chemische Energie wird (größtenteils) in elektrische Energie umgewandelt. Zwischen den verschiedenen Gaselektroden und dem Elektrolyt finden Redox-Reaktionen statt, durch welche die elektrische Energie gewonnen werden kann.

Elektrodenreaktionen:

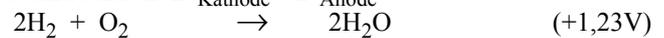
Oxidierende Elektrode, Anode, Minuspol:



Reduzierende Elektrode, Kathode, Pluspol:



Gesamtreaktion: $E_{\text{Kathode}}^0 - E_{\text{Anode}}^0$



Literatur

Tausch, M.W.; Bohrmann, C.; Seesing, M.; Eine no-cost Brennstoffzelle; In: *P.d.N. Chemie*; 6/2002; Jhg. 51
<http://home.snafu.de> (Seite von Cornelia & Michael Schmidt; vom 20.08.03)
Chemie heute, Sek. II; Verlag Schroedel; Hannover 1988

Bücher und CDs

Marietta Blau - Sterne der Zertrümmerung

Biographie einer Wegbereiterin der modernen Teilchenphysik

Robert Rosner und Brigitte Strohmaier (Hrsg.)

Beiträge zur Wissenschaftsgeschichte und Wissenschaftsforschung, Bd. 3.

224 S., 27 sw. Abbildungen und zahlr. Faks. Böhlau Verlag Wien, 2003. ISBN 3-205-77088-9, € 29,90.

Marietta Blau (1894-1970) ist der Öffentlichkeit weniger bekannt als Lise Meitner (1878-1968), und doch gibt es in ihren Schicksalen große Ähnlichkeiten. Beide stammten aus Wiener jüdischen Familien, erwarben die Hochschulreife, als dies für Mädchen noch nicht leicht war - Meitner musste 1901 noch eine Externistenmatura machen, Blau konnte 1914 bereits im Obergymnasium des Vereins für erweiterte Frauenbildung in Wien-Rahlgasse maturieren. Beide dachten zunächst daran, Ärztin zu werden, bevor sie sich der Physik zuwandten. Beide mussten sie 1938 in die Emigration.

Marietta Blau hat 1919 mit einer Dissertation zur Absorption von Gamma-Strahlung an der Universität Wien promoviert. Eine Assistentenstelle in Frankfurt gab sie 1923 wieder auf, als sie ihrer kranken Mutter zu Liebe nach Wien zurückkehrte. 14 Jahre war sie daraufhin am Radiuminstitut tätig, unbezahlt wie zu jener Zeit viele der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter dieses Instituts der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. In dieser Zeit entwickelte sie mit ihrer Studentin und späteren Mitarbeiterin Hertha Wambacher die Photoemulsionstechnik zum Nachweis ionisierender Strahlung und konnte 1937 die Zertrümmerung von Kernen durch kosmische Strahlung, die Sterne der Zertrümmerung, beobachten. Nachdem sie Wien am 12. März 1938 zwecks einer Vortragsreise in Skandinavien verlassen hatte und in Norwegen festsaß, half ihr Albert Einstein, eine Anstellung in Mexico zu finden, was sich allerdings als wissenschaftliche Sackgasse erwies. 1948 konnte sie in USA wieder in die akademische Forschung einsteigen - sie konnte die Photoemulsionstechnik und insbesondere das halbautomatische Scannen der Photoschicht weiter entwickeln. Von 1956 bis 1960 baute sie an der Universität von Miami eine Forschungsgruppe für Teilchenphysik auf. Ihre letzten zehn Lebensjahre verbrachte sie in Wien - wieder ohne Anstellung und von einer kleinen Pension lebend und doch beim Aufbau der "Plattengruppe", einer Gruppe von jungen Forschern, die auf Initiative von Prof. Walter Thirring die experimentelle Teilchenphysik in Wien begründeten, unterstützend dabei.

Der biographische Abriss, verfasst von den Herausgebern, schildert das schwere Schicksal und die Begleitumstände - ein Blick in die akademische Zeitgeschichte. Wir erfahren über die rege Forschungstätigkeit am Radiuminstitut und die Menschen, die dort arbeiteten und die in den Strudel der Politik gerieten.

Ergänzt wird der Band durch die eingehende Würdigung der wissenschaftlichen Tätigkeit von Marietta Blau am Radiuminstitut durch Prof. Schönfeld und in USA durch Prof. Perlmutter, der durch sie an der Universität von Miami zur Teilchenphysik fand. Damit erhält man nicht nur einen guten Einblick in die Biographie, sondern auch in die Physikgeschichte. Abgerundet wird der Band durch einen Strauß persönlicher Erinnerungen an Marietta Blau, die sie als kompetente, jedoch sehr zurückgezogene Persönlichkeit charakterisieren.

Schließlich sind noch 3 Arbeiten abgedruckt, eine aus dem Jahr 1925 über die photographische Wirkung von Protonen, die Mitteilung in Nature mit der Entdeckung der Kernzertrümmerung und die ausführliche "II. Mitteilung über photographische Untersuchungen der schweren Teilchen in der kosmischen Strahlung" von Blau und Wambacher (1937).

Mit diesem Buch liegt nun mehr als 40 Jahre nach dem Tod einer Pionierin der modernen Teilchenphysik erstmals eine eingehende Würdigung vor. Den Herausgebern und dem Verlag ist dafür zu danken.

Helmut Kühnelt

Lise Meitner

Lore Sexl und Anne Hardy

Rowohlt's Monographien, 158 S., zahlr. Abb., Rowohlt Taschenbuch Verlag 2002, ISBN 3-499-50439-1, € 8,50.

Eine gut lesbare Biographie der "österreichischen Madame Curie" verdanken wir Lore Sexl und Anne Hardy. Der Reiz dieser Darstellung liegt in den zahlreichen Selbstzeugnissen von Lise Meitner, aus denen wir ein lebendiges Bild von der Persönlichkeit der großen Physikerin bekommen. Wir erleben sie als Teil einer wissenschaftlichen Gemeinschaft am Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin und später in der Isolation im schwedischen Exil - sie schreibt an eine Freundin 1940: "Wissenschaftlich lebe ich wie Robinson auf seiner Insel, in meinem Alter eine sehr hoffnungslose Tatsache." Auch zur Frage, wie Lise Meitner die Verleihung des Nobelpreises allein an Otto Hahn empfunden habe, kommt sie selbst ausführlich zu Wort.

Sehr hilfreich für jüngere, in der Physikgeschichte nicht so bewanderte Leser sind die biographischen Kurznotizen zu den weiteren Akteuren.

Dass Meitner in Österreich erst sehr spät geehrt wurde - 1948 im Alter von 70 Jahren wurde sie zum korrespondierenden Mitglied der Österreichischen Akademie der Wissenschaften gewählt, mit 80 Jahren wurde sie Ehrenbürgerin der Stadt Wien - ist nicht nur zeitgeschichtlich erklärlich: Die Anerkennung der Leistungen von Forscherinnen ist nicht nur auf der Ebene der Nobelpreise problematisch.

Das Buch ist für Leserinnen und Leser jeden Alters ein Gewinn, indem es einen guten Einblick in Persönlichkeit, Forschung und Schicksal einer der Wissenschaft verpflichteten Frau gibt.

Helmut Kühnelt

Stimmen zur Lehrerausbildung

Überblick über die Diskussion zur Gymnasiallehrausbildung

Gottfried Merzyn

177 S., A5 brosch., Schneider Verlag Hohengehren 2002, ISBN 3-89676-577-9. € 18,-.

Die universitäre Lehrerausbildung in Deutschland - in den meisten Bundesländern erfolgt auch die Ausbildung der Grund-, Haupt- und Realschullehrer an den Universitäten - ist derzeit nicht nur in der Diskussion, sondern vor allem durch den "Bologna-Prozess", der Angleichung der mitteleuropäischen Hochschulstudien auf ein Bachelor-Master-System, auch tatsächlich im Umbruch. In Österreich kommt die völlige Neustrukturierung der in die Autonomie entlassenen Universitäten hinzu, wobei durch die Abspaltung der medizinischen Fakultäten die Lehramtsstudien etwas mehr Gewicht zu erhalten scheinen.

Merzyn konzentriert sich auf die Physiklehrausbildung in Deutschland. In einer mehrjährigen Untersuchung hat er die Meinungen einiger Betroffener (Eltern und Schüler wurden nicht befragt), also von Ausbildnern der ersten, universitären Phase und der zweiten Phase (Seminarlehrer) sowie von Studierenden und Junglehrern (dem Unterrichtspraktikum entspricht ein zweijähriges Referendariat mit abschließender zweiter Staatsprüfung, deren Note für die Anstellung wichtig ist) erhoben. Zusätzlich wurden die zahlreichen Stellungnahmen von Universitäten, Physikalischer Gesellschaft, MNU und der in der BRD für die Koordinierung der Studien zuständigen Kultusministerkonferenz (KMK) des 20. Jahrhunderts zusammengestellt. Bereits 1925 hatte die Universität Berlin 50 Schulleute befragt und auf deren Kritik an der Lehrerausbildung (mangelnder Praxisbezug, weite Kluft zwischen Fachinhalten und den Schulerfordernissen, Vernachlässigung des Überblicks,...) mit teilweise verständnis geantwortet: "Schulmathematik" ja - Fachdidaktik nein.

Liest man den Bericht, fühlt man sich an österreichische Verhältnisse erinnert. Als Hauptproblem lässt sich verstehen, dass die Universitäten eine intensive fachliche Ausbildung forcieren, das spätere Arbeitsgebiet der Studierenden aber weitgehend ignorieren. Dementsprechend spielt die Fachdidaktik oft eine untergeordnete Rolle und steht - auch wegen der eher missglückten Integration der ehemaligen pädagogischen Hochschulen in die Fachbereiche der Universitäten - im Vergleich zur Fachwissenschaft am Rand. Entsprechend fehlt auch eine Heimat des Lehramtsstudiums. Das pädagogische Studium wird von den Absolventen als berufsirrelevant angesehen.

Die von Merzyn exemplarisch genannten Problemfelder sind auch für Österreich in der Mehrzahl relevant:

Wie kann man in fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen den Bezug zur Schule herstellen? Wie kann man das erziehungswissenschaftliche Studium besser an das Hauptstudium heranführen und ihm eine klare Struktur geben? Wie können im Schulpraktikum längerfristig Wissenschaftler und Mentoren vertrauensvoll zusammen arbeiten? Abstimmung zwischen Studium und schulpraktischer Ausbildung ... Wie können Karrieremuster aussehen, in denen eine Mitwirkung an Lehreraus-

bildung und Teilnahme an wissenschaftlicher Arbeit wesentlich sind?

Kritisch bis ablehnend steht der Autor auch den Plänen gegenüber, Zentren für Lehrerbildung an den Universitäten einzurichten, die alle Fächer umfassen. In solch großen Einheiten fühle sich weder Student noch Hochschullehrer heimisch. Eine schrittweise Reform erscheint Merzyn zielführend. Abzuwarten wird sein, ob die verordnete "Bologna"-Reform die allgemein erkannten Schwächen deutscher Lehrerausbildung, vor allem die Praxisferne in der ersten Phase, verringern kann.

Das Buch ist angesichts der Bemühungen um eine Etablierung von Fachdidaktiken an österreichischen Universitäten und die Einrichtung eines Unterstützungssystems für Unterrichtsentwicklung auch für hiesige Leserinnen und Leser von Interesse.

Helmut Kühnelt

Das beschleunigte Universum

Die Expansion des Alls und die Schönheit der Wissenschaft.

Mario Livio

Mit einem Geleitwort von Allan Sandage

Kosmos, 245 S, ISBN 3-440-08886-3

Nicht leicht, dieses Buch des wissenschaftlichen Leiters am Space Telescope Science Institute, Mario Livio, einzuordnen. Letzten Endes will er nicht mehr und nicht weniger, als uns auf den letzten Stand des Wissens über die Fragen: Wie und wann (ja sogar warum ?!) fand der Urknall statt? Ist das Universum räumlich und zeitlich unendlich? Sind wir ein "Taschenuniversum" in einer unendlichen Kette von Universen? Auf dem Wege zu den Antworten auf diese allerletzten, kosmologischen Fragen wird ihm zwar mancher Leser die Gefolgschaft aufkündigen, aber diejenigen, die das nicht tun, werden es trotz mancher Verärgerung nicht bereuen.

Mario Livio fordert von einer Theorie, die wir Physiker als schön empfinden, dass sie drei Bedingungen erfülle:

1. Die Symmetrie
2. Die Einfachheit
3. Das kopernikanische Prinzip

Über Punkt 1 und 2 werden sich wohl die meisten Physiker schnell einig sein, hat doch etwa schon Werner Heisenberg vom Physiker dezidiert verlangt, dass er über die Fähigkeit zur Poesie verfügen müsse. Aber Punkt 3 hat mich einigermaßen überrascht. Er meint damit, dass als Resultat einer Theorie niemals heraus kommen dürfe, dass wir Menschen einen ganz speziellen Platz einnehmen und zu einer ganz bestimmten Zeit leben. Es dürfe also in keiner Theorie eine wie auch immer geartete Sonderstellung des Menschen impliziert sein. Es zeigt sich hierin offenbar die tiefe Abneigung des Autors gegen das sog. "anthropische Prinzip" und alle seine fundamentalistischen Ableger, wie sie in den USA offenbar selbst unter Naturwissenschaftlern zirkulieren.

Sehr lehrreich fand ich das Kapitel über die "fehlende Materie". Es gilt ja heute aus vielerlei Gründen als ausgemacht, dass die leuchtende Materie nur 10 % bis höchstens 20 % der gesamten Materie des Universums ausmacht. Bevor Livio die

gebaute Häuschen mit Versuchsstationen, einen Leuchtturm, 2 Fahrstühle und ein Felslabor. In diesem Felslabor ist der Chemiker gefangen, der Butler wurde niedergeschlagen und liegt bewusstlos im Haus - das ist die Ausgangssituation. Nun kommt man als Neffe des Chemikers, der in den Ferien seinen Onkel besuchen möchte, ins Spiel. Der Butler ist bald gefunden, erzählt, noch benommen, was passiert ist und gibt dem Neffen, also dem Spieler, nun einige Aufgaben und Rätsel zu lösen auf. Die Bösewichte, die Onkel und Butler überfallen haben, werden in die Flucht geschlagen, dann dingfest gemacht und der Onkel schließlich befreit. Das Motiv für den Überfall bleibt allerdings etwas undurchsichtig.

Neben der Hürde, die Versuchsstationen auch zu finden und einige sonstige Aufgaben, wie z.B. eine Sprengfalle zu legen, durchzuführen, liegt der Kern der Sache in den 5 Versuchsstationen, die durchlaufen werden müssen: *Aspirinsynthese, Indigosynthese, Seifenherstellung, Nylonsynthese, Erdöldestillation*

Zu jedem Versuch gibt es eine Beschreibung im "Chemiebuch", die jederzeit abgerufen werden kann. Es sind Fragen zu beantworten und in graphischer Form die richtigen Handgriffe zu erledigen. So kommt man Schritte für Schritt voran und vor allem gegen Ende des Versuches werden auch theoretische Hintergründe inklusive chemischer Strukturformeln beleuchtet. Am Ende des Spiels gibt es dann noch einen Test, bei dem das erworbene Wissen überprüft werden kann.

Der Aufbau und die Graphik des Spieles sind sehr ansprechend. Wie gefordert von Ort zu Ort zu gelangen erfolgt mit Hilfe von Maus und multifunktionalem Cursor. Die Perspektive kann in alle beliebige Richtungen gedreht werden und durch Klicken gelangt man in bestimmte Bereiche. Die meisten Kinder und Jugendlichen sind routinierte "Computerspieler" und finden sich schnell zurecht. Für Anfänger ist es zunächst sicher nicht ganz einfach, durch das Spiel zu navigieren. Obgleich die Handlung in der heutigen Zeit spielt, sind die Versuchsanordnungen und Geräte teilweise im historischen Stil gehalten. Es werden auch nicht immer chemische Laborgeräte sondern fallweise auch Kochtöpfe und ähnliches verwendet. Zum Abtrennen wird z.B. ein eigenartiges Gerät, das als Filter bezeichnet wird, aber eher wie ein Küchensieb aussieht, benutzt.

Schwachstellen sind zum einen eine etwas gezwungen wirkende und nicht immer folgerichtige Handlung. Am Anfang standen wohl die Versuchsstationen, deren Einbettung in eine Geschichte offensichtlich nicht immer leicht fiel. Zum anderen gibt es - aber nur einige wenige - Aussagen und Darstellungen, die zumindest missverständlich sind und zu Fehlkonzepten führen können. Zu bemängeln wäre auch, dass die Versuchsstationen nur in der vorgegebenen Sequenz zu erreichen sind. Will jemand später nur einen bestimmten Versuch nochmals machen, muss er sich abermals bis dorthin durchkämpfen. Der einzige Ausweg ist, unter jeweils eigenem Spielernamen vor der Versuchsstation abzuspeichern. Dann steigt man unter diesem Spielernamen auch wieder dort ein.

Gut gelungen ist die Abstimmung auf das unterschiedliche Niveau des chemischen Wissens der Spieler. Um die weiterführenden Aufgaben zu bewältigen sind kaum spezielle Vorkenntnisse erforderlich, darüber hinaus werden jedoch viele Informationen zu den Versuchen angeboten. Dennoch ist dies

kein Lernspiel, welches im oder zusätzlich zum Schulunterricht eingesetzt werden kann. Dafür müsste es vom didaktischen Aufbau her auch anders strukturiert sein. Der gewünschte Effekt dieser CD erscheint mir in der Animation zur Beschäftigung mit Chemie und im Abbau von Barrieren zur Chemie. Es soll bewusst wenig an die klassische Schulchemie erinnern, sondern Chemie als Abenteuer in einer der Zielgruppe angepassten Form erlebt werden. Ist es tatsächlich die Absicht dieser Produktion, als Eisbrecher zu wirken, halte ich sie durchaus für gelungen.

Hans Flandorfer

Handbuch des Chemieunterrichts, Sekundarbereich I

Band 3: Teilchen - Formeln - Redoxreaktionen

Kurt Freytag, Volker Scharf, Eberhard Thomas (Hrsg.)

Aulis Verlag Deubner Köln, 2002. 266 S.
ISBN 3-7614-2370-5. EUR 36,-

Dieses Buch ist Teil eines 6 bändigen Gesamtwerkes, bei dem sich die AutorInnen das Ziel gesetzt haben, die Alltagserfahrung der SchülerInnen als Ausgangspunkt für einen fruchtbaren, mit Experimenten unterstützten Chemieunterricht zu nehmen. Die Ziele und Leitlinien des Handbuches sind folgende:

- den LehrerInnen bei der Gestaltung eines lebensnahen, an relevante Vorstellungen aus der Umwelt der SchülerInnen anknüpfenden Chemieunterrichtes zu helfen,
- den Inhalt des Handbuches unabhängig von Lehrplänen zu konzipieren und an kein enges methodisches Konzept zu binden,
- dem Experiment, vor allem dem SchülerInnenexperiment viel Raum zu geben und
- die Inhalte des Chemieunterrichtes in methodisch orientierten, oft weitergreifenden Themenkreisen darzubieten.

Der Untertitel Sekundarbereich I (in der Bundesrepublik Deutschland die 5. bis 10. Schulstufe) stellt, was diesen Band 3 betrifft, für unser Schulwesen keine Einschränkung dar; das Buch kann uns ChemielehrerInnen bei der Vorbereitung unseres Unterrichtes wertvolle Hilfen bieten.

Das besprochene Buch widmet sich dem Teilchenaufbau der Materie und der chemischen Formelsprache. Sowohl die Vorstellung vom diskontinuierlichen Aufbau der Materie als auch die Probleme der SchülerInnen mit der chemischen Formelsprache sind oft Ursache von Verständnisschwierigkeiten, die Desinteresse und Lustlosigkeit im Chemieunterricht nach sich ziehen. Die weiteren Kapitel der chemischen Bindung und der Redoxreaktionen stellen grundlegende Säulen des Chemieunterrichtes dar, bei deren Behandlung im Unterricht oft große Schwierigkeiten auftreten. Somit stellen die in dem Buch behandelten Themen einen wichtigen Grundstock für das Verständnis der Chemie dar, der erfahrungsgemäß bei der Vermittlung im Unterricht nicht unproblematisch ist.

Um diese Inhalte in geeigneter Weise "an die SchülerInnen" zu bringen wählen die Autoren einen Weg, bei dem sowohl das LehrerInnenexperiment als auch das SchülerInnenexperiment

eine sehr wichtige Rolle spielen. Am Beginn jedes Kapitels stehen brauchbare allgemeine didaktisch-methodische Vorbemerkungen. Dann folgen die übersichtlich dargestellten "theoretischen" Inhalte. Den größten Raum nehmen die ausführlich beschriebenen Versuche ein. Die Verfasser klassifizieren die Experimente nach dem Schwierigkeitsgrad in 3 Stufen und empfehlen, ob sich das jeweilige Experiment als SchülerInnenversuch eignet. Die klare Gliederung in Geräte und Chemikalien (mit Gefahrenbezeichnungen und R- und S-Sätzen), Durchführung, Beobachtung und Deutung, Entsorgung und Anmerkungen erleichtert die Versuchsvorbereitung und -durchführung. Die Versuchsbeschreibungen werden am Ende jedes Kapitels durch Unterrichtsmaterialien ergänzt, die sich gut für offene Lernformen (z.B.: Gruppenarbeit, kooperatives Lernen, "EigenverantwortlichesArbeiten") eignen. Schöne Abbildungen runden den Text ab. Im Anhang wird auf den Umgang mit gefährlichen Stoffen in der Schule und die Entsorgungsmaßnahmen im Chemieunterricht eingegangen; weiters ist eine kleine brauchbare Formelsammlung enthalten.

Insgesamt ein gelungenes Buch, vor allem für jene Lehrkräfte, die am vermehrten Einsatz des Experimentes im Chemieunterricht - Demonstrations- und SchülerInnenexperiment - und an didaktisch-methodischen Konzepten interessiert sind, um somit das Fach Chemie lebensnah und interessant zu gestalten.

Johannes Jaklin

Radioaktivität

Grundlagen - Messung - Anwendung

Werner Stolz

216 S. 146 Abb., brosch., 4. erw. Aufl., B.G. Teubner Verlag Wiesbaden 2003. ISBN 3-519-30224-1, € 29,90.

Das Buch ist als kurze und leicht fassliche Einführung in die Radioaktivität nicht nur für Studierende der Physik, Chemie und Medizin, sondern auch für in der Praxis stehende Absolventen und für Lehrkräfte an Gymnasien gedacht. In elf Kapiteln wird von den Eigenschaften der Kerne über Kernumwandlungen, natürliche und künstliche Nuklide, Strahlungsquellen, Wechselwirkungen mit Atomen und Materialschichten, zur Messung ionisierender Strahlung, der Anwendung radioaktiver Nuklide und zum Strahlenschutz vorgegangen. Der Autor ist bemüht, durch saubere Ausdrucksweise die Entstehung falscher Vorstellungen zu verhindern. Daher wird nicht von Kernzerfällen sondern von Umwandlungen gesprochen, selbst die Zerfallskonstante wird zur Umwandlungskonstanten.

Zahlreiche Tabellen unterstützen den Text wie bspw. beim Vergleich der Umwandlungskonstanten für Elektroneneinfang bei Beryllium-7 in verschiedenen chemischen Verbindungen, die sich im Bereich 10^{-3} bis 10^{-4} unterscheiden (wodurch das frühere Dogma der Unbeeinflussbarkeit der Zerfälle sich als Näherung erkannt wird).

Insgesamt hält das Buch, was Verlag und Autor versprechen, nämlich eine kurze und leicht fassliche Einführung zu sein.

Helmut Kühnelt

Handbuch der experimentellen Chemie, Sekundarbereich II

Band 3/I: Analytische Chemie I: Qualitative Analyse

Wolfgang Glöckner, Walter Jansen, Rudolf G. Weissenhorn (Hrsg.)

Aulis Verlag Deubner Köln, 2002. 480 S.
ISBN 3-7614-2373-X. EUR 60,-

Eines der Hauptanliegen der Verfasser dieses Handbuches ist es, den KollegInnen eine Vielzahl bewährter, aber auch neuer Versuche an die Hand zu geben. Das 12 bändige Gesamtwerk "...bietet einen auf die Unterrichtspraxis und das chemische Experiment zugeschnittenen Überblick über das gesamte Gebiet der Chemie". Der Untertitel Sekundarbereich II (in der Bundesrepublik Deutschland die 11. bis 13. Schulstufe) weist darauf hin, dass die chemischen Inhalte in erster Linie für fortgeschrittene SchülerInnen gedacht sind.

Das besprochene Buch befasst sich mit der qualitativen analytischen Chemie und ist in 3 Kapitel gegliedert.

- In Kapitel 1 geht es um Begriffsbestimmungen, aktuelle und historische Entwicklungen in der Analytischen Chemie und um den Stellenwert der Analytik in der Lehre.
- Kapitel 2 behandelt inhaltliche und methodische Grundlagen und Zusammenhänge.
- Kapitel 3 enthält experimentelle Arbeitsvorschriften zur qualitativen Untersuchung von Stoffen.

Dieses Kapitel 3 ist - entsprechend den 18 Gruppen des Periodensystems - in 18 Teile untergliedert; bei jeder Gruppe werden fachwissenschaftliche Grundlagen, Historisches und Didaktik vorangestellt. Weiters sind bei jeder Gruppe aktuelle Informationen über Vorkommen, Gewinnung, Verwendung und Eigenschaften der Elemente, sowie über deren Entdeckung und Entdecker enthalten.

Die Beschreibung der Experimente ist sehr übersichtlich und gliedert sich für jeden Versuch in Sachinformation, Arbeitsmaterialien (Geräte, Chemikalien und Sicherheitsvorschriften), Versuchsdauer, Durchführung, Entsorgung, Beobachtung und Interpretation. Die Verfasser legen bei der Auswahl der Experimente größten Wert auf höchstmögliche Arbeitssicherheit. So werden auch Submikromethoden vorgestellt, die es einer ganzen Klasse möglich machen, - in Kombination mit einem Overheadprojektor oder einer Schwanenhalskamera (plus Beamer/PC) - Effekte und Veränderungen an kleinsten Stoffmengen zu beobachten.

Sehr brauchbar für die Unterrichtsvorbereitung sind bei jeder Gruppe die fachwissenschaftlichen Grundlagen und die historischen Informationen. Die didaktischen Hinweise helfen, die chemischen Inhalte in den Gesamtstoff einzuordnen. Viele der vorgestellten Versuche "passen" in den normalen Unterricht; besonders viel Freude mit diesem Buch werden jene Kolleginnen und Kollegen haben, die chemische Übungen anbieten oder an der Chemieolympiade teilnehmen.

Johannes Jaklin

Theoretische Physik I

Mechanik. Von den Newton'schen Gesetzen zum deterministischen Chaos.

Florian Scheck

Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 2003, 7. Aufl., 171 Abb., xx + 537 S., brosch., ISBN 3-540-43546-8 EUR 41,10

In 15 Jahren 7 Auflagen, das spricht für sich! Verglichen zur ersten Auflage hat nicht nur der Umfang zugenommen, die Lesbarkeit ist wesentlich gestiegen. Doch wozu ein Hochschullehrbuch mit dem Anspruch, sich moderner mathematischer Formulierung dann zu bedienen, wenn die neue Sichtweise an die Forschung heranführt, in PLUS LUCIS besprechen? Immer wieder fragen mathematisch begabte Schüler und Studenten im Anfangssemester nach lesbaren modernen Darstellungen der Physik, wenn ihnen der Tipler o. ä. fad wird. Hier ist ein guter Tipp.

Scheck führt von der elementaren Newton'schen Mechanik über die kanonische Mechanik und den starren Körper (mit einer interessanten Behandlung des "Aufstehkreisels") zur Relativistischen Mechanik. Das ausführliche Kapitel über geometrische Aspekte der Mechanik schlägt die Brücke zur Differentialgeometrie und modernen Formulierungen der Mechanik. Mit dem Kapitel Stabilität und Chaos ist dann endgültig gezeigt, dass moderne Lehrbücher den Klassikern wie Landau-Lifschitz den Rang ablaufen.

Helmut Kühnelt

Experimentalphysik 1 Mechanik und Wärme

Wolfgang Demtröder

Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 2003, 3., neu bearb. Aufl., xviii + 497 S., 594 Abb., 9 Farbtafeln, 40 Tabellen, Beispiele und 167 Übungsaufgaben mit Lösungen, brosch., ISBN 3-540-43559-X, EUR 41,10

Traditionell wird die Einführungsvorlesung in die Physik an mitteleuropäischen Universitäten von Experimentalphysikern gehalten. Daher trägt dieser nun in 3. Auflage vorliegende Band den Titel Experimentalphysik. Es ist eine mit aktuellen Beispielen (Raumfahrt, Chaosforschung) angereicherte Einführung in die Physik, die etwas nüchterner als beispielsweise *Physik* von Tipler wirkt, aber als erster von 4 Bänden doch eine ausführlichere Behandlung verspricht. Die Kapitelüberschriften sollen etwa zeigen, was man sich erwarten kann: Einführung und Überblick, Mechanik eines Massenpunktes, Bewegte Bezugssysteme und spezielle Relativitätstheorie, Systeme von Massenpunkten - Stöße, Dynamik starrer Körper, Reale feste und flüssige Körper, Gase, Strömende Flüssigkeiten und Gase (mit einer ausführlichen Darstellung des aerodynamischen Auftriebs), Vakuumphysik, Wärmelehre, Schwingungen und Wellen (mit Exkursen zu Geige und Klavier), Nichtlineare Dynamik und Chaos, mathematischer Anhang. Erfreulich ist die doch eingehendere Behandlung dynamischer Systeme im Chaostitel, womit der Anschluss an die Moderne in einem Mechanik-Band hergestellt wird.

Zusammenfassungen und Übungsaufgaben zu jedem Kapitel erleichtern das Verständnis. Der Demtröder ist Basistext für den Kaiserlauterner Kurs FIPS (Früheinstieg ins Physikstudium), bei dem die beiden ersten Semester als Fernstudium absolviert werden können, und beweist damit neben der raschen Folge von Neuauflagen seine Brauchbarkeit.

Helmut Kühnelt

Quantentheorie 1

Horst Rollnik

2. Aufl., x + 281 S., brosch., Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 2003, ISBN 3-540-43788-6, EUR 41,10

Quantentheorie 2

Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 2003, xiv + 425 S., brosch., ISBN 3-540-43717-7, EUR 41,10

Entstanden aus einer zweisemestrigen Vorlesung Quantenmechanik sind die beiden Bände nützliche Studienbehelfe zu den eher technischen Seiten der QM. Auf Interpretationsfragen wird am Ende des ersten Bandes hingewiesen, wo auch weiterführende Literatur zu finden ist. Erfreulich ist, dass auch auf die Schwierigkeiten der Pioniere durch Zitate hingewiesen wird - Schwierigkeiten, die Studierende auch heute haben. So ist Heisenbergs Brief an Pauli vom Juli 1925 zitiert mit "... dass eine Interpretation der Rydbergformel im Sinn von Kreis und Ellipsenbahnen in klassischer Geometrie nicht den geringsten physikalischen Sinn hat und meine ganzen kümmerlichen Bestrebungen gehen dahin, den Begriff der Bahnen, die man doch nicht beobachten kann, restlos umzubringen und geeignet zu ersetzen." Dem fügt er Steven Weinbergs Kommentar an: "Doch gibt es die 'Magier', die anscheinend nicht logisch vorgehen, sondern alle Zwischenschritte überspringen und so zu einer neuen Erkenntnis über die Natur gelangen... Was 'Weise' schreiben, ist zumeist schwer zu verstehen, doch was 'Magier' schreiben, ist oft unverständlich. Heisenbergs Abhandlung von 1925 war reine 'Magie'. " Dass man sich in das Ergebnis solcher Zauberei heute hinein denken kann, zeigt Rollnik in seiner Darstellung.

Helmut Kühnelt

Katalyse - Biokatalyse

Praxis Schriftenreihe/Chemie, Band 54

Helmut Wenck, Kerstin Höner

Aulis Verlag Deubner&CoKG, Köln 2001, 156 S, ISBN 3-7614-2284-9, ca. EUR 16,-

Katalyse ist ein faszinierendes Gebiet der Chemie. Was mit kleinen Mengen von Katalysatoren bewirkt werden kann, mutet manchmal unglaublich an. Wird dieses Thema didaktisch geschickt dargeboten, kann es Schüler motivieren und ihre wissenschaftliche Neugier anregen.

In vielen Schul- und Lehrbüchern wird das Thema Katalyse nur kurz behandelt. Vergessen wird dabei, dass die Katalyse ein Grundphänomen in Natur und Technik ist. In dem vorlie-

genden Buch wird auf die vielseitige Erscheinung der Katalyse eingegangen. Das didaktische Konzept orientiert sich hauptsächlich an der Nutzung und Anwendung der Katalysatoren. Neben dem beim Auto angewendeten Katalysator bietet der Band eine Fülle weiterer Beispiele, die hier schulrelevant behandelt werden.

Den Schwerpunkt haben die Autoren auf die experimentelle Chemie gelegt; die Theorie wird nur soweit behandelt, wie es zum Verständnis der Versuche erforderlich ist.

Eine Übersicht über "Konzepte - Experiment - Anwendung" soll eine kurze Zusammenfassung aus dem Inhalt geben:

Einleitung

Allgemeiner Teil: Definition und Grundbegriffe, Geschichtliches, Chemische Aspekte der Katalyse, Experimente

Anwendung von Katalysatoren: Synthese und Produktion, Reaktionslenkung, Energiewandlung, Entsorgung, Analytik

Enzymatische Katalyse: Von der anorganischen Katalyse zur Biokatalyse, Wirkungsweise von Enzymen, enzymatische Katalysemechanismen, Faktoren, von denen die Enzymaktivität abhängt, Grundlegende Enzymversuche, Einteilung der Enzyme, Versuche mit Enzymen der verschiedenen Hauptklassen

Anwendung von Enzymen: Enzyme für Syntheszwecke, Reaktionslenkung mit Enzymen, Entsorgung mit Enzymen, enzymatische Analytik

Ausblick

Umfassende Literatur

Stichwortverzeichnis

Werner Rentzsch

Einstein from B to Z

John Stachel

Einstein Studies, vol. 9, Birkhäuser Basel, 2002, 567 S., geb., ISBN 0-8176-4143-2. ca. EUR 108,-

In der von ihm herausgegebenen Reihe legt John Stachel vom Center for Einstein Studies an der Universität Boston eine Reihe seiner Beiträge gesammelt vor, die er im Lauf seiner Tätigkeit zu verschiedenen Forschungsfragen zu Einsteins Leben und Werk verfasst hat. Der Buchtitel "Einstein von B bis Z" soll andeuten, dass auch anderen Autoren noch Arbeit bleiben wird.

In 8 Abschnitten werden wichtige Aspekte Einsteins behandelt. Zunächst die menschliche Seite: Der Mann hinter dem Mythos beleuchtet vor allem Einsteins politische Ansichten, wie auch ein Abschnitt über seine jüdische Identität. Ausführlich wird auch die problematische Beziehung zu seiner ersten Frau Mileva Maric dargestellt und der Frage nach ihrem Beitrag zu Einsteins Leistungen nachgegangen.

In *Editing the Einstein Papers* werden die Kriterien dargestellt, nach denen die Veröffentlichung der Schriften Einsteins erfolgt. (Diese erfolgte natürlich in der Originalsprache Deutsch, informelle Übersetzungen erscheinen getrennt.) Die Schwierigkeiten mit den Verwaltern des Nachlasses, darunter Einsteins Sekretärin Helen Dukas, die Einsteins menschliche Seite verstecken wollten, werden angedeutet.

Breiten Raum nehmen Beiträge zur Frage ein, wie Einstein zu seinen Theorien gelangte, und warum er zur modernen Quantentheorie ein distanzierendes Verhältnis behielt.

Interessant für die Einschätzung der Persönlichkeit Einstein ist seine Beziehung zu anderen Größen, insbesondere wichtigen Kollegen, darunter Wolfgang Pauli mit Spitznamen "Zweistein".

Der umfangreiche Band ist insbesondere für Wissenschaftshistoriker interessant. Darüber hinaus - auch durch Vermeidung mathematischer Details und durch die von einander unabhängigen Essays - für alle, die am Menschen Einstein und seinem Werk Interesse haben. Auf der Grundlage umfassenden Quellenmaterials kann Stachel kompetent zu Streitfragen Stellung nehmen, die in der Öffentlichkeit immer noch als kontrovers gelten, wie etwa die Rolle von Milena Maric beim Entstehen der speziellen Relativitätstheorie.

Leider sind die Zitate meist nur übersetzt abgedruckt. Ein nettes, das auch für den Schulgebrauch tauglich ist, soll dem Leser nicht vorenthalten werden:

"... Das Relativitätsprinzip verlangt nämlich, dass die Masse direkt ein Maß für die im Körper enthaltene Energie ist; das Licht überträgt Masse. Eine merkliche Abnahme der Masse müsste beim Radium erfolgen. Die Überlegung ist lustig und bestechend; aber ob der Herrgott nicht darüber lacht und mich an der Nase herumgeführt hat, kann ich nicht wissen"
(aus einem Brief Einsteins an seinen Freund Habicht 1905).

Helmut Kühnelt

Mathematical Olympiad Challenges

Titu Andreescu, Razvan Gelca

Birkhäuser Verlag, Basel 2000, brosch., Birkhäuser Verlag, Basel 2000, xvi + 260 S., ISBN 3-8176-4155-6, ca. EUR 30

Das Buch bietet, was sein Titel verspricht: Herausforderungen für mathematisch Begabte, Maturanten oder Studienanfänger - was natürlich nicht heißt, dass sich andere Altersklassen nicht auch an die gestellten Fragen heranwagen dürfen.

Die Autoren konstatieren, dass mit Beginn des 21. Jahrhunderts zwei wesentliche Veränderungen des Mathematikunterrichts zu greifen beginnen: die Abkehr von Routinebeispielen und die Ausbreitung einer Kultur des Problemlösens. Unter einem mathematischen Problem wird dabei eine Fragestellung verstanden, bei der man zunächst keinen Hinweis auf den Lösungsweg hat, diesen aber mit Ausdauer und Geistesblitzen in bearbeitbare Teilprobleme zerlegen kann.

Rumänien hat ebenso wie Ungarn eine lange Tradition der Begabtenförderung in Mathematik (wie auch in Naturwissenschaften). Beide Autoren sind aus Rumänien gebürtig, haben bereits als Schüler erfolgreich an solchen Wettbewerben teilgenommen und sind Mathematiker geworden. Sie arbeiten nun an Universitäten in USA und sind Trainer der US-Auswahl für die internationale Mathematik-Olympiade. Die Fragestellungen des Buches, dessen letzten zwei Drittel aus Lösungen bestehen, entstammen Wettbewerben wie der Internationalen Mathematik-Olympiade, aber auch rumänischen Schulbüchern. Thematisch kommen sie aus der Trigonometrie, der Algebra, sowie Zahlentheorie und Kombinatorik.

Dank des umfangreichen Lösungsteils ist diese Sammlung mathematischer Probleme für das Wahlpflichtfach und den Olympiadekurs nützlich, sowie für Liebhaber mathematischer Knobelaufgaben höheren Niveaus anregend.

Helmut Kühnelt

Spaß mit Physik

Kreative Experimente für Schule und Freizeit

Eduardo de Campos Valadares

123 S., zahlreiche farbig Abb., Format DIN A4, 1 Beilage, brosch. Aulis Verlag Deubner, Köln 2003. ISBN 3-7614-2478-7. Vorzugspreis bis 31.12.2003 € 15,00, danach € 17,50.

Über neunzig Experimente mit einfachsten Mitteln, Recyclingmaterial und kostengünstigen Kleinteilen, werden hier zusammen gestellt. Man wird dabei viel Vertrautes finden, doch gibt es auch Neues, das in dieser Form erst durch die heute allgegenwärtigen PET-Flaschen möglich wird. Ein Beispiel für Neues ist das Modell einer Wäschezentrifuge aus zwei in einander gestellten PET-Flaschen unterschiedlicher Größe. Mechanik ist natürlich das Hauptgebiet, doch sind Optik, Akustik, Wärme und Elektrizität ebenso vertreten. Günstig ist auch etwas handwerkliches Geschick, sicher notwendig bei einem um 2 Achsen drehbaren Roboterarm mit hydraulischem Antrieb aus Injektionsspritzen.

Was man nicht finden wird, sind Erklärungen oder gar Formeln. Es wird sich daher empfehlen - und die nicht gerade in einer kindgerechten Sprache verfassten Anleitungen legen dies auch nahe -, die Experimente in betreuten Gruppen durchführen zu lassen. Jedenfalls liegen hier zahlreiche Ideen zu einem günstigen Preis vor. (Leser der Zeitschrift werden sich wohl an die mehrbändige Reihe ähnlicher Freihandexperimente von Werner Rentzsch erinnern.)

Der Autor ist Physikprofessor an der Universität von Minas Gerais in Brasilien, außerdem koordiniert er das Programm "Wissenschaft macht Spaß".

Helmut Kühnelt

Handbuch des Physikunterrichts. Sekundarbereich I. Bd. 2: Mechanik II

Rainer Götz, Helmut Dahnke, Fritz Langensiepen (Hrsg.)

416 S., 380 Abb., Ln. geb, Aulis Verlag Deubner & Co Köln, 2000. ISBN 3-7614-2256-3. € 63,-.

Mit diesem Band ist die auf 8 Bände angelegte Reihe abgeschlossen. Bis auf Band 8 mit Atom- und Kernphysik, Astronomie und Technikbezügen wird in der Reihe nur die klassische Physik behandelt, die in deutschen Lehrplänen bis zur Schulstufe 10 dominiert.

Der vorliegende Band enthält Themen wie Hydro- und Aerostatik, Akustik, Kinematik und Dynamik, sowie die Physik des Fliegens. Akustik und Flugphysik werden dem Erweiterungsbereich zugerechnet, doch wird auf das hohe Schülerinteresse hingewiesen, das gerade diesen Themen zukommt. Als inhaltliche Leitlinie hat die Reihe die Gesamtheit der deutschen

Lehrpläne, was natürlich nicht bedeuten kann, dass die 8 Bände und etwa 3000 Seiten der tatsächliche Schulstoff sein können.

Im Kapitel Hydrostatik werden zwei didaktische Zugänge, einerseits über den statischen Druck, andererseits über Energieüberlegungen eingehend diskutiert und verglichen. Auch wird hier sehr auf Verständnisprobleme gerade im Zusammenhang mit dem Druckbegriff eingegangen.

Akustik reicht mit einem Umfang von über 100 Seiten von der Schallerzeugung bis zur modernen Schallaufzeichnung und bietet zahlreiche Experimentiervorschläge vom Freihandexperiment bis zur Kurzzeitmessung mittels Oszilloskop.

Im Kapitel Kinematik wird viel Raum der Begriffsbildung bei der gleichförmig beschleunigten Bewegung gegeben, wobei die reizvollste Methode Galileis Originalexperiment mit der schiefen Ebene entspricht und die von ihm versuchten Ansätze - Geschwindigkeit proportional zum Weg oder zur Zeit - verfolgt werden. Auch wird zu Recht auf das Potenzial, das in Videoaufnahmen von Bewegungen steckt, hingewiesen und zur eigenen Aufnahme solcher Videos angeregt.

Im Abschnitt Dynamik werden verschiedene Weisen der Einführung des Kraftbegriffs kontrastiert. Auch wird die häufig in Schulbüchern zu findende Formulierung "Die Ursache einer Verformung oder der Änderung des Bewegungszustands bezeichnet man als Kraft" als zu enge kritisiert, da sie einen falschen Eindruck erweckt und da man später immer neue Effekte mit Kräften erklären muss. Ebenso wird die Zentrifugalkraft einer ausführlichen Diskussion gewürdigt, wird sie doch in Alltag und Technik immer wieder verwendet und führt sie allzu oft zur Konfusion. Der Verfasser des Beitrags scheint zu bedauern, dass die Interpretation der Zentrifugalkraft als Trägheitwiderstand gegen Richtungswechsel im Sinn von d'Alembert in der didaktischen Literatur wenig Anklang findet und zitiert dazu das Lehrbuch von R.W. Pohl, wo gesagt wird, dass die Auffassung der Zentrifugalkraft als Trägheitskraft "eine wesentliche Erweiterung des Kraftbegriffs" bedeute, da man dabei darauf verzichte, die Kraft als Ursache einer Beschleunigung zu betrachten. Im einfacheren Fall der Beschreibung im Inertialsystem läuft die Argumentation darauf hinaus, Newton II als $F - ma = 0$ zu schreiben und ma als Trägheitskraft zu interpretieren, die sich entsprechend der wirkenden Kraft F einstellt. Die Trägheitskraft ist aber keine Kraft im Newtonschen Sinn, es macht keinen Sinn ihr Wegintegral zu berechnen, etc.

Dem Rezensenten scheint der Pohlsche Standpunkt gerade für die Schule angemessen. In der Regel wird die Betrachtung aus einem Inertialsystem sinnvoll sein, gelegentlich können im mitrotierenden Bezugssystem die durch die Koordinatentransformation entstandenen kinematischen Ausdrücke mit der Dimension einer Kraft (Zentrifugal- und Corioliskraft) die Beschreibung und das Verständnis der Effekte erleichtern.

Die Tücken eines lockeren Sprachgebrauchs zeigen sich bei (allzu) kritischer Betrachtung einiger hübscher Experimente. So wird gesagt, "Aufgrund seiner Trägheit bleibt [ein] Münzstapel [nach dem Loslassen] quasi im Raum stehen und kann ... aufgefangen werden...". Nun verhält sich ein Münzstapel wie ein starrer Körper, und alles was man dabei ausnutzt, beruht darauf, dass nach bspw. 1/25 Sekunde der Fallweg erst etwa 8 mm beträgt. Ähnlich geht es bei dem bekannten Tischtrick, der die Trägheit der auf dem Tischtuch stehenden

Kaffeetasse zeigen soll - und in Wahrheit eine Diskussion der Reibung erfordert.

Den Abschluss des Bandes bildet eine Einführung in die Flugphysik von K. Weltner. Dabei wird der dynamische Auftrieb auf die Ablenkung der anströmenden Luft nach unten, also als Rückstoßphänomen, betrachtet. Die Fehler und Schwierigkeiten der Erklärung über das Bernoullische Gesetz werden ausführlich behandelt.

Wie die vorher erschienen Bände stellt Mechanik II eine reiche Fundgrube von Ideen und Experimenten für einen guten fachorientierten Physik-Unterricht dar.

Helmut Kühnelt

Die Wesenszüge der Quantenphysik

Modelle, Bilder, Experimente

Josef Küblbeck, Rainer Müller

Praxis Schriftenreihe Physik, Band 60. 187 S., brosch., Aulis Verlag Deubner 2002, ISBN 3-7614-2464-7, EUR 18,60

Quantenphysik hat Konjunktur. Anton Zeilinger hat kräftig mitgeholfen, dass das Interesse an Grundlagenfragen der Quantenphysik gestiegen ist. Zahlreiche mehr oder minder populäre Darstellungen widmen sich Schrödingers Katze, der Verschränktheit von Photonenpaaren, usw. Und doch bleibt bei den meisten das Gefühl, dass viele Autoren ihre Leser zugleich unter- wie überfordern. Die Überforderung geschieht dadurch, dass aus Angst vor Mathematik die Grundlagen nicht konsistent dargestellt werden. Dass es auch anders geht, zeigt das vorliegende Buch.

Beide Verfasser des vorliegenden Bändchens sind von Ausbildung theoretische Physiker, Küblbeck unterrichtet in der Schule und in der Junglehrausbildung, Müller hat sich 2002 in Physikdidaktik habilitiert und lehrt an der TU Braunschweig.

Zunächst führen sie 4 Wesenszüge der Quantenphysik ein (Statistisches Verhalten, Interferenzfähigkeit, Eindeutigkeit von Messergebnissen, Komplementarität von Interferenz und Weginformation) und erläutern sie an einfachen Experimenten, wobei das Doppelspaltexperiment wesentliche Einsichten vermittelt. Als quantitatives Hilfsmittel bietet sich die Feynmansche Zeigermethode an, qualitativ und anschaulicher lässt sich mit Wellenpaketen argumentieren.

Als wesentlicher Zug der Physik mehrerer Quantenobjekte ist die von Schrödinger eingeführte Verschränktheit anzusehen, die experimentell mit der Bellschen Ungleichung untersucht wird. Die Eigenheiten der Quantenphysik werden an Interferometerexperimenten vertieft, in denen es wieder um die Frage geht, ob der Weg der Quanten feststellbar ist oder nicht.

An der Ensembleinterpretation, der Kopenhagener Deutung und der Bohmschen Deutung mit verborgenen Parametern werden die Interpretationsprobleme der Quantenphysik aufgeklärt.

Damit neben sehr idealisierten Gedankenexperimenten die Realexperimente nicht zu kurz kommen, wird ein eigenes Kapitel nicht nur klassischen Experimenten (Elektronen am Doppelspalt 1961, Aspect's korrelierte Photonen 1981), sondern

auch modernen gewidmet. Die Beugung von Fullerenmolekülen (1999 durch die Gruppe Zeilinger) oder Interferenz von Atomen mit unbestimmter Energie (2001) beleuchten wichtige Aspekte der Quantenphysik.

Ein ausführliches abschließendes Kapitel ist der Umsetzung im Unterricht gewidmet. Dabei wird die Bedeutung der Theorie- und Modellbildung im Physikunterricht hervorgehoben.

Als Hintergrundinformation für Lehrkräfte, die Quantenphysik zu Recht als wesentlichen Teil der modernen Physik unterrichten wollen, ist dieses Buch vorzüglich geeignet, ein Unterricht nach diesem Konzept erscheint wegen des hohen Zeitaufwandes und angesichts der schwierigen Materie nur für leistungsstarke Gruppen realistisch.

Helmut Kühnelt

Natürliche Radioaktivität

Harry Friedmann

112 S, 48 Abb., Format DIN A5, brosch. Shaker Verlag Aachen 2003. ISBN 3-8322-1296-5, € 24,80.

Entstanden aus einem Skriptum zu einer Vorlesung gleichen Inhalts wird ein guter Überblick über die verschiedenen Arten natürlicher Radioaktivität und die durch sie verursachte Strahlenbelastung gegeben. Prominenten Raum nehmen die langlebigen Nuklide ein, die in der Spätphase der Sternentwicklung entstanden sind und mit der Planetenentstehung in unserer Erde fixiert wurden. Alle Nuklide mit einer Halbwertszeit unter 100 Mio Jahren müssen auf der Erde stets neu gebildet werden, sei es als Produkte in Zerfallsreihen, sei es durch kosmische Strahlung. Man erfährt einiges zur Entdeckungsgeschichte und zur Bedeutung der Radionuklide für die Erforschung der Erdgeschichte und ihrer medizinisch-technischen Anwendungen. Tritium und C-14 sind ebenfalls wegen ihrer Bedeutung eingehend behandelt, wobei das Wiener Beschleuniger-Massenspektrometer (VERA) eine Ausweitung der C-14-Methode auf kleinste Probenmengen gestattet.

Die Strahlenbelastung durch natürliche Radionuklide wird sowohl hinsichtlich ihres Mechanismus als auch in Hinblick auf den Reparaturmechanismus der Zelle und individuelle Unterschiede verständlich dargestellt. Damit verbunden ist die Frage nach positiven Wirkungen von Radonkuren, die ein kontroversielle Feld darstellen. Die Mehrheit der Kernphysiker möchte im Sinne einer schwellenlosen linear mit der Dosis steigenden Strahlungswirkung die Strahlendosis möglichst klein halten, doch sind positive Wirkungen von Radonkuren nicht abzustreiten. Es ist daher sinnvoll - und dies gilt für den Unterricht in besonderem Maße - , Risikoabschätzungen vorzunehmen.

Der Verfasser ist Mitarbeiter am Institut für Isotopenforschung und Kernphysik, dem ehemaligen Institut für Radiumforschung, und hat das österreichische Radonprojekt koordiniert.

Helmut Kühnelt