

PLUS LUCIS

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



Jugend und Naturwissenschaft | Nanowelt | Schreiben & Lernen
Spannung in die Schule | Physik in der Volksschule | Kernphysik & Kunst
KinderUni | Thirring-Lense-Effekt | Freihandexperimente | Bücher

Impressum

PLUS LUCIS, Mitteilungsblatt des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts und des Fachausschusses LHS der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft
Erscheint vierteljährlich

Medieninhaber und Herausgeber:

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

Im Web: <http://pluslucis.univie.ac.at>

Redaktionsteam dieser Ausgabe:

H. Kühnelt und W. Rentzsch

Preis des Einzelhefts: € 6,-, für Mitglieder € 3,-
(ist im Mitgliedsbeitrag enthalten)
Die jährliche Abonnementgebühr für Nichtmitglieder beträgt € 20,-.

Offenlegung nach § 25 des Mediengesetzes:
Grundlegende Richtung: Fortbildung und fachliche Information für Physik- und Chemielehrer, organisatorische Mitteilungen, Vereinsinterna.

Beiträge werden erbeten an:

Dr. H. Kühnelt, Institut für Theoretische Physik der Universität Wien
Strudlhofgasse 4, 1090 Wien
Telefon: (01) 4277-51515
Fax: (01) 4277-9515
e-mail: helmut.kuehnelt@univie.ac.at

HOL W. Rentzsch
Görgengasse 23/2/3, 1190 Wien

Mag. Dr. H. Stadler, Institut für Theoretische Physik der Universität Wien
Strudlhofgasse 4, 1090 Wien
Telefon: (01) 4277-51552

Es wird gebeten, Beiträge nach Möglichkeit per e-mail einzureichen. Bevorzugtes Dateiformat: MS-Word. Bilder im tif oder jpg-Format

Umschlagbild:

VS Lichtenberg, Frühes Interesse an den Sternen

Inhalt

Vorwort	1
----------------------	---

Aktuelles

Ist Erdgas als Treibstoff umweltfreundlicher	
als Bezin bzw. Diesel – <i>B. Illini</i>	23
KinderUni – eine Erfolgsgeschichte – <i>B. Schörkhuber</i>	41
Österreich bei den Science Days in Freiburg – <i>W. Rentzsch</i>	45
Fachbereichsarbeiten Physik – Prämierung	46

Fachdidaktik

In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant – <i>D. Elster</i>	2
Vom linearen Kraftgesetz zur Nanomechanik von Biomolekülen – <i>M. Euler</i>	9
Schreiben als Lernmethode im Physikunterricht – <i>E. Bergeler</i>	16
Unterricht – Berufsfindung – Gener Gap – <i>A. Fussi</i>	19
Experimentale 07 in Wels	22
Sunny side up – <i>I. Regl</i>	29

Physikalische Forschung

Wissenschaft im Dienste der Kunst – <i>F. Milota, B. Schörkhuber</i>	34
Gravity Probe B, Nachweis des Thirring-Lense Effekts – <i>B. Schörkhuber</i>	37

Preise

Anton Zeilinger – Isaac Newton Medaille	24
Roman Ulrich Sexl-Preis 2007	47
Physikolympiade 2007 in Isfahan	47
Young Physicists Tournament 2007 in Seoul	47

Freihandexperimente

Das Mottelpulver / Experimentelle Schulchemie – Unterstufe / Kristalle im Suppenwürfel / Pfeffer & Salz – <i>W. Rentzsch</i>	25
Leberknödelprojekt / Wirbelstrombremse – <i>H. Klinglmair</i>	48

Bücher	49
---------------------	----

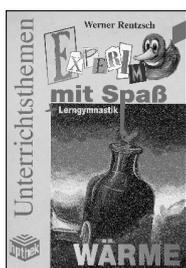
Rentzsch, Werner

EXPERIMENTE MIT SPASS

Unsere 7-bändige Experimentereihe für LehrerInnen und SchülerInnen

In jedem Band „Experimente mit Spaß“ finden Sie über 100 originelle – in der Praxis erprobte – Experimente, die ohne großen Aufwand durchgeführt werden können. Jedes Experiment ist übersichtlich beschrieben und im Bild dargestellt. Hinweise zu möglichen Variationen – aber auch zu besonderen Gefahrenmomenten – sind jedem Beispiel angeschlossen.

Jeder Band: Hardcover, mit zahlreichen Abb., 17 x 24 cm, 4-färbig



Band 1: Wärme
Appr. für 300, 1000, 1100
144 Seiten
€ 22,90



Band 2: Bewegungen und Kräfte
Appr. für 300, 1000, 1100
120 Seiten
€ 22,90



Band 3: Hydro- und Aeromechanik, Akustik
Appr. für 300, 1000
144 Seiten
€ 22,90



Band 4: Magnetismus und Elektrizität
Appr. für 300, 1000, 1100
144 Seiten
€ 22,90



Band 5: Optik
Appr. für 300, 1000, 1100
112 Seiten
€ 22,90



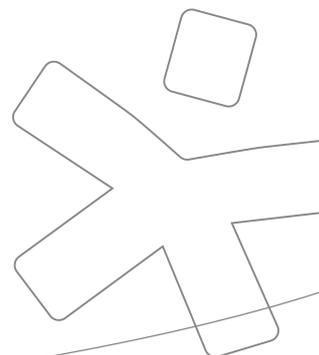
Band 6: Anorganische Chemie
144 Seiten
€ 21,70



Band 7: Organische Chemie
144 Seiten
€ 21,70

Bände 1-5:
ISBN 3-209-02570-3
€ 91,-

Bände 6+7:
ISBN 3-209-02571-1
€ 36,50



Bestellabschnitt

Ich bestelle portofrei mit Rechnung zum Vorzugspreis für LehrerInnen (Ansichtsexemplar / Anhang zur Schulbuchliste): bitte ankreuzen!

- 1 Expl. SBNR 8596, Band 1, Wärme, € 18,40
- 1 Expl. SBNR 8597, Band 2, Bewegungen und Kräfte, € 18,40
- 1 Expl. SBNR 8598, Band 3, Hydro-u. Aeromechanik, Akustik, € 18,40
- 1 Expl. SBNR 8599, Band 4, Magnetismus u. Elektrizität, € 18,40
- 1 Expl. SBNR 8600, Band 5, Optik, € 18,40

Ich bestelle portofrei mit Rechnung:

- Expl. ISBN 3-209-02436-7, Band 6, Anorganische Chemie, € 21,70
- Expl. ISBN 3-209-02437-5, Band 7, Organische Chemie, € 21,70
- Expl. ISBN 3-209-02570-3, Bände 1-5, PHYSIK, € 91,-
- Expl. ISBN 3-209-02571-1, Bände 6+7, CHEMIE, € 36,50

FAX: 01-401 36 60

Schuladresse / Schulstempel:

Schulkennzahl

Ich bin: SchulleiterIn SchulbuchreferentIn LehrerIn

Titel

Funktion

Vorname

Nachname

Unterrichtsfächer

E-Mail

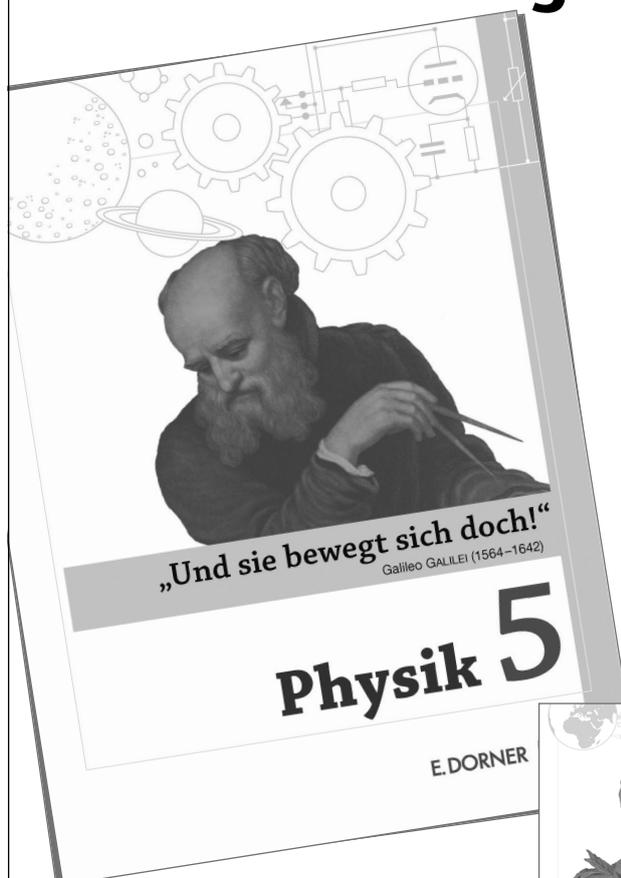
Datum

Unterschrift

Ich bin mit der Zusendung von Fachinformationen von öbvht einverstanden. Diese Zusage kann von mir jederzeit rückgängig gemacht werden. Eine Weitergabe meiner Daten an Dritte ist ausgeschlossen.

Physik 5. Und sie bewegt sich doch!

Neu!

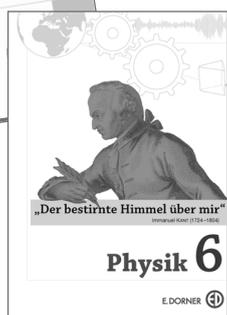


Physik für die AHS-Oberstufe

- Alltagssituationen als Einstieg in jedes Thema
- Historische Hintergrund- und Vernetzungsseiten
- Merksätze am Ende jedes Unterkapitels
- Verständnisfragen in den Randspalten zur Selbstkontrolle
- Begriffserklärungen und weiterführende Infos gleich in der Randspalte
- Wichtige Fachbegriffe auch auf Englisch
- Experimente und Aufgaben am Kapitelende
- Zusammenfassungen in Form von Mindmaps – auf Deutsch und Englisch
- Lösungen zu den Fragen und Aufgaben im Anhang



KOSTENLOSE LEHRERINNEN-
SERVICE-HOTLINE!
0800 - 50 10 14



Band 6 bis 8 in Vorbereitung!

Physik 5. Und sie bewegt sich doch!
176 Seiten, 19 x 26 cm, vierfärbig
Buch-Nr. 135 506
ISBN 978-3-7055-0885-9
€ 13,50

SB = Titel der Schulbuchliste

NEUERSCHEINUNGEN

Detaillierte Informationen zu diesen und allen weiteren Neuerscheinungen finden Sie unter:
www.dorner-verlag.at, www.westermann.at

E. DORNER

P.b.b.
Verlagspostamt 1090 Wien
GZ 02Z030361 M
DVR 0558567
VRN 668472729

PISA 2006

Die PISA-Katze ist aus dem Sack! Was als vorzeitige Veröffentlichung unter hoher Konventionalstrafe steht, ist durch den PISA-Beauftragten der OECD, Dr. Schleicher, persönlich erfolgt und wir wissen nun ein paar Tage früher, an welchem Tabellenrang Österreich beim Test Naturwissenschaft gelandet ist. Und während dieses Heft in Druck geht, werden am 4. Dezember Details veröffentlicht, die – berechtigt oder nicht – als Munition im Meinungsstreit zur Gesamtschule dienen werden.

Soll man sich wirklich freuen, dass Österreich nun zwar knapp, aber „signifikant“ über dem PISA-Durchschnitt liegt? Dieser wird mit 500 Punkten definiert. Sind nicht 16 Länder dazugekommen, die eher zu den Verlierern dieses Rankings zählen? Hinter dem Schlusslicht von 2003, Mexiko mit 410 Punkten, folgen nun 8 Staaten wie Indonesien oder Kirgisien, die die Skala beträchtlich nach unten dehnen. Die Statistiker werden uns erklären, wie weit die beiden Skalen vergleichbar sind.

Internationale Tests wie PISA werden von ihren Proponenten als Vergleich der verschiedenen nationalen Bildungssysteme angesehen. Wenn man dies ernst nimmt, dann müsste man die Bildungslaufbahnen der getesteten Jugendlichen verfolgen, um zu prüfen, wo im System Handlungsbedarf besteht, in welchen Schulbereichen Unterstützung nötig ist. Und man müsste das umsetzen, was in Finnland vorgesehen ist und einen Teil des finnischen Erfolgs erklären mag: Bei erkennbaren Leistungsschwächen ein individuelles Förderprogramm mit den Jugendlichen – auch mit den Eltern – vereinbaren und im Rahmen der Schule durchführen: rechtzeitig und nicht erst nach dem totalen Versagen!

PISA testet PISA – hört man immer wieder, nicht den österreichischen Unterricht! Was behauptet PISA zu testen? Naturwissenschaftliche Kompetenz als die Fähigkeit, Wissen anzuwenden, Fragen zu erkennen, aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, die die Welt betreffen. Logisches Denken, Argumentieren und Kritikfähigkeit werden als wesentliche Kompetenzen für das spätere Leben angesehen. Fordert der österreichische Lehrplan nicht Ähnliches?

In den PISA-Aufgaben sollen die Jugendlichen ihre Kompetenz an Hand von realitätsnahen Problemen und zu wesentlichen naturwissenschaftlichen Konzepten zeigen. Nicht nur naturwissenschaftliches Wissen, sondern auch Wissen über die Arbeitsweise der Naturwissenschaften wird getestet. Ob die konkreten Aufgaben den gesetzten Ansprüchen genügen, kann man dank der frei gegebenen Aufgaben – 10 aus PISA 2000 und 2003 und 16 aus PISA 2006 – selbst einschätzen: Unter <http://www.pisa.oecd.org> finden Sie diese Aufgaben.

Da diesmal Aufgaben aus Naturwissenschaften zwei Drittel des Tests darstellten, gibt es nun reiches Material zu tiefergehenden Untersuchungen. Wo liegen die Stärken und Schwächen, welche Themen liegen den Mädchen, ... ?

Gratulation

Frau Ida Regl hat beim Festival Science on Stage 2 in Grenoble mit ihrem im Winter 2006 an der Volksschule Lichtenberg bei Linz durchgeführten Sonnen-Projekt „Sunny side up“ einen Lehrerprijs gewonnen.

Frau Angelika Fussi von der Haupt- und Realschule Feldbach hat beim deutschen Wettbewerb „Spannung in die Schule“ einen 2. Preis erhalten.

Über beide Projekte wird in diesem Heft berichtet. Herzlichen Glückwunsch!

Zu IMST und IMST-Fonds

IMST wurde als Reaktion auf die Ergebnisse der TIMS-Studie 1998 ins Leben gerufen. In mehreren Schritten und oft mit ungewisser Finanzierung ist IMST zu einem Unterstützungssystem für den Unterricht in Mathematik, Naturwissenschaften und Informatik geworden, das zur Einrichtung regionaler Naturwissenschaftsnetze, zur Einrichtung des MNI-Fonds und schließlich zum Aufbau von Fachdidaktikzentren geführt hat. Nach anfänglicher Beschränkung auf die Oberstufe erfolgte eine schrittweise Expansion bis in die Volksschulen. Insgesamt 180 Projekte werden heuer vom Fonds betreut. Regionale Netzwerke sind in vielen Bundesländern etabliert. Univ.-Prof. Dr. Konrad Krainer ist der schier unermüdlige Motor.

Wie (und ob) IMST ab 2010 finanziert und organisiert wird, ist derzeit offen. Nützen Sie daher die Chance, im Jahr 2008/09 noch mit einem Projekt beim Fonds mitzuarbeiten – Antragstellung bis Ostern 2008!

Werben Sie für Physik und Chemie unter Ihren Schülerinnen und Schülern! Nicht nur die Industrie sucht Wissenschaftler und Techniker, junge Lehrkräfte werden gesucht – die Pensionierung vieler nun Aktiver steht bevor.

Mit den besten Wünschen zum Weihnachtsfest und zum Neuen Jahr grüßt herzlich

Ihr Helmut Kühnelt

**62. Fortbildungswoche
vom 25. bis 29. Februar 2008**

In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant?

Ergebnisse der ROSE-Erhebung in Österreich und Deutschland

Doris Elster

Zusammenfassung

ROSE (The Relevance of Science Education) ist eine internationale Vergleichsstudie zu den Einflussfaktoren naturwissenschaftlichen Lernens. Dazu werden die Interessen, Meinungen und Einstellungen Jugendlicher mittels eines standardisierten Fragebogens erhoben. In der vorliegenden Studie werden erste empirisch gewonnene Daten der in Deutschland und Österreich durchgeführten ROSE-Erhebung, an der 1247 Schülerinnen und Schüler am Ende der Unterstufe (Sekundarstufe 1) teilgenommen haben, vorgestellt. Die Ergebnisse identifizieren typische Jugendthemen und geben Aufschluss über die Veränderung der Interessen Jugendlicher in den letzten zehn Jahren. Sie belegen, dass vor allem Kontexte in Zusammenhang mit Gesundheit, Fitness, Mystik und Spektakulärem für heutige Jugendliche interessant sind. Davon ausgehend lassen sich Impulse für eine Unterrichtskonzeption in geschlechterspezifischen Interessenskontexten ableiten.

Ausgangslage

Empirische Studien belegen, dass das Interesse von Mädchen und Buben alters- und geschlechtsabhängig ist [1]. Dabei sind Buben eher für Inhalte der Physik und Chemie zu begeistern als Mädchen [4], die biologische Inhalte bevorzugen [5, 6]. Auffallend ist, dass das Interesse am naturwissenschaftlichen Unterricht kontinuierlich abnimmt je länger die Mädchen und Buben die Schule besuchen [2, 3]. Auch jene Lerner, die sich für den Schulunterricht interessieren, begründen ihre Motivation für eine intensivere Auseinandersetzung mit den Naturwissenschaften meist extrinsisch z.B. um ein Examen zu bewältigen oder aus Karriereüberlegungen [7].

Dr. Doris Elster war Biologielehrerin an einer Wiener AHS. Zwei Forschungsjahre am IPN Kiel. Ab 2008 mit einem Elise Richter-Stipendium des Forschungsförderungs-fonds am Österreichischen Kompetenzzentrum für Didaktik der Biologie an der Universität Wien

Was sind die Ursachen für das geringe Interesse am naturwissenschaftlichen Unterricht? Befragt man die Betroffenen selbst, dann stößt man teilweise auf heftige Kritik am bestehenden Schulunterricht. Die Lernenden fordern zunehmend einen Unterricht ein, den sie für ihr Leben als relevant erachten. In kontextbasierten Unterrichtsansätzen wie etwa den deutschen Kontextprojekten „Chemie im Kontext“, „Physik im Kontext“, „Biologie im Kontext“ werden diese Herausforderungen aufgegriffen. Hier gehen Fachdidaktiker von der Annahme aus, dass der naturwissenschaftliche Unterricht dann wieder verstärkte Akzeptanz durch die Lerner erfährt, wenn dieser von den Betroffenen als interessant und persönlich oder gesellschaftlich bedeutsam erlebt wird. Das erfordert jedoch von Seiten der Fachdidaktiker und Lehrkräfte eine verstärkte Auseinandersetzung mit der Lebenswelt und den Interessen der Heranwachsenden.

Zum Interessensbegriff

Interesse wird unbestritten als ein positiver Einflussfaktor für den Lernprozess angesehen [5]. Deci & Ryan [8] unterscheiden dabei zwei Interessensformen: Individuelles Interesse an einem Fach entwickelt sich stufenweise, es beinhaltet fachliches Wissen und Werte und wird als eine überdauernde Vorliebe für eine bestimmte Sache oder Handlung angesehen. Situatives Interesse hingegen ist ein spezifischer Zustand, der in dem spezifischen Anreiz, den eine bestimmte Situation bietet, seine Ursache hat. Es tritt spontan in unterschiedlichen Situationen auf und ist oft nur von kurzer Dauer. Wenn es um den naturwissenschaftlichen Unterricht geht, dann sind meist beide Seiten im Spiel: Im Sinne von individuellem Interesse geht es darum, Interesse an den Naturwissenschaften als eine überdauernde Vorliebe zu erhalten und aufzubauen. Dazu ist es notwendig, mehr darüber zu erfahren, in welchen (unterrichtlichen) Situationen ein Gegenstand als interessant erlebt wird [12]. Die Interessensgenese vom situativem Interesse hin zum individuellem Interesse als andauernde Disposition ist von mehreren Faktoren abhängig: von den Persönlichkeitsmerkmalen des Lerners, dem Kontext, in dem Lerninhalte präsentiert

werden und der Möglichkeit zum selbst bestimmten Handeln des Lerner (siehe dazu Abb. 1).

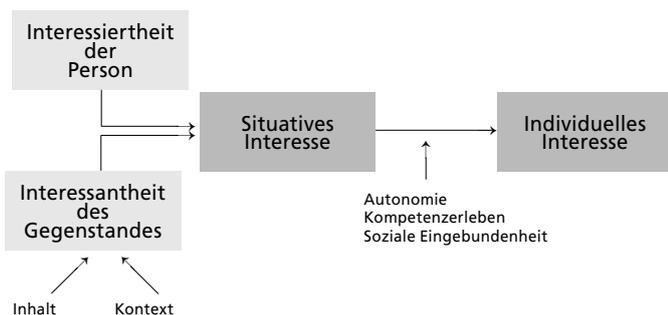


Abb. 1: Interessensgenese nach Krapp [5], Deci & Ryan [8] verändert.

Es hat sich in der Interessensforschung eingebürgert, zwischen Interessen an verschiedenen fachlichen Gebieten und INHALTEN und den Interessen an Anwendungsbereichen und KONTEXTEN, in denen die fachlichen Gebiete bedeutsam sind, zu unterscheiden.

Mehrere empirische Studien belegen diesen Zusammenhang von Inhalt und Kontext als Schlüsselfaktoren für das Interesse an den Naturwissenschaften. So beschreibt Svein Sjøberg in der SAS-Studie (Science and Scientists) [10], dass die Attraktion von Fachinhalten vom jeweils angebotenen Kontext abhängt: z.B. ist „Musik“ für Jugendliche interessanter als „Akustik und Töne“ und „Regenbogen und Sonnenuntergang“ ist interessanter als „Licht und Optik“. Auch die etwa 10 Jahre zurück liegende bundesweit durchgeführte IPN-Interessensstudie [11] untersucht den Einfluss unterschiedlicher Kontexte auf das Interesse Jugendlicher an den Fachinhalten der Physik. Dazu entwickelten die Wissenschaftler Items, die eine zwei-dimensionale Struktur aufwiesen: ein fachlicher Inhalt wurde dabei jeweils in unterschiedlichen Kontexten angeboten. Die Datenerhebung wurde unter Beteiligung von mehreren tausend deutschen Schülerinnen und Schülern in den Jahren 1984-1989 durchgeführt und brachte folgende Ergebnisse:

Interessensfördernd ist es, wenn der Unterricht auf Alltagssituationen oder auf den menschlichen Körper angewandt wird, mit erstaunlichen Phänomenen einhergeht oder ihre gesellschaftliche Bedeutung zum Thema gemacht wird. Bei den Tätigkeiten stoßen vor allem bei den jüngeren Schülerinnen und Schülern das Bauen und Konstruieren, bei den älteren das Diskutieren und Bewerten auf Interesse. Dagegen wird jegliche Form einer quantitativen Befassung (z.B. etwas berechnen, etwas in einer Formel ausdrücken) als relativ uninteressant empfunden [12].

Eine genauere Kenntnis darüber, wie und warum die Interessen an den Naturwissenschaften variieren, ist möglicherweise der Schlüssel zum besseren Verstehen der Einstellungen Jugendlicher [13]. Um darüber mehr zu erfahren, schloss sich die Autorin der internationalen Vergleichsstudie ROSE an [7].

Die internationale Interessenserhebung ROSE

ROSE (The Relevance of Science Education) ist eine internationale Fragebogenstudie zur Untersuchung von Einflussfaktoren naturwissenschaftlichen Lernens, an der mehr als 40 Nationen weltweit beteiligt sind [7]. Dabei wird im Gegensatz zu Vergleichserhebungen wie PISA bewusst von einem Ranking der beteiligten Länder Abstand genommen. Informationen über die Lebenswelt der Jugendlichen werden genutzt, um den Unterricht stärker an den Bedürfnissen Heranwachsender orientieren zu können. Es wird vermutet, dass die mangelnde Bedeutung der Unterrichtsthemen für das Leben der Jugendlichen eines der größten Hindernisse für naturwissenschaftliches Lernen darstellt. (ebd.). Die ROSE-Studie verfolgt verschiedene Ziele: Es sollen einerseits empirisch fundierte Erkenntnisse generiert werden, die zu einer kritischen Diskussion des bestehenden naturwissenschaftlichen Unterrichts auf nationaler und internationaler Ebene anregen. Andererseits sollen mögliche Ansätze aufgezeigt werden, um die Relevanz, Attraktivität und Qualität des naturwissenschaftlichen Unterrichts an Schulen im jeweiligen Land zu erhöhen.

Der ROSE-Fragebogen basiert auf Erfahrungen und Skalen der internationalen Vorgängerstudie Science and Scientists (SAS) [10], Eurobarometer 55.2 [14] und dem National Science Board [9]. Er wurde in nationalen und internationalen Vorstudien unter Berücksichtigung unterschiedlicher kultureller Kontexte validiert und optimiert. Der ROSE-Fragebogen besteht aus 250 geschlossenen Items mit einer vierstufigen Likert-Skala sowie aus einer offenen Frage. Der Fragebogen ist in sieben Fragenkomplexen unterteilt:

- Worüber ich gerne lernen möchte
- Mein zukünftiger Beruf
- Einstellungen gegenüber Umweltproblemen
- Einstellungen gegenüber dem naturwissenschaftlichen Unterricht
- Meinungen zu Naturwissenschaften und Technik
- Außerschulische Erfahrungen
- Ich als Forscher (offene Frage)

Die hier vorgestellten Daten der ROSE-Erhebung sind Teil des Fragenkomplexes „Worüber ich gerne lernen möchte.“ In diesen drei Itemgruppen werden in 108 Items sowohl die Interessen am Fachunterricht als auch das allgemeine Interesse an den Naturwissenschaften erhoben. Das umfasst auch die Auseinandersetzung mit Spektakulärem, Phänomenalem und Pseudowissenschaftlichem wie etwa Horoskopen und Ufos. Die zugrunde liegende Annahme ist, dass Jugendliche - auch wenn sie keine naturwissenschaftliche Karriere planen - an unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Aspekten interessiert sein können.

In der vorliegenden Erhebung stehen folgende Forschungsfragen im Zentrum der Betrachtung:

- An welchen naturwissenschaftlichen Inhalten und Kontexten zeigen sich Jugendliche in Deutschland und Österreich interessiert?
- Lassen sich Unterschiede im Interesse von Mädchen und Buben erkennen?
- Haben sich die Interessen Jugendlicher in den letzten zehn Jahren verändert?

Es wird dabei angenommen, dass die Kontextdimension das Interesse ebenso beeinflusst wie die Inhaltsdimension und dass geschlechtsspezifische Unterschiede im Interesse zu beobachten sind.

Datenerhebung in Deutschland und Österreich

Die Erhebungen in Deutschland und Österreich wurden an jeweils 26 Schulen unterschiedlicher Schultypen zwischen Oktober 2004 und Juni 2006 durchgeführt. An der Studie nahmen 1247 Schülerinnen und Schüler (621 aus Österreich, 626 aus Deutschland) im Alter von 14-17 Jahren am Ende der Sekundarstufe 1 teil. Das ist in Österreich am Ende der 9. Schulstufe, in Deutschland am Ende der 10. Schulstufe. (Anmerkung: In Österreich besuchten 287 der befragten Schülerinnen und Schüler ein Gymnasium, 310 ein Realgymnasium und 25 den Schulversuch Mittelstufe/Übergangsstufe. In Deutschland besuchten 446 der befragten Schülerinnen und Schüler ein Gymnasium, 107 eine Realschule, 46 eine Integrierte Gesamtschule und 27 eine Hauptschule.)

Die Stichprobe bestand aus 53,7% Mädchen und 46,3% Buben. Die Schülerinnen und Schüler stammten überwiegend aus städtischen Regionen (Anmerkung: In Österreich kamen 304 Schülerinnen und Schüler aus der Großstadt, 205 aus der Kleinstadt und 112 aus ländlichen Regionen. In Deutschland kamen 80 aus der Großstadt, 385 aus der Kleinstadt und 161 aus ländlichen Regionen).

Der Fragebogen wurde von einer Biologie- und einer Chemie-Didaktikerin vom Englischen ins Deutsche übersetzt, im Oktober 2004 in zwei Wiener Schulklasse erprobt (Pilotierung) und in Schülerinterviews auf die Verständlichkeit der Items überprüft. Danach wurde der Fragebogen im Haupttest eingesetzt.

Zur Bearbeitung des Fragebogens stand den Jugendlichen eine Schulstunde zur Verfügung. Die Schülerinnen und Schüler beantworteten die Fragen durch Ankreuzen einer vierstufigen Ratingskala mit den beiden Extremkategorien „nicht interessiert“ und „sehr interessiert“. Die Analyse der in dieser Studie vorgestellten Daten erfolgte mittels Faktorenanalyse (Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation). Die Unterschiede zwischen den Geschlechtern wurden mithilfe des t-Tests für unabhängige Stichproben statistisch ausgewertet.

Ergebnisse

Einen Überblick über die zwei-dimensionale Item-Konstruktion gibt Tabelle 1 wieder. Die Items weisen jeweils eine Inhalts- und eine Kontextdimension aus. Die Inhaltsdimensionen umfassen Themen der Astrophysik und des Universums, der Erde und der Geowissenschaften, die biologischen Themen Humanbiologie, Zoologie und Tiere, Botanik und Pflanzen, Chemikalien, die physikalischen Themen Licht, Farben und Strahlung, Töne und Akustik, Energie und Elektrizität und das Thema Technik und Technologien zuweisen. Die Kontextdimensionen (siehe Beispielitems in Klammer) umfassen Umweltschutz („Die Ozonschicht und wie sie durch den Menschen beeinflusst wird.“), praktischer Nutzen und Alltagsrelevanz („Reinigungsmittel und Seifen und wie sie wirken.“), spektakuläre Phänomene („Wie Meteoriten, Kometen und Asteroiden Katastrophen verursachen.“), Kontexte mit besonderer Relevanz für Jugendliche („Was man über HIV / AIDS weiß und wie man sich davor schützen kann.“), Gesundheit und Medizin („Was wir über Krebs und dessen Behandlung wissen.“), Fitness („Wie man seinen Körper fit und schön erhält.“), Mystik und Wunder („Geister und Hexen und ob sie existieren.“), ästhetische Aspekte und Schönheit („Symmetrien und Muster auf Blättern und Blüten.“) sowie gesellschaftliche Relevanz (STS Kontext: „Wie Elektrizität die gesellschaftliche Entwicklung beeinflusst hat.“).

Tabelle 1: Dimensionen der zwei-dimensionalen Itemkonstruktion

Inhaltsdimensionen	Kontextdimensionen
1. Astrophysik, Universum	1. Umweltschutz
2. Erde / Geowissenschaften	2. Praktischer Nutzen, Alltagsrelevanz
3. Humanbiologie	3. Spektakuläre Phänomene
4. Zoologie, Tiere	4. Besondere Relevanz für Jugendliche
5. Botanik, Pflanzen	5. Gesundheit, Medizin
6. Chemikalien	6. Fitness
7. Licht, Farben, Strahlung	7. Mystik, Wunder
8. Töne und Akustik	8. Ästhetische Aspekte
9. Energie und Elektrizität	9. Gesellschaftliche Relevanz (STS)
10. Technik, Technologie	

Die Items einer fachlichen Inhaltsdimension können in unterschiedlichen Kontexten stehen. Das soll durch drei Beispiele demonstriert werden:

Der physikalische Inhalt „Licht, Farben, Strahlung“ kann stehen:

- Im Kontext Gesundheit: „Wie Radioaktivität auf den menschlichen Körper wirkt.“

- Im Kontext Mystik und Wunder: „Licht um uns, das wir nicht sehen.“
- Im Kontext Zoologie und Tiere: „Wie Tiere Farben nutzen, um sich zu verstecken, sich zu schmücken oder zu warnen.“
- Oder im Zusammenhang mit Technik: „Der Einsatz des Lasers in der Technik.“

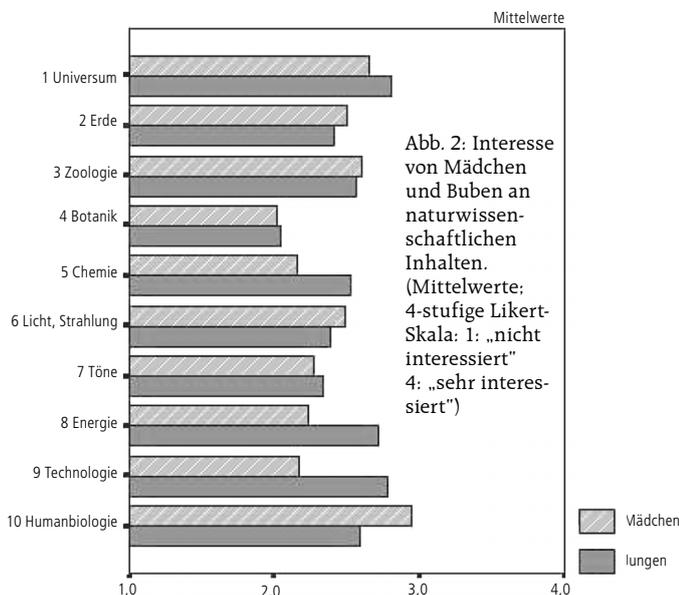
Inhalte der Humanbiologie können stehen

- Im Kontext Fitness: „Wie man seinen Körper fit und schön erhält.“
- Im Kontext Gesundheit und Medizin: „Krebs, was wir wissen und wie man damit umgehen kann.“
- Im Kontext „Jugend“ als Kontext mit spezieller Relevanz für Jugendliche: „Sexuell übertragbare Krankheiten und wie man sich davor schützen kann.“; „Wie Alkohol und Tabak den Körper schädigen.“

An welchen naturwissenschaftlichen Inhalten sind Jugendliche interessiert?

Die Interessen der Jugendlichen in Österreich und Deutschland weisen große Ähnlichkeiten auf. Die Jugendlichen beider Länder interessieren sich für das Universum (Planeten und Sterne), Humanbiologie und Zoologie (Tiere). An den Inhalten der Botanik (Pflanzen) sind die Jugendlichen nicht interessiert und auch an den Themen der Geologie (Aufbau der Erde), der Technologie und Energie haben sie eher geringes Interesse. Vergleicht man allerdings die Geschlechter, dann treten das starke Interesse der Mädchen an Inhalten der Humanbiologie sowie das Interesse der Jungen an Inhalten der Elektrizität und Energie, Technik und Chemie deutlich zum Vorschein. Beide Geschlechter sind interessiert an Astrophysik und Universum, Zoologie sowie Licht und Strahlung. Die Inhalte der Botanik sind sowohl für Mädchen als auch für Jungen uninteressant (siehe Abb. 2).

Interesse an Inhalten



An welchen Kontexten sind Jugendliche interessiert?

Die Jugendlichen in Österreich und Deutschland interessieren sich vor allem für Kontexte, die in unmittelbarem Zusammenhang mit ihrem Körper und dessen Entwicklung stehen (den „Jugend - Kontexten“), sowie den Kontexten Gesundheit, Spektakuläres sowie Mystik und Wunder. Sie sind wenig interessiert an den Kontexten Schönheit und Ästhetik und Themen im Kontext Alltagsnutzen. Im Vergleich der Geschlechter (siehe Abb. 3) fällt das große Interesse der Mädchen an den Kontexten Gesundheit, Fitness, Jugend sowie Mystik und Wunder auf. Jungen sind hingegen interessiert an Spektakulärem. Beide Geschlechter sind sehr interessiert an den Kontexten „Jugend“ und Gesundheit. Mädchen sind nicht interessiert an Themen im Kontext Alltagsnutzen, Buben sind wenig zu begeistern für die Kontexte Fitness sowie Schönheit und Ästhetik.

Interesse an Kontexten

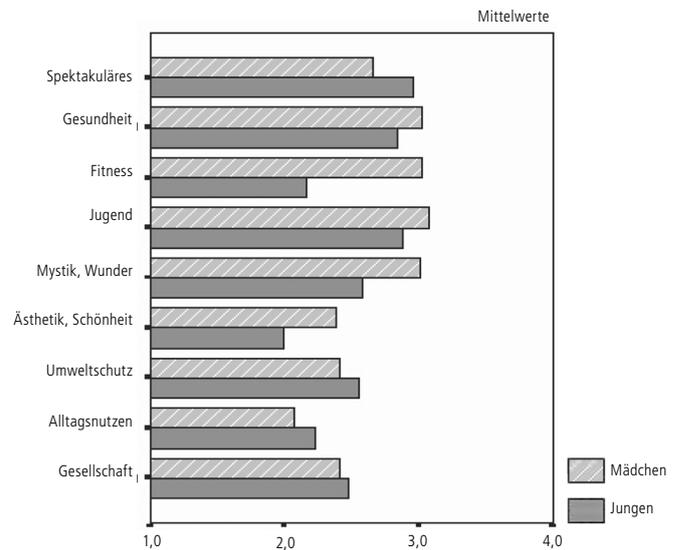


Abb. 3: Interesse von Mädchen und Buben an naturwissenschaftlichen Kontexten (Mittelwerte; 4-stufige Likert-Skala: 1: „nicht interessiert“ – 4: „sehr interessiert“)

Welche konkrete Themen und Fragestellungen verbergen sich hinter den Skalen?

Die 10 interessantesten und 10 uninteressantesten Themen aus Sicht der Mädchen und Buben sollen hier in Form eines Mittelwertrankings vorgestellt werden (Tabellen 2 und 3):

Tabelle 2:
Die 10 interessantesten Themen für Mädchen und Buben

Ranking der Mittelwerte (4-stufige Likert-Skala: 1 „nicht interessiert – 4 „sehr interessiert“)

	Was Mädchen interessiert	MW	Was Buben interessiert	MW
1	Warum wir im Schlaf träumen und was die Träume bedeuten könnten	3,5	Wie eine Atombombe funktioniert	3,3
2	Was wir über Krebs wissen und wie man ihn behandeln kann	3,4	Wie sich Schwerelosigkeit im All anfühlt	3,3
3	Wie man Erste Hilfe leisten kann und medizinische Ausrüstung benutzt	3,4	Schwarze Löcher, Supernovae und andere spektakuläre Phänomene im Weltall	3,2
4	Was wir über Aids/HIV wissen und wie die Verbreitung kontrolliert werden kann	3,4	Wie Computer funktionieren	3,2
5	Wie es sich anfühlt, schwerelos durch das All zu schweben	3,3	Phänomene, die Wissenschaftler bisher nicht erklären konnten	3,2
6	Wie unterschiedliche Drogen auf den Körper wirken	3,3	Wie Meteoriten, Kometen oder Asteroiden auf der Erde Katastrophen auslösen	3,2
7	Phänomene, die Wissenschaftler bisher nicht erklären konnten	3,3	Explosive Chemikalien	3,2
8	Wie Alkohol und Nikotin den Körper beeinflussen können	3,3	Wie unterschiedliche Drogen auf den Körper wirken	3,2
9	Wie man trainieren muss, um fit und gesund zu bleiben	3,3	Wie man Erste Hilfe leisten kann und medizinische Ausrüstung benutzt	3,1
10	Geschlechtskrankheiten, und wie man sich davor schützen kann	3,2	Sexualität und Fortpflanzung	3,1

Bei den Interessen der Mädchen fällt der starke Bezug zu humanbiologischen Inhalten auf (6 von 10 Items). Diese stehen in den Kontexten „Jugend“ (Item 4, 6, 10), „Gesundheit“ (Item 2, 3) und „Fitness“ (Item 9). Auffallend ist das hohe Interesse an Themen im Kontext „Mystik und Wunder“ (Item 1, 7).

Im Vergleich sind Buben stärker an den Inhalten der Physik und Technik (Item 1,4) und der Chemie (Item 7) interessiert. Auffallend ist hier das Interesse an Inhalten der Astrophysik (Item 2, 3, 6). Die Interessenskontexte unterscheiden sich von den Mädchen durch einen stärkeren Bezug zu Spektakulärem (Item 3, 6, 7). Ähnlich zwischen den Geschlechtern ist jedoch das Interesse an den Kontexten Gesundheit (bei Buben Item 9) und Jugend (bei Buben Item 8, 10).

Für Mädchen sind einige Inhalte der Botanik (Item 2, 6), Landwirtschaft (Item 7, 8), Chemie (Item 1, 2) und Physik (Item 4, 10) besonders uninteressant. Auffallend ist, dass das Item „Wie eine Atomkraftanlage funktioniert“ bei den Mädchen unter den 10 uninteressantesten Themen aufscheint, während es bei den Buben als interessantestes Thema auf Rang 1 platziert ist. Bei den Buben hingegen rangiert das Item „Essstörungen wie Magersucht und Bulimie“ unter den uninteressantesten Themen, während es bei den Mädchen unter den interessantesten Themen rangiert.

Tabelle 3:
Die 10 uninteressantesten Themen für Mädchen und Buben

– Ranking der Mittelwerte (4-stufige Likert-Skala: 1 „nicht interessiert“ – 4 „sehr interessiert“)

MW	Was Mädchen nicht interessiert	MW	Was Buben nicht interessiert	MW
1	Wie Rohöl zu Materialien, wie z.B. Plastik und Textilien verarbeitet wird	1,4	Symmetrien und Muster bei Blättern und Blumen	1,4
2	Symmetrien und Muster bei Blättern und Blumen	1,5	Eigenschaften von Lotionen und Cremes, welche die Haut jung erhalten	1,6
3	Berühmte Forscher/innen und ihre Leben	1,5	Berühmte Forscher/innen und ihre Leben	1,6
4	Wie Diesel- und Benzinmotoren funktionieren	1,6	Wie Pflanzen wachsen oder sich vermehren	1,8
5	Atome und Moleküle	1,8	Phänomene, die Wissenschaftler bisher nicht erklären konnten	1,8
6	Wie Pflanzen wachsen oder sich vermehren	1,7	Wie Rohöl zu Materialien, wie z.B. Plastik und Textilien verarbeitet wird	1,8
7	Wie man den Ernteertrag im Garten und Feld steigert	1,8	Plastische und kosmetische Chirurgie	1,9
8	Biologische und ökologische Landwirtschaft ohne Pestizide und Kunstdünger	1,8	Biologische und ökologische Landwirtschaft ohne Pestizide und Kunstdünger	1,9
9	Warum Naturwissenschaftler manchmal nicht gleicher Meinung sind	1,8	Essstörungen, wie Magersucht oder Bulimie	1,9
10	Wie eine Atomkraftanlage funktioniert	1,8	Pflanzen in meiner Umgebung	1,9

Haben sich die Interessen Jugendlicher an den Naturwissenschaften in den letzten Jahren verändert?

Leider lassen sich die Ergebnisse der ROSE-Erhebung nicht unmittelbar mit der vor zehn Jahren durchgeführte IPN-Interessensstudie [11] vergleichen, da die Items nicht identisch sind. Dennoch lässt sich ein Trend ablesen, der wie folgt zusammengefasst werden kann: Es fällt auf, dass das Interesse der Jugendlichen an humanbiologischen oder medizinischen Themen weiterhin hoch ist. Diese Themen lassen sich heute allerdings weiter differenzieren und drei Kontexten zuordnen: Kontexten mit speziellem Bezug zu Problemen Jugendlicher („Jugend-Kontexte“), Gesundheit und Fitness. Auffallend ist dabei, dass Buben weit geringer an „Fitness“ in Zusammenhang mit einem gesunden und starken Körper interessiert sind als Mädchen.

Neue Erkenntnisse bringt die ROSE-Erhebung im Zusammenhang mit den Kontexten Alltagsnutzen. Vor allem Mädchen sind hierin wenig interessiert (z.B. „Wie man Ernteerträge in Gartenbau und Landwirtschaft steigert.“)

Gesellschaftsrelevante Kontexte im Zusammenhang mit Bedrohungen und Gefahren für Mensch und Natur werden als

interessant eingestuft („Epidemien und Krankheiten, die viele Menschenleben fordern“; „Tornados, Hurrikans und Zyklone“), während Fragen der Nachhaltigkeit und des Umweltschutzes („der Treibhauseffekt und wie er durch Menschen beeinflusst wird“) im Vergleich zu früher weniger interessant sind.

Mädchen sind interessiert an Phänomenen, aber nicht so sehr an Kontexten der Ästhetik und Schönheit („warum wir den Regenbogen sehen können“) sondern vor allem an Wunder und Mystik („Astrologie und Horoskope und ob die Planeten Einfluss auf den Menschen haben“). Leider sind derartige Items bei der IPN-Interessenserhebung vor zehn Jahren nicht erhoben worden, es sind also keine Vergleichsdaten vorhanden. Buben sind interessiert an Spektakulärem und an Horror („Explosive Chemikalien“; „die Auswirkung von Elektroschocks auf den menschlichen Körper“). Sie sind interessierter an technischen Errungenschaften („Entdeckungen und Erfindungen, die die Welt verändert haben“) und an moderner Technologie („wie Computer funktionieren“; „wie Mobiltelefone Botschaften senden und empfangen können“) als Mädchen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der heutige Jugendliche vor allem an den Kontexten Gesundheit, Fitness, Mystik und Spektakuläres interessiert ist. Darüber hinaus lassen sich Kontexte mit speziellem Bezug zu den Problemen Jugendlicher identifizieren, die für beide Geschlechter gleichermaßen interessant sind.

Vergleich mit den Ergebnissen aus anderen Ländern

Die Ergebnisse der ROSE-Erhebung in Deutschland und Österreich decken sich im Hinblick auf die naturwissenschaftlichen Interessen im Wesentlichen mit den Ergebnissen anderer europäischer Länder [15, 16]. So sind jeweils 7 der deutschen Items auch in den Ranglisten der Top 10 der englischen Mädchen [15] und der schwedischen Mädchen [16] vertreten, auch wenn die Reihung unterschiedlich ist.

„Why we dream while we are sleeping and what the dreams may mean“ bzw. „warum wir im Schlaf träumen und was die Träume bedeuten könnten“ ist allerdings in allen drei Ländern an erster Stelle gereiht.

Das Interesse der Mädchen in Zusammenhang mit Körper und Krankheiten deckt sich mit Untersuchungen von Finke [17], der ein spezielles Interesse der Mädchen an Humanbiologie, Gesundheit und Ernährung nachweisen konnte.

Die Top 10 der englischen, schwedischen und deutschen bzw. österreichischen männlichen Jugendlichen beinhalten Spektakuläres und Technik. Dazu gehört u.a. die Atombombe, explosive Chemikalien, Schwerelosigkeit und der Computer. Diese Ergebnisse stützen das von Taber [18] identifizierte starke Interesse männlicher Jugendlicher an Waffen, gefährlichen Objekten und spektakulären Phänomenen.

Mädchen zeigen auch in anderen Ländern nur geringes Interesse an Botanik und Landwirtschaft („wie Pflanzen wachsen und sich vermehren“; „Symmetrien und Muster bei Blättern und Blüten“). Auch das Leben berühmter Naturwissenschaftler/innen, die Verarbeitung von Rohöl oder Technik und Technologien („wie Diesel- und Benzinmotoren funktionieren“; „wie eine Atomkraftanlage funktioniert“) stößt auf geringes Interesse.

Männliche Jugendliche aus England, Schweden, Deutschland und Österreich sind sich einig in ihrer Ablehnung von Pflanzen und Botanik. Das wird auch durch Kögel et al. [19] bestätigt, die belegen, dass das Interesse an Pflanzenhaltung und Pflanzen in der Natur in den Jahrgängen 9-10 als gering eingeschätzt wird. Auch das Leben berühmter Naturwissenschaftler/innen und die Wirkung von Reinigungsmitteln interessiert männliche Jugendliche dieses Alters nur wenig. Typisch für die männliche Jugend in deutschsprachigen Ländern ist auch deren Ablehnung von Themen im Zusammenhang mit Kosmetik und Essstörungen.

Schlussfolgerungen

Wie bereits in der Einleitung erwähnt ist das Interesse Jugendlicher ein ausschlaggebender Faktor für den Lernprozess [5]. Wenn der Lerner interessiert ist, dann stellt er eine vertiefte Beziehung zum Gegenstand des Lernens herstellt. Das wiederum ermöglicht die Entwicklung von Wissen und Kompetenzen in neuen Situationen (Transfer). Ob Jugendliche sich für ein Unterrichtsthema interessieren, hängt nicht nur individuellen sondern auch von situationalen Faktoren ab. Interesse kann in einer spezifischen Situation durch catch-Komponenten wie Experimente, Einsatz lebender Organismen, Arbeit am Computer oder Gruppenarbeit erregt werden [20]. Um das Interesse aufrechtzuerhalten, sind jedoch hold-Komponenten wie meaningfulness und involvement notwendig [20]. Daher ist es sinnvoll, für Jugendliche bedeutsame Inhalte in den Unterricht zu integrieren. Auch wenn Lehrer(innen) nicht beeinflussen können, mit welchen Interessen Schülerinnen und Schüler in den Unterricht kommen, haben sie durchaus Einfluss darauf, mit welchen Interessen Jugendliche die Schule verlassen [20].

Die Ergebnisse der ROSE-Studie identifizieren typische Jugendkontexte, die für die Heranwachsenden von hoher Relevanz sind. Sie zeigen Unterschiede zwischen den Geschlechtern auf und weisen spezifische Interessen aus.

Es ist eine Tatsache, dass Buben und Mädchen unterschiedliche Interessen und Alltagserfahrungen haben. Kennzeichnend für die jungen Menschen ist ihr Streben nach Identität, persönlicher Bedeutung und Selbstverwirklichung. Sie wollen ausdrücken, wer sie sind, und sie sind sehr damit beschäftigt, ihre Identität aufzubauen. Und natürlich haben Buben und Mädchen unterschiedliche Vorstellungen davon, wie sie ihre Identität ausdrücken wollen. Das sollten Lehrkräfte berücksichtigen und ihren Fachunterricht vor allem der Physik und Chemie derart planen, dass er sowohl für die Lebenswelt der Mädchen als auch für die der Buben sinn-

voll und relevant ist [2, 15]. Bestimmte Themen sollten geschlechtsspezifisch aufgearbeitet werden, so dass es weder zu einer Benachteiligung der Buben noch der Mädchen kommt. In diesem Zusammenhang ist es aber auch wichtig anzumerken, dass die ROSE-Ergebnisse zwar repräsentativ sind

aber dennoch nicht generalisiert werden sollten. Sie reflektieren lediglich den derzeitigen Trend der Interessen und Erfahrungen Jugendlicher und sie geben inhaltliche Informationen über die Einstellungen jener Generation, die am Tor zur Welt der Erwachsenen steht.

Literatur

- [1] Black, P. & Atkin, J.M. (1996). *Changing the Subject: Innovations in Science, Mathematics and Technology Education*. London: Routledge in association with OECD.
- [2] Hoffmann, L., & Lehrke, M. (1986). Die Untersuchung über Schülerinteressen in Physik und Technik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 32, 189-204.
- [3] Elster, D. (2005). Was macht naturwissenschaftlichen Unterricht für Mädchen und für Buben interessant? In Österreichisches Zentrum für Begabtenförderung und Begabtenforschung (Hrsg.), *Die Forscher/innen von morgen*. Kongressband des 4. internationalen Begabtenkongresses in Salzburg. Innsbruck: Studienverlag
- [4] Duit, R. (1997). Die Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts – Ansprüche und Wirklichkeit. *Wien: Plus Lucis* 97/1 3-11
- [5] Krapp, A. (1998). Psychologische Bedingungen naturwissenschaftlichen Lernens: Untersuchungsansätze und Befunde zur Motivation und zum Interesse. In R. Duit et al. (Hrsg.) *Lernen in den Naturwissenschaften*. Kiel: IPN
- [6] Löwe, B. (1987). *Biologieunterricht und Schülerinteresse an Biologie*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- [7] Schreiner, C. & Sjøberg, S. (2004). *The Relevance of Science Education. Sowing the Seed of ROSE*. Oslo: Acta Didactica.
- [8] Deci, E. & Ryan, R. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik* 39, 223-228.
- [9] National Science Foundation (2004). National Science Board. [verfügbar über: <http://www.nsf.gov/statistics/seind04/>]
- [10] Sjøberg, S. (2000). *The SAS-Study. Cross-cultural evidence and perspectives on pupils' interests, experiences and perceptions*. [verfügbar über: <http://folk.uio.no/sveins/SASweb.htm>]
- [11] Hoffmann, L., Häußler, P., Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessensstudie Physik*. IPN 158. Kiel: IPN
- [12] Häußler, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W., Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung - Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN
- [13] Osborne, J. et al (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079
- [14] EU (2001). Eurobarometer 55.2. Europeans, Science and Technology. [verfügbar über: http://europa.eu.int/comm/public_opinion/index_en.htm]
- [15] Jenkins, E.W. & Nelson, N.W. (2005). Important but not for me: students' attitudes towards secondary school science in England. *Research in Science and Technology Education* 23 (1), 41-57.
- [16] Jidesjö, A. & Oscarsson, M. (2004). Students' attitudes to science and technology. First results from the ROSE-project in Sweden. Paper presented at the IOSTE conference in Lublin, Poland.
- [17] Finke, E. (1998). *Interesse an Humanbiologie und Umweltschutz in der Sekundarstufe I. Empirische Untersuchung zur altersbezogenen Veränderungen und Anregungsfaktoren*. Hamburg: Kovac.
- [18] Taber, K. (1991). Gender Differences in Science Preferences on Starting Secondary School. *Research in Science & Technology Education* 9 (2), 245-252
- [19] Kögel, A., Regel, M., Gelheer, K.-H. & Klepel, G. (2000). Biologieinteressen der Schüler. Erste Ergebnisse einer Interviewstudie. In: H. Bayrhuber & U. Unterbruner (Eds.), *Lehren und Lernen im Biologieunterricht*. Innsbruck: Studien-Verlag, 32-45.
- [20] Mitchell, M. (1993). Situational Interest: Its Multifaceted Structure in the Secondary School Mathematics Classroom. *Journal of Educational Psychology* 85 (3), 424-436.

Vom linearen Kraftgesetz zur Nanomechanik von Biomolekülen

Komplexität und Kreativität zum Begreifen

Manfred Euler

*„If everything were linear, nothing would influence nothing.“
Albert Einstein*

Zusammenfassung

Im Wechselspiel von Experimentieren und Modellieren erschließen wir Wirklichkeit. Von schönen Experimenten ebenso wie von tragfähigen Modellen erwarten wir in der Lehre, dass sie in besonderer Weise Einsichten befördern, zu kreativen mentalen Prozessen und zu produktiven Handlungen der Lernenden anregen. Im vorliegenden Beitrag geht es darum, derartige schöpferische Wandlungen anhand von mechanischen Zugexperimenten anzustoßen. Dazu wird ein Schülerprojekt beschrieben, das unter Nutzung von Komponenten aus dem Low-Cost-Bereich ein computergestütztes Spannungs-Dehnungs-Messsystem konstruiert. Energetische und entropische Mechanismen der Elastizität werden damit untersucht und anhand von Modellexperimenten mit verdrehten Gummibändern veranschaulicht. Der spielerische Umgang mit diesem Material macht abstrakte Ideen begreifbar, die eine zentrale Rolle bei der molekularen Nanomechanik und der Entfaltung komplexer Eigenschaften von Biomolekülen spielen. Die vorgestellten experimentellen Projekte schlagen eine Brücke zwischen klassischen Gegenständen der Schulphysik und aktuellen und interessanten Themen aus Material-, Nano- und Biowissenschaft.

„Ceiiinossstuv“: ein einfaches Gesetz und mehr

In der Festigkeit von Stoffen werden atomare und molekulare Eigenschaften makroskopisch manifest. So gesehen eröffnet unser mechanischer Tastsinn ein Tor zum Mikrokosmos. Der Weg von Kräften und ihren verformenden Wirkungen zu mikroskopischen Modellen der elastischen Eigenschaften von Stoffen soll im Folgenden besprochen werden. Er startet beim Hooke'schen Gesetz. Dieser Prototyp eines linearen Zusammenhangs zweier physikalischer Größen wird üblicherweise im Physikunterricht anhand der Kraft-Dehnungsbeziehung bei elastischen Schraubenfedern eingeführt und später im Rahmen der Elastizitätstheorie fester Körper weiter vertieft.

Univ. Prof. Dr. Manfred Euler leitet am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN), Kiel, die Abteilung Didaktik der Physik

Interessanterweise hat Hooke das nach ihm benannte Gesetz in einem Artikel, der 1675 erschienen ist, zunächst als unverständliches Anagramm publiziert. In einem Abschnitt mit der Überschrift „zur wahren Theorie der Federkraft“ verkündet er es in lateinischer Sprache in der folgenden kryptischen Form:

„Ceiiinossstuv“.

Er wählt diese früher häufiger benutzte Form der Verschleierung, um seine Priorität zu sichern. Möglicherweise ist er sich seiner Sache noch nicht völlig sicher und benötigt weitere Evidenzen, um seine Behauptung zu stützen. Erst drei Jahre später, nachdem er Messungen an verschiedenen Federtypen (Schrauben- und Spiralfedern) und dünnen Drähten durchgeführt hat, gibt er endlich die Lösung des Rätsels bekannt [1]:

„Ut tensio sic vis“

Frei übersetzt: *Die Kraft verhält sich wie die Spannung (Auslenkung) der Feder.* Heute kennt (fast) jeder Mittelstufenschüler den Zusammenhang zwischen dem Betrag der Federkraft F und der Auslenkung s in der Form:

$$F = Ds.$$

Auf den ersten Blick erscheint die Thematik des linearen Kraftgesetzes als weitgehend „ausgereizt“ und nur wenig attraktiv. Mechanische Eigenschaften von Materialien sind zwar technisch wichtig, doch sie gelten gemeinhin nicht als ein Gegenstand, bei dem spontan ein breites Interesse „aufblitzt“. Wie so häufig trägt auch hier der Schein: Bettet man das Thema in breitere Kontexte ein, so erschließen sich neue und überraschende Perspektiven. Im vorliegenden Fall sind dies Bezüge zur Untersuchung und Modellierung der mechanischen Eigenschaften biologischer Stoffe, die einerseits ein besseres Verständnis der molekularen Biomechanik erlauben und andererseits zu produktiven Ideen beim Design neuer Materialien inspirieren. Auf einer Metaebene regt die Mechanik dieser „kreativen“ molekularen Wandlungsprozesse zur Reflexion darüber an, wie Komplexes aus Einfachem entstehen kann.

Modelle elastischer Kräfte: Energie- und Entropiefedern

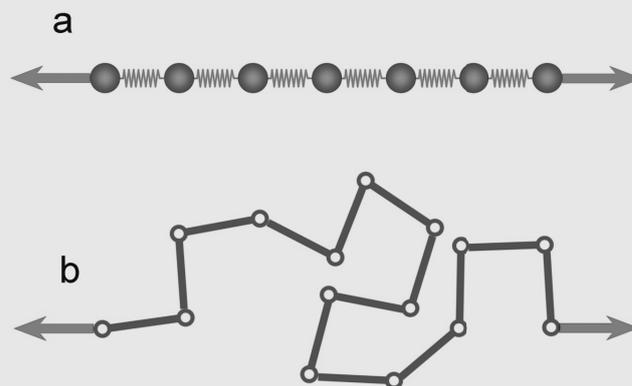
Der Fortschritt in der Materialwissenschaft und insbesondere auch unser wachsendes Verständnis der Eigenschaften von Biomaterialien machen es erforderlich, das Thema Elastizität breiter anzugehen als bisher üblich. Die konventionelle Behandlung des linearen Kraftgesetzes und der Elastizität fester Körper in Physik-Lehrbüchern der Schule, aber auch der Hochschule ist insofern problematisch, als sie einseitige Modellvorstellungen begünstigt (vgl. z.B. [2,3]). Fragt man Studierende der Physik danach, wie elastische rücktreibende Kräfte bei der Verformung fester Körper zustande kommen, so führen sie diese nahezu unisono einzig auf eine Anspannung von Bindungskräften zwischen den Teilchen zurück. Eine solche Sicht der mikroskopischen Prozesse entspricht einem „Energiefeder-Modell“.

Daneben gibt es weitere molekulare Mechanismen, die bei der elastischen Verformung eine Rolle spielen. Diese kann man plakativ als „Entropiefedern“ bezeichnen. Die entropische Elastizität ist vor allem bei Materialien wie Gummi oder Kunststoffen bedeutsam, die aus langen Molekülketten aufgebaut sind (Polymere und Elastomere). Dazu gehören auch Biopolymere wie beispielsweise das Kollagen, das bei der Festigkeit von Haut oder Sehnen eine wichtige Rolle spielt. Erst das Zusammenspiel von energetischen und entropischen Prozessen führt zu einem umfassenden Bild, welches das komplexe mechanische Verhalten von vielen biologisch und technisch relevanten Stoffen adäquat beschreibt. Das elastische Verhalten ist letztlich ein Produkt von Ordnung und Unordnung, von Bindungskräften und thermisch getriebenem molekularem Chaos. Kasten 1 zeigt einfache Modelle für die energetische und entropische Elastizität.

Bei der „Energiefeder“ geht die beim Spannen des Materials verrichtete Verformungsarbeit in ein Anspannen der Bindungen und damit in eine Erhöhung der inneren Energie. Die elastischen Rückstellkräfte kristalliner Festkörper lassen sich im Rahmen der Gittertheorie von Festkörpern beschreiben. Die Atome sind an Gleichgewichtslagen gebunden, die ein regelmäßiges Gitter bilden. Für kleine Störungen ist die harmonische Näherung gültig: Die rücktreibenden Kräfte nehmen linear mit der Auslenkung zu. Die elastische Verformung des Gitters lässt sich durch Bindungskräfte veranschaulichen, die wie mikroskopische Hooke'sche Federn zwischen den Teilchen wirken. Bei höheren Spannungen kommen Nichtlinearitäten ins Spiel. Schließlich treten atomare Umordnungsprozesse auf, die zu irreversiblen Veränderungen führen (z.B. Gleiten von Gitterebenen, Entstehen von Fehlstellen, Versetzungen).

Die Elastizität von langkettigen Polymeren beruht auf dem Prinzip der „Entropiefeder“. Die Wärmebewegung sorgt dafür, dass die Molekülketten „verknäueln“ sind. Eine unregelmäßig gefaltete Konfiguration des Moleküls hat viel mehr Realisierungsmöglichkeiten. Sie ist daher wahrscheinlicher als eine gestreckte, längere Anordnung. Beim Strecken treiben äußere Kräfte das Molekül von einem wahrscheinlicheren in einen unwahrscheinlicheren Zustand.

Kasten 1: Energetische und entropische Elastizität



Modell einer Energiefeder (a) und Entropiefeder (b)

Kräfte (hellgraue Pfeile), die einen gewöhnlichen Festkörper verformen, verändern die inneratomaren Abstände. Es wirken rücktreibende Kräfte, die für kleine Verformungen proportional zur Auslenkung der Atome aus der Ruhelage sind. In Bild a) sind diese Bindungskräfte als kleine Federn symbolisiert. Die beim Dehnen aufgewandte Arbeit geht in das Anspannen der Bindungen und damit in eine Erhöhung der inneren Energie. Das Material wirkt als Energiefeder. Die Elastizität von Polymeren beruht dagegen auf einem entropischen Prozess. Die Wärmebewegung sorgt für eine unregelmäßige, sich dauernd wandelnde Form der Polymerkette. Eine Momentaufnahme ist in Bild b) bei einem einfachen Polymermodell dargestellt, das aus starren, mit Gelenken verbundenen Molekülabschnitten besteht. Die Rotation um die Gelenke soll kräftefrei erfolgen. Wird das Molekül durch äußere Kräfte gestreckt, geht es in eine weniger wahrscheinliche Konfiguration über. Obwohl dabei keine Bindungen gespannt werden, wirken rücktreibende Kräfte. Das Molekül wirkt als Entropiefeder. Die entropische Kraft resultiert aus der Tendenz, die wahrscheinlichere Konfiguration einzunehmen, die durch eine größere Zahl von Realisationsmöglichkeiten gekennzeichnet ist. Beim Dehnen wird die Entropie erniedrigt.

Die Entropie der Molekülkette wird dabei vermindert. Dafür ist Arbeit erforderlich, obwohl wegen der freien Beweglichkeit der Kettenglieder keine Bindungskräfte betätigt werden. Bei mechanischen Verformungen „spüren“ wir somit je nach Material und Stärke der Verformung im allgemeinen sowohl energetische als auch entropische Effekte.

Spüre und messe die Kraft: ein computergestütztes Extensometer

Nach diesen orientierenden qualitativen Vorüberlegungen nun zum Schülerprojekt. Mit der Verfügbarkeit von preisgünstigen Komponenten aus dem Computerinterface- und Sensorik-Bereich ist der Bau eines einfachen computergestützten Extensometers leicht realisierbar, das für eine Vielzahl interessanter Messungen eingesetzt werden kann. Zur Längenbestimmung des zu dehrenden Körpers dient ein Grafiktablett. Sein Einsatz als Positionssensor im Bereich der Kinematik und Dynamik wurde bereits beschrieben [4,5]. Die Messung der Zugspannung erfolgt über einen Kraftsensor, der von den Projektteilnehmern selbst angefertigt werden kann. Er besteht aus einem elastischen Balken (glasfaserverstärktes Pertinax aus Elektronik-Platinen). Die

zur einwirkenden Kraft proportionale Verbiegung wird über einen aufgeklebten Dehnungsmessstreifen elektronisch ermittelt (Bild 1). Je nach Abmessungen der Blattfeder lassen sich Kraftsensoren mit unterschiedlichen Empfindlichkeitsbereichen herstellen.



Bild 1: Kraft-Dehnungsmessung an einem verdrehten Gummiband mit Low-Cost-Komponenten (Grafiktablett und Dehnungsmessstreifen).

Das Messobjekt (bevorzugt in Form von Drähten, Bändern) wird am Kraftsensor und am Stift des Grafiktablets befestigt. Der Messvorgang ist denkbar einfach: Man bewegt den Stift gleichmäßig über das Grafiktablett (am besten entlang eines Lineals) und spannt so das Messobjekt. Die Versuchsperson spürt dabei unmittelbar die zum Ziehen erforderliche Kraft. Zugleich wird die Kraft vom Sensor registriert und vom Computer zusammen mit der Dehnung aufgezeichnet. Die Auswertungssoftware stellt das Auslenkungs-Kraft-Diagramm grafisch dar. Die Messwerte können darüber hinaus als Excel-Datei exportiert und unter der Nutzung geeigneter Computer-Werkzeuge von den Projektteilnehmern weiter verarbeitet werden.

In Bild 2 sind in der Dehnung eines Metalldrahts und eines Gummibands zwei repräsentative Beispiele für energetische und entropische Elastizität gezeigt. Die Kraft-Dehnungsgraphen eines 1,2 m langen dünnen Metalldrahts beginnen linear und gehen in ein nur noch schwach ansteigendes Plateau über (Bild 2a). Eine Dehnung über die Elastizitätsgrenze hinaus führt zu einer plastischen Verformung, die den Draht verlängert. Nach Entlastung hat sich der Nullpunkt

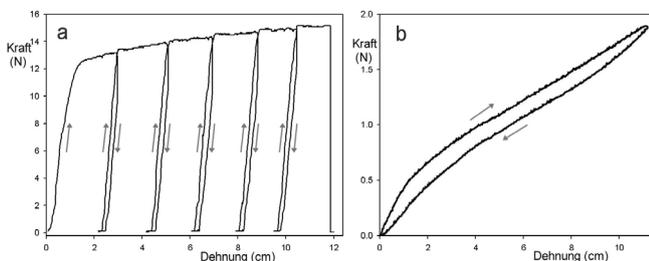


Bild 2: Kraft-Dehnungsmessung an einem dünnen Metalldraht (a) und einem Haushaltsgummiband (b)

verschoben. Die Messung zeigt mehrere solcher Belastungs-Entlastungszyklen mit einer schrittweisen Zunahme der maximalen Zugkraft und der plastischen Verformung bis der Draht schließlich reißt.

Auch das Gummiband zeigt bei kleiner Spannung einen linearen Zusammenhang zwischen Dehnung und Kraft. Das Material kann auf mehrere hundert Prozent seiner Länge gedehnt werden, bevor es zerreißt (Bild 2b). Im Gegensatz zu dem Metalldraht kann es sich bei nachlassender Spannung wieder auf seine ursprüngliche Länge zusammenziehen, ohne dass eine plastische Verformung zurückbleibt. Allerdings kommt es zu einer Hysterese. Die Kraft beim Anspannen ist größer als beim Entspannen. Ein Teil der mechanischen Arbeit, die während der Expansion verrichtet wurde, wird in Wärme gewandelt. Die Fläche der Hysterese hängt davon ab, wie schnell der Be- und Entlastungszyklus durchlaufen wird.

Für eine weitergehende Diskussion der Ergebnisse sei auf die einschlägigen Lehrbücher verwiesen (vgl. z.B. [6]). Nur soviel sei zur entropischen Elastizität des Gummis angemerkt: Das Material besteht aus Polymerketten, die durch den Vulkanisierungsprozess miteinander vernetzt sind. Mittels statistischer Mechanik lässt sich zeigen, dass auch für die entropische Elastizität des Gummis das Hooke'sche Gesetz für kleine Auslenkungen gilt [7].

Von „Hands-On“ zu „Minds-On“: kreatives Experimentieren

Das vorgestellte Experiment erlaubt eine quantitative Erweiterung unserer unmittelbaren „händigen“ Erfahrung des elastischen Verhaltens beim Befühlen bzw. Ziehen von Stoffen. Es nutzt „high-tech“ Komponenten um damit eine Lernumgebung mit „high-teach“ Potenzial zu gestalten. Sein pädagogischer Charme besteht in der Verbindung von „hands-on“ und „minds-on“ Komponenten: Die konkrete mechanische Erfahrung von Kräften wird mit einer grafischen Darstellung der Zugkurven verknüpft. Das Experiment regt zu vielfältigen weiterführenden Untersuchungen, zur Modellierung der gemessenen Daten und zur Anwendung des gewonnenen Wissens an. Es kann sowohl für Demonstrationszwecke als auch zur Projektarbeit und sogar als Heimexperiment genutzt werden.

Die Experimente sind geeignet, die zu unrecht als trocken geltende Mechanik und Materialwissenschaft den Lernenden näher zu bringen. Die Untersuchung der mechanischen Eigenschaften von Alltagsmaterialien wie Garnfäden, Verpackungsfolien, Klebstoffen, Kaugummi ermöglicht neue Einsichten. Der Phantasie, dem kreativen Forscherdrang und der produktiven Experimentierkunst sind kaum Grenzen gesetzt. Fragen aus unterschiedlichen Bereichen der Lebenswelt, eine geeignete Mischung von authentischen Problemen aus Natur und Technik, die in dieser Spannweite Schülerinnen und Schüler gleichermaßen interessieren, lassen sich in interessanten Projekten experimentell bearbeiten. Wichtig ist es, diese Projekte mit weiterführenden Fragestellungen und Herausforderungen zum Beispiel aus dem Bereich der Anwendung, der Konstruktion und des Designs zu verbinden. Hier einige Vorschläge:

- Wann zerreißt ein Stahlseil? Gibt es Materialien, die noch fester als Stahl sind?

- Welchen Einfluss hat die Temperatur auf das mechanische Verhalten von Kunststoffen? Wie und durch welche weiteren Umwelteinflüsse altern diese?
- Wie viele Haare benötigt Münchhausen, damit man ihn daran aus dem Wasser ziehen kann? Was ist elastischer – trockenes oder feuchtes Haar?
- Welche Kräfte halten Spinnenfäden aus? Wie gut ist die Spannungs-Dehnungskurve der Spinnenseide ihrer biologischen Funktion angepasst?
- Wie fest sind Klebstoffverbindungen? Wovon hängt das Klebevermögen ab?
- Wie dick muss ein Seil für Bungee-Sprünge sein, damit man sich ihm getrost anvertrauen kann?
- Wie muss man Knautschzonen von Kraftfahrzeugen konstruieren, damit sie möglichst gleichmäßig ohne große Kraftspitzen verzögern?

Unter den genannten Themen ist beispielsweise das Spinnenfaden-Projekt ein höchst faszinierendes und zukunfts-trächtiges Forschungsfeld. Die außerordentlich widerstandsfähige, reißfeste und umweltfreundliche Spinnenseide beflügelt derzeit die Phantasie von Biologen und Materialwissenschaftlern. Ein Ziel ist es, nach dem biologischen Vorbild technisch nutzbare Produkte herzustellen (Allgemeiner Forschungskontext: biomimetische Materialien).

Wege in die Nanowelt: Zugexperimente und atomare Kraftspektroskopie

In der Rasterkraftmikroskopie haben Kraftmessungen und Zugexperimente atomare Dimensionen erreicht. Die Methode ist zu einer nahezu unglaublichen Empfindlichkeit vorgedrungen und hat der Nanowissenschaft zu einem enormen Aufschwung verholfen. Mit diesen und anderen neuen Werkzeugen ergeben sich faszinierende Möglichkeiten, molekulare Systeme im Nanometerbereich zu untersuchen. Die Sonde eines Rasterkraftmikroskops (AFM, atomic force microscope) besteht aus einem aus Silizium geätzten elastischen Mikrobalken, an dem eine feine Spitze angebracht ist. Kräfte, die auf die Sondenspitze einwirken, verbiegen die winzige Blattfeder. Ihre Durchbiegung wird optisch mit einem Lichtzeiger gemessen. Auf diese Weise lassen sich Kräfte bis in den Pikonewton-Bereich (10-12 Newton) erfassen (Bild 3).

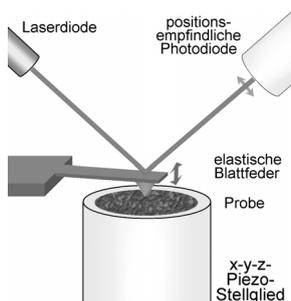


Bild 3:
Die Kraftmessung im Rasterkraftmikroskop (AFM) beruht auf der elastischen Verbiegung eines Mikrobalkens, die über einen Lichtzeiger vergrößert und mittels einer positionsempfindlichen Photodiode registriert wird.

Neben der Abtastung der zweidimensionalen Kraftverteilung an Oberflächen erlaubt die AFM-Sonde auch Kraft-Dehnungs-Messungen an Einzelmolekülen. Diese Betriebsart des AFM heißt Kraftspektroskopie.

Das vorliegende Zugexperiment lässt sich sehr gut nutzen, um per Analogie die Möglichkeiten dieses faszinierenden Verfahrens zur Untersuchung der Mechanik von Biomolekülen zu veranschaulichen. Wir beschränken uns auf die Betrachtung der Faltung von Proteinen, einer Stoffgruppe, die auf vielfältigste Weisen an allen Lebensvorgängen beteiligt ist.

Lange Zeit hat man Leben als einen besonderen Zustand der Materie aufgefasst: Totem Stoff wird auf magische Weise eine geheimnisvolle Lebenskraft „eingehaucht“. Heute sieht man die Ausgangsbasis für Lebensprozesse in komplex strukturierter Materie, die sich in offenen Systemen fern vom thermischen Gleichgewicht selbst organisiert und dabei vielfältige neue Eigenschaften entwickelt (für Modell-experimente zur Selbstorganisation vgl. [8,9]). Eine zentrale Rolle spielt die Proteinfaltung: „Passive“ Materie wandelt sich dabei zu komplexen, adaptiven molekularen Systemen, die als Nanomaschinen vielfältige Funktionen im lebenden Organismus erfüllen [10]. Diese komplexen Transformationsprozesse stellen selbst für eingefleischte Reduktionisten ein kleines Wunder molekularer Selbstorganisation dar (Kasten 2).

Kraftspektroskopie: Komplexität von Proteinen fühlen

Die Mechanik derartiger Faltungs- und Entfaltungsprozesse ist an Titin-Molekülen mit AFM genauer untersucht worden [11]. Titin ist ein hoch elastisches Riesenprotein, das für

die passive Elastizität von Muskeln bedeutsam ist. Titin-Moleküle, die auf einer Gold-Oberfläche haften, werden mit der Spitze eines Kraftmikroskops in Kontakt gebracht, sodass einzelne Moleküle an der Sonde adsorbieren. Dann wird die Spitze zurückgezogen und das adsorbierte Molekül wird gedehnt. Dabei wird die Kraft in Abhängigkeit von der Dehnung registriert.

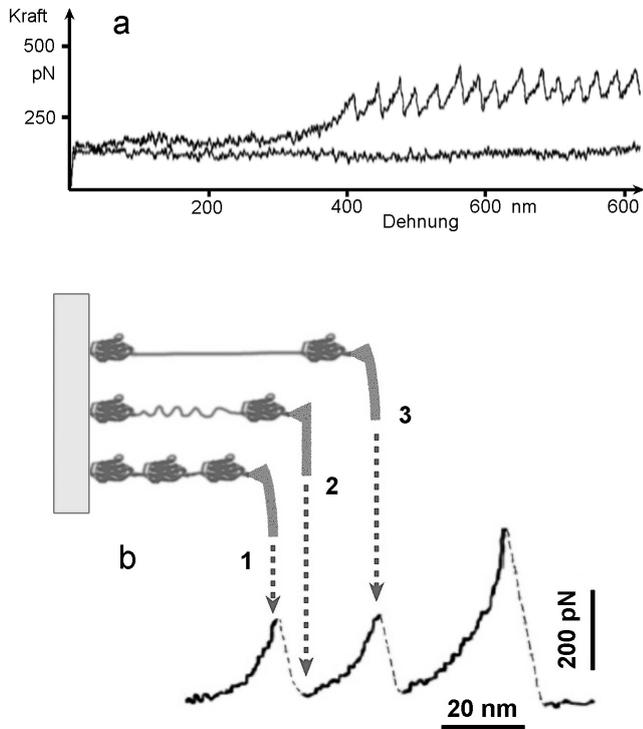


Bild 4:
a) Kraft-Dehnungs-Verlauf bei Titin.
b) Schematischer Zusammenhang zwischen Kraftspitzen und der Entfaltung einzelner Ig-Domänen im Rasterkraftmikroskop (nach [11]).

Bild 4a) zeigt eine nichtlineare Kraft-Dehnungskurve mit einem typischen sägezahnartigen Muster. Die Kraft steigt zunächst beim Dehnen an und fällt danach wieder ab, obwohl das Molekül weiter gedehnt wird. Der Vorgang wiederholt sich vielfach.

Titin besteht aus zahlreichen Sequenzen eines globulären Proteins, dem Immunglobulin (Ig). Es liegt daher nahe, die einzelnen Kraftspitzen mit dem sukzessiven Entfalten von einzelnen Ig-Abschnitten in Beziehung zu setzen. Diese Hypothese konnte mit speziell präparierten Molekülen, die nur aus vier oder acht Ig-Abschnitten bestehen, erfolgreich getestet werden. Nie ergaben sich mehr als vier bzw. acht Kraftpeaks. In Bild 4b) werden die Entfaltung eines einzelnen Ig-Abschnitts und die zugehörige Kraft-Dehnungskurve schematisch gezeigt. Bevor ein Abschnitt sich entfaltet, steigt die Kraft an. Nach der Entfaltung geht sie sprunghaft zurück. Das Molekül wird bei jedem dieser Ereignisse um circa 25 nm verlängert. Die Entfaltung ist reversibel. Bei einer vollständigen Entlastung faltet sich die Ig-Domäne erneut.

Bei der Dehnung des Titins werden die einzelnen Ig-Abschnitte beginnend mit dem schwächsten Glied in der Kette entfaltet. Trotz fortschreitender Verlängerung des Moleküls sinkt die Kraft immer wieder ab. Auf diese Weise lässt sich das Protein abschnittsweise dehnen, ohne dass die Bindungen des Polypeptidgerüsts der Kette aufbrechen. Unter mechanischer Anspannung arbeitet Titin ähnlich wie ein molekularer Sicherheitsgurt oder Stoßdämpfer. Das Material ist superelastisch; einzelne Moleküle können bis zu mehr als dem Vierfachen ihrer Länge gedehnt werden ohne zu zerreißen. Diese Superelastizität auf molekularer Ebene trägt offenbar wesentlich dazu bei, dass Muskelfasern hohen mechanischen Spitzenbelastungen widerstehen können.

Titin in unseren Muskeln reagiert auf mechanische Anspannung völlig anders, als wir es im Umgang mit stählernen Schraubenfedern und anderen elastischen Materialien unserer Alltagswelt gewohnt sind. Das Molekül wirkt wie eine höchst paradoxe Feder, die bei zunehmender Verlängerung immer wieder ganz weich wird [12]. Bild 5 visualisiert die Idee einer seltsamen Feder, die aus einzelnen nichtlinear reagierenden Federelementen besteht (dargestellt als gefaltete Ig-Abschnitte). Energetische und entropische Elastizität wirken zusammen. Beim Titin sind viele Entropiefedern in den Ig-Domänen hintereinander geschaltet. Sie tragen dazu bei, dass die Energiefedern, d.h. die chemischen Bindungen der Polypeptidkette, erst bei großen Dehnungen beansprucht werden.

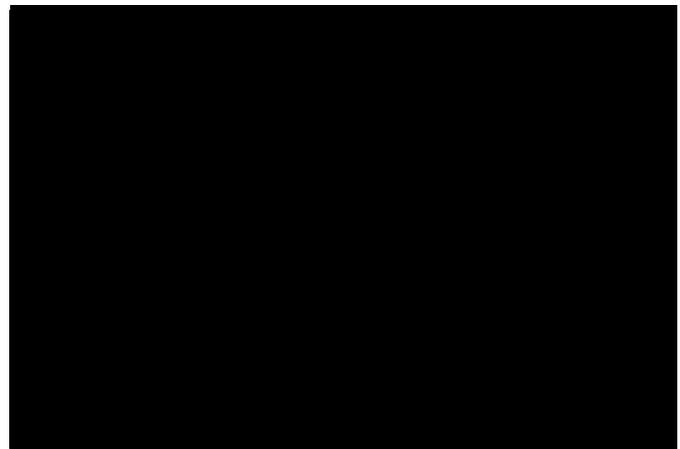


Bild 5: Titin in unseren Muskeln: eine seltsame Feder

Proteinfaltung begreifen: ein Küchenexperiment

Inwieweit ist es möglich, die Kraftspektroskopie von Biomolekülen und die Eigenschaften von Entropiefedern besser „begreifbar“ zu machen und in der konkreten Erfahrung zu verankern? Kann man die Karikatur in Bild 5 wörtlich nehmen und mit Muskelkräften die Eigenschaften seltsamer Federn untersuchen, die umgekehrt wiederum als Modelle für die Elastizität unserer eigenen Muskeln dienen können? Hier hilft ein Freihand-Küchenexperiment weiter.

Man nehme einen gewöhnlichen Haushalts-Gummiring und dehne ihn auf eine gewisse Länge. Dann verdrille

man den langgestreckten Ring mehrere Dutzend Male. Das entstehende schraubenförmig gewundene Band wird nun unter Beibehaltung der Verdrillung verkürzt. Bei gewissen kritischen Längen des Bandes entstehen spontan neue schleifenartige Objekte. Bei kompletter Entspannung wird schließlich das Band zu einem knäuelartigen dreidimensionalen Gebilde gefaltet. Beim erneuten Anspannen des Bandes werden die Knäuel nacheinander entwirrt, die Strukturen verschwinden und die lineare verdrillte Kette wird wiederhergestellt.

Das Modell des verdrillten Gummibands macht einige Aspekte der Proteinfaltung qualitativ und nahezu wörtlich „begreifbar“. In einer geeigneten „Umgebung“ (d.h. bei gewissen kritischen Werten der mechanischen Spannung) faltet sich das Band in ein dreidimensionales Objekt. Die Entstehung von zusätzlichen Schleifen trägt zu einer Verminderung der inneren Energie des Bandes bei. Die Schleifen lassen sich bei gleicher Zuggeschwindigkeit in einer wiederholbaren Weise erzeugen und vernichten. Sie treten wieder an der gleichen Position und nahezu in der gleichen Form auf, wenn das Band langsam entspannt wird. Infolge von kleinen Unterschieden im Material des Bandes entstehen die Strukturen reproduzierbar, quasi auf vorherbestimmte Weise. Dies geschieht in Analogie zur selbstorganisierten Entfaltung der dreidimensionalen Struktur von Proteinen, die in der Sequenz der Aminosäuren codiert ist. Das verdrillte Gummiband zeigt somit ähnliche Eigenschaften wie sie auch bei dem mechanisch reversiblen Entfalten von Titin auftreten. Inwieweit verhält es sich auch wie eine seltsame Feder mit nichtlinearem und sprunghaftem Kraftverlauf?

Kraftspektroskopie: ein Modellversuch

Beim Ziehen des Bands spürt man bereits qualitativ, dass sich die Zugkraft beim Entstehen oder Verschwinden der Schleifen ruckartig ändert. Zur genaueren Untersuchung wurde daher die Methode der Kraftspektroskopie an Titin mit dem selbstgebauten Kraft-Dehnungsmesser nachgestellt. Das verknäuelte Gummiband stellt das Protein-Modell dar. Es wird am Stift des Grafiktablets und am Kraftsensor angebracht. Bild 6 zeigt die Kraft-Dehnungsverläufe für einen kompletten Zyklus, bei dem das Band gedehnt und dann wiederum entspannt wird.

Beim Durchlaufen eines Zyklus kommt es zu einer Hysterese. Die Kraft beim Anspannen ist größer als beim Entspannen, denn durch innere Reibung wird Energie entzogen. Darüber hinaus ergibt sich ein nichtlinearer, unregelmäßiger, sägezahnförmiger Kraftverlauf. Das Falten ebenso wie das Entfalten einzelner Knäuel ist mit einer Zacke im Kraftverlauf verbunden. Das verdrillte Gummiband verhält sich somit ebenfalls wie eine seltsame Feder und zeigt ein ähnlich komplexes Kraft-Dehnungsverhalten wie ein Titin-Molekül. Die Kraftzacken beim Entwirren der Knäuel entsprechen qualitativ den Kraftspitzen beim Entfalten der Ig-Domänen im Titin. Insofern kann man die verknäuelten Strukturen vereinfacht als mechanische Analoga der Ig-Domänen auffassen, die zur entropischen Elastizität des Proteins beitragen.

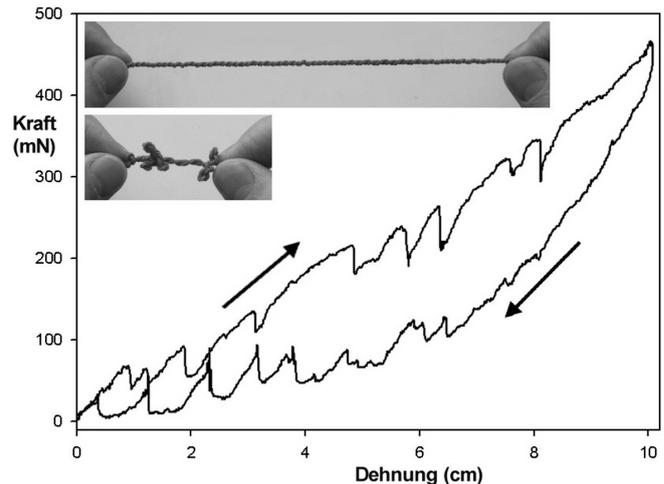


Bild 6: Kraft-Dehnungsmessung an einem verdrillten Gummiband

Allerdings ergeben sich auch deutliche Unterschiede zwischen dem Modellexperiment und der Originalmessung. Wie in jedem Modell werden nur gewisse Aspekte des Originals repräsentiert. Natürlich kann das Gummiband als mechanisches Kontinuum keine Details der molekularen Wechselwirkung im Titin abbilden. Darüber hinaus sind die verdrillten Schleifen des Gummibands statische Strukturen, während die Ig-Domänen als dynamische Objekte sich in dauernder thermischer Bewegung befinden. Die entropische Elastizität ist darüber hinaus nicht nur ein Produkt der Wärmebewegung, sondern auch der Wechselwirkung des Proteins mit umgebenden Wassermolekülen. All diese Aspekte fehlen dem Modell. Insofern ist das verdrillte Gummiband zwar eine seltsame komplexe Feder, aber immer noch eine Energiefeder. Das zeigt sich auch daran, dass der genaue Verlauf einzelner Kraftzacken des Modells nicht mit dem Titin übereinstimmt.

Trotz dieser Schwächen ist das verdrillte Gummiband ein erstaunlich tragfähiges mechanisches Basismodell, das Ideen und Intuitionen dafür liefert, wie aus etwas Einfachem etwas Komplexes entstehen kann. Das Auftreten von neuen Strukturen in dem noch vergleichsweise einfachen Gummiband-Universum zeigt vielfältige Analogien zur Emergenz neuer Eigenschaften in anderen wesentlich komplizierteren Systemen. Es verkörpert die Mechanik kreativer Wandlungsprozesse, die in ähnlicher Weise bei Proteinen zu produktiven Metamorphosen von Strukturen und der Entwicklung neuer Funktionen führen.

Komplexität begreifen: kreative Prozesse im Großen und Kleinen

Von schönen Experimenten ebenso wie von guten, tragfähigen Modellen erwarten wir, dass sie die Essenz, die zentralen Strukturprinzipien eines komplexen Themenfelds, abbilden und dass sie darüber hinaus in besonderer Weise Einsichten befördern und die Kreativität anregen. Die Ziehexperimente mit Protein-Molekülen erfüllen diese Kriterien insofern, als sie die molekulare Komplexität auf etwas Begreifbares zurückführen, also letztlich auf etwas

mechanisch Nachvollziehbares. Obwohl vieles in der Natur sich nicht auf Mechanik reduzieren lässt, spielen dennoch mechanische Modelle und Analogien für unser Verständnis eine wichtige Rolle. Sie erhellen relevante Basisprinzipien und helfen dabei, Funktionsprinzipien, die unter Umständen in einer Vielzahl mikroskopischer Details verborgen sind, besser zu durchschauen.

Insofern können Hands-On-Zugänge, hier das buchstäbliche „Begreifen“ komplexer mechanischer Wandlungen, produktive geistige Prozesse in Gang setzen. Sie eröffnen neue Möglichkeiten im Verstehen komplexer Formen und Funktionen, was gerade auch für die Nano-Biologie wichtig ist. Auf einer Metaebene sind die Experimente ein mechanisches Modell für Emergenz, für das spontane Entstehen neuer Eigenschaften. Die Strukturen, die durch Faltungsprozesse entstehen, entfalten auf einer neuen Ebene, deren Teil sie sind, ihre Funktion. So ist beispielsweise die Proteinfaltung essenziell dafür, dass die Moleküle ihre lebenswichtigen passiven und aktiven Aufgaben in ganz unterschiedlichen biologischen Systemzusammenhängen erfüllen können. All ihre komplexen Eigenschaften, z.B. als Katalysatoren, molekulare Erkennungssysteme, steuerbare Schalter, Verstärker, aktive Transportsysteme und als Motoren, werden dabei quasi erschaffen. Sie sind in dem ungefalteten System nur potenziell vorhanden.

Wir leben in einer komplexen Welt, doch der Physikunterricht beschränkt sich häufig auf die Vermittlung idealisierter, stark vereinfachter, elementarisierter physikalischer Zusammenhänge. Der sprichwörtliche „masselose Affe“, der auf einem reibungslosen Seil gleitet, karikiert zutreffend die häufig zu beobachtende Wirklichkeitsferne der betrachteten Probleme. Die Lernenden erfahren nur wenig darüber, wie das physikalische Wissen zu einem besseren Verständnis authentischer lebensweltlicher Probleme eingesetzt werden kann. Elementare Zugänge und einfache Basismodelle sind für das Verständnis wichtig, doch sie bedürfen einer möglichst vielfältig vernetzten Einbettung und einer breiten Verankerung in der Erfahrung, damit die Lernenden ihr aktiv zu erwerbendes Wissen auf eine produktive Weise anwenden können. Nur so lässt sich „träges Wissen“ vermeiden.

Die Qualität der Lehre ist hier in besonderem Maße gefordert: Ein Brückenschlag zwischen den notwendigerweise einfachen physikalischen Modellen im Anfangsunterricht und der komplexen Wirklichkeit ist notwendig, jedoch ist seine Gestaltung zumeist alles andere als trivial. Für ein entsprechendes Design der Lernumgebung ist eine vernünftige Balance zwischen formellen, fokussierten, systematischen Zugängen und informellen, breiter angelegten, qualitativen Einblicken, aktivierenden Lernformen und komplexen Kontexten ausschlaggebend [13]. Projekte wie das hier beschriebene sollen Anregungen vermitteln, diese Balance zu verbessern.

„Wenn alles auf der Welt nur linear wäre, dann würde nichts mit nichts wechselwirken!“ — Mit dieser Einstein zugeschriebenen Bemerkung aus dem Eingangszitat verweist

Schrödinger auf die Grenzen linearer Theorien und auf die Notwendigkeit, diese weiterzuentwickeln [14]. Nichtlineare Prozesse spielen bei der Entfaltung von Vielfalt und Komplexität in der realen Welt eine zentrale Rolle. Die vorliegenden Experimente schärfen den Blick für die Grenzen linearer Modelle und öffnen neue Perspektiven für die Bedeutung von Nichtlinearitäten bei der Entstehung neuer Strukturen und Funktionen. Allerdings ist die theoretische Modellierung dieser emergenten Phänomene alles andere als trivial. Sie würde den Rahmen des vorliegenden Beitrags übersteigen. Es bleibt eine Herausforderung an die didaktische Kunst, die sich nicht auf einfache Formeln reduzieren lässt, zwischen qualitativen und quantitativen Zugängen abzuwägen, um das Komplexe so einfach wie möglich zu erklären – aber keinesfalls noch einfacher, wie Einstein einmal verschmitzt bemerkt hat.

Literatur

- [1] C. Truesdell, The rational mechanics of flexible or elastic bodies 1638-1788, Introduction to L. Euleri opera omnia, Vol 10+11, Ser. 2, Zürich, 1960
- [2] D. Haliday, R. Resnick & J. Walker, Physik, Weinheim, 2003
- [3] P.A. Tipler, G. Mosca, Physik für Wissenschaftler und Ingenieure, München, 2004
- [4] M. Euler & G. Braune, The Physics Teacher 40 (2002) 432
- [5] M. Euler & M. Lass, Praxis d. Naturwiss. – Physik in der Schule 55/1 (2006) 2
- [6] D.R. Askeland, Materialwissenschaften, Heidelberg, 1996
- [7] L.R.G. Treloar, The Physics of Rubber Elasticity, 3rd ed., Oxford, 1975
- [8] M. Euler, Biologie in unserer Zeit 30 (2000) 45
- [9] M. Euler, The Physics Teacher 44 (2006) 173
- [10] H. Frauenfelder, Proc. Nat. Acad. Sci. 99 (2002) 2479
- [11] M. Riefel et al., Science 276 (1997) 1109
- [12] H.P. Erickson, Science 276 (1997) 1090
- [13] M. Euler, Naturwissenschaften im Unterricht Physik 50 (2005) 4
- [14] Brief von Erwin Schrödinger an Max Born vom 27. Juli 1942: „... If everything were linear, nothing would influence nothing, Einstein once said to me. That is exactly so“.
Quelle: Staatsbibliothek zu Berlin, Preuss. Kulturbesitz, Nachlass Born 704

Schreiben als Lernmethode im Physikunterricht

Elmar Bergeler

Einführung

Beim freien Formulieren physikalischer Texte bestehen bei vielen Schülerinnen und Schülern Defizite, wie durch zahlreiche Studien bestätigt wurde. Diese Fähigkeit ist jedoch ein wichtiger Bestandteil der Kommunikationsfähigkeit, welche zu den Schlüsselqualifikationen unserer heutigen Gesellschaft zählt und ein wesentlicher Bestandteil physikalischer Grundbildung ist. Schüler sollen deswegen im Physikunterricht nicht nur Fachwissen erwerben, sondern auch lernen, über ihr physikalisches Wissen zu kommunizieren. Dazu müssen die Schülerinnen und Schüler üben, physikalische Sachverhalte zu verbalisieren. Dies kann durch systematisch angeleitetes Schreiben von Texten geschehen.

Theoretischer Hintergrund zum Lernen durch Schreiben

Lernpsychologische Studien bestätigen, dass Schreiben wegen der Elaboration des Lerngegenstandes zu einem besseren Erinnern führt (Anderson, 2001). Die Auseinandersetzung mit den Textinhalten führt zu einer Verinnerlichung und zu einem tieferen Verständnis des Lerngegenstandes und ist somit ein wichtiger Teil des Lernprozesses. Diese Effekte sollten im naturwissenschaftlichen Unterricht ausgenutzt werden.

In den letzten Jahren wurde eine Reihe von Langzeitstudien mit einer Laufzeit bis zu mehreren Jahren zum Schreiben im Biologie- und Chemieunterricht durchgeführt, die von positiven Wirkungen auf den Lernerfolg berichten. Die Studien deuten darauf hin, dass – in Abhängigkeit von der Einstellung zum Schreiben und dem Vorwissen – ein verbessertes Verständnis erreicht werden kann. (Wallace et al., 2004)

Auch der kurzzeitige Einsatz vom Schreiben im Physikunterricht als Lernmethode ist möglich, und Lerneffekte können erzielt werden (Bergeler & Pospiech, in Druck; Priemer & Schön, 2005).

Angestoßen wird der Lernprozess beim Schreiben dadurch, dass die Schüler ihr vorhandenes Wissen vertiefen, ordnen und miteinander verknüpfen, wobei Fehlvorstellungen

entdeckt und korrigiert werden können. Wenn das vorhandene Verständnis nicht ausreicht, um die Ziele des Textes zu erreichen, sehen die Schüler die Notwendigkeit, sich zusätzliches Wissen anzueignen. Damit handelt es sich bei der Textproduktion letztendlich um einen Problemlöseprozess.

Jedoch stellen Eigler et al. die Frage, ob das Aufwand-Nutzen-Verhältnis das Schreiben als Lernmethode im Unterricht rechtfertigt, da in ihrer Studie die positiven Effekte auf den Lernerfolg recht gering ausfielen (Eigler et al. 1987). Die Mehrheit der Schüler empfindet diese Lernmethode als recht mühsam und ihre Motivation wird dadurch nicht gefördert. Auch Nieswandt hatte für den Chemieunterricht festgestellt, dass Schreiben nicht unbedingt das verstehende Lernen und die Konsolidierung des Unterrichtsstoffes fördert, und dass die Schüler teilweise eine ablehnende Haltung gegenüber dem Schreiben angenommen hatten (Nieswandt, 1997).

Entscheidend für den Erfolg einer Lernmethode, die auf Schreiben im Physikunterricht beruht, ist demnach, wie das Schreiben im Unterricht eingebettet ist.

Die Schreib-Lern-Methode

Es gibt viele Möglichkeiten, die Textproduktion mit Physik zu verbinden. Üblicherweise werden im Physikunterricht zum Beispiel Versuchsprotokolle von den Schülern angefertigt. Es können aber auch Erzählungen, Lerntagebücher, Erklärungen oder Beschreibungen von physikalischen Sachverhalten geschrieben werden, welche in der hier vorgestellten Schreib-Lern-Methode eingesetzt werden. Beim Aufschreiben der Erklärungen werden die physikalischen Sachverhalte intensiv durchdacht und ein Großteil der aufgewendeten Zeit fällt auf die physikalisch-inhaltliche Auseinandersetzung.

Um im Physikunterricht Texte zu schreiben, brauchen die Schüler eine möglichst einfache Anleitung, nach der sie die Texte anfertigen. Die Anleitung darf die Schüler nicht überfordern und vom fachlichen Inhalt ablenken, weshalb wir sie auf sechs Punkte beschränken. In Anlehnung an die Grice'schen Maxime für die Kommunikation und die Kriterien des Hamburger Verständlichkeitsmodells legen wir folgende Punkte (im Folgenden Textproduktionskriterien genannt) für die Formulierung der Texte im Physik-

Elmar Bergeler, Technische Universität Dresden, Didaktik der Physik, 01062 Dresden, eMail: Elmar.Bergeler@tu-dresden.de. Dieses Thema untersuchte er in seiner Dissertation.

unterricht zugrunde (Grice, 1975; Langer et al., 1999):

- Prägnanz
- Einfachheit (bezogen auf die Sprache)
- Gliederung
- Qualität (hinsichtlich der Inhalte)
- Relevanz
- Modalität (Angepasstheit)

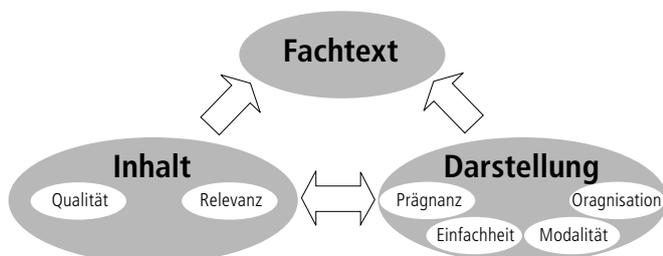


Abb. 1: Textproduktionskriterien

Diese Textproduktionskriterien (siehe Abb. 1) dienen den Schülern als Hilfestellung, um ihre eigenen Fachtexte zu schreiben oder vorliegende Texte zu beurteilen. Auf die Definitionen von Beschreiben, Erklären, Erläutern etc. braucht an dieser Stelle nicht eingegangen zu werden.

Beim Lesen von Physiklehrbuchtexten spielen die Kriterien Prägnanz, Einfachheit (bezogen auf die Sprache), Gliederung und Modalität (Angepasstheit) eine große Rolle für die Verständlichkeit. Im Hinblick auf diese Kriterien optimierte Texte waren für die Schüler wesentlich besser verständlich als die ursprünglichen (Apolin, 2004). Beim eigenständigen Formulieren von physikalischen Inhalten muss aber zusätzlich noch auf die Qualität und die Relevanz der einzelnen dargestellten Informationen geachtet werden.

Folgende Schreibaufgaben bieten sich für den Physikunterricht an: Aufforderungen, einen physikalischen Sachverhalt zu erklären, zu beschreiben, zu interpretieren, oder einen Essay über ein physikalisches Thema zu schreiben. Im Themengebiet Akustik bieten sich beispielsweise folgende Aufgaben an:

- Erkläre einem Schüler einer niedrigeren Klasse, wie das Donnern beim Gewitter zustande kommt. Gehe auch darauf ein, dass Blitz und Donner nicht gleichzeitig wahrgenommen werden.
- Erkläre einem Hobbymusiker einer niedrigeren Klasse den Unterschied zwischen Ton, Klang und Geräusch!
- Erkläre einem Mitschüler, warum dieses Experiment benutzt werden kann, die Schallgeschwindigkeit zu ermitteln! (nach Durchführung eines Experiments zu stehenden Schallwellen in einem Rohr)

Die Zielgruppe des Texts sollte immer bei der Textproduktion beachtet werden, da der Inhalt und die Darstellung dadurch beeinflusst wird. Wenn die Zielgruppe den Schülern nahe steht (z. B. Schüler aus einem Parallelkurs, oder aus Kursen der Jahrgangsstufe direkt unter der eigenen) fertigen die Schüler den Text quasi für sich selbst an. Die

schriftlichen Erklärungen und Ausführungen sind somit gut geeignet, dass durch sie Fachwissen gelernt wird, da der aktuelle Unterrichtsstoff beim Schreiben durchdrungen wird. Physikalische Sachverhalte können aber auch dadurch gefestigt werden, wenn sich die Schüler Formulierungen überlegen, die für jüngere Schüler oder Laien verständlich sind. Die Kommunikationsfähigkeit wird in beiden Fällen trainiert.

Erarbeitung der Schreib-Lern-Methode in der Praxis

Im Unterricht können die Textproduktionskriterien anhand von Beispieltexten, die sich hinsichtlich der Kriterien unterscheiden, mit den Schülern schon in einer Schulstunde erarbeitet werden. Die Schüler können z.B. zwei fast inhalts-gleiche, aber ansonsten unterschiedliche Texte im Hinblick auf die Verständlichkeit und die Effizienz beurteilen und Unterschiede in der Textgestaltung herausarbeiten. Die Erarbeitung der Thematik Schreiben über physikalische Sachverhalte von Schülern des 11. Jahrgangs im regulären Physikunterricht anhand von Beispieltexten¹⁾ funktionierte gut. Bei anderen Altersgruppen müssten die Beispieltexte eventuell angepasst werden. Es zeigte sich, dass die Schüler in der Lage sind, viele Unterschiede in der Textgestaltung zu nennen, und Inhalte bezüglich ihrer Schwierigkeit und Relevanz einzuschätzen. Es empfiehlt sich, die genannten Unterschiede an der Tafel zu sammeln und sie dann in die Textproduktionskriterien zu gruppieren und anschließend schematisch darzustellen (Abb. 1). Die Schüler sind bei dieser Vorgehensweise an der Erstellung der Textproduktionskriterien, die ihnen als Anleitung zum eigenen Schreiben von Fachtexten helfen sollen, beteiligt.

Einsatz der Methode im Unterricht

Um einen Text zu einem bestimmten Sachverhalt schreiben zu können, müssen die Schüler neben einer Anleitung zur Textproduktion auch über ein gewisses Grundwissen über das Thema verfügen. Vor dem eigenständigen Schreiben von Fachtexten soll den Schüler daher das nötige physikalische Grundwissen vermittelt werden. Dies kann in der sonst im Unterricht üblichen Form geschehen.

Anschließend schreiben die Schüler in einer Unterrichtsphase, deren Dauer vom Lehrer bestimmt wird, entsprechend der Textproduktionskriterien eigene Texte zu dem für sie neuen physikalischen Thema. Dadurch wird der aktuelle Unterrichtsstoff gefestigt und durchdacht, wobei verschiedene physikalische Sachverhalte miteinander verknüpft werden. Dabei können die Schüler Lücken in ihrem Verständnis oder Missverständnisse aufdecken. Wenn die Schüler beim Schreiben bemerken, dass das eigene Wissen an einigen Stellen nicht ausreicht, lesen sie im Schulbuch oder in ihren Mitschriften nach, wodurch sie ihr Wissen ergänzen. Das Schreiben und Nachlesen kann während der Unterrichtsstunde oder später als Hausaufgabe geschehen.

¹⁾ Zwei Beispieltexte für die Erarbeitung der Textproduktionskriterien im 11. Jahrgang über die Entstehung des Regenbogens sind hier erhältlich: http://www.physik.tu-dresden.de/didaktik/regenbogen_textbeispiel.pdf

Im anschließenden Unterricht sollten dann einzelne Texte vorgelesen und beispielhaft besprochen werden, wodurch die Schüler eine Rückmeldung zu ihren Texten erhalten.

Erfahrungen mit dem Einsatz der Methode im Unterricht

Durch den Einsatz der Schreib-Lern-Methode lernen die Schüler neben dem eigentlichen physikalischen Fachwissen auch, wie es verbalisiert werden kann. Außerdem lassen sich anhand von Formulierungen in den Schülertexten Verständnisschwierigkeiten der physikalischen Inhalte aufdecken. Hinter einer schlechten Formulierung kann sich eine mangelhafte Kommunikationsfähigkeit, aber auch ein grundlegendes Missverständnis der zugrunde liegenden Physik verbergen. Das wäre dann mit den Schülern zu klären. Eine richtige Verwendung von Formeln und korrekt durchgeführte Berechnungen sind kein hinreichender Indikator, ob die Physik richtig verstanden wurde. Verständnisschwierigkeiten bleiben bei der Bearbeitung und Korrektur von Standardaufgaben oft unentdeckt.

In Tabelle 1 sind subjektive Einschätzungen zum Schreiben im Physikunterricht der Schüler, die mit dieser Schreib-Lernmethode im Rahmen einer Studie unterrichtet worden sind, dargestellt. Demnach wird das Schreiben von den Schülerinnen und Schülern als anstrengend empfunden, und die Freude daran ist nicht besonders ausgeprägt. Die männlichen Schüler ziehen den Schreibaufgaben lieber rechnerische Aufgaben vor. Die Schülerinnen bearbeiten hingegen lieber Schreibaufgaben als rechnerische Aufgaben, da die Freude daran noch geringer ist. Jedoch stellen die Schreibaufgaben keinen Gegenpol zu den rechnerischen Aufgaben dar, wie die Antworten auf dem Fragebogen zu dieser Lernmethode gezeigt haben. Die meisten Schüler, die gerne an eigenen Texten gearbeitet haben, haben auch gerne physikalische Berechnungen durchgeführt.

Kategorie	Schülerinnen	Schüler	gesamt
Freude am Schreiben	2,52 s = 0,65	2,46 s = 0,90	2,48 s = 0,80
Aufwand fürs Schreiben	3,69 s = 0,75	3,70 s = 1,05	3,70 s = 0,93

Tabelle 1: Einstufung der Schreib-Lern-Methode durch Schülerinnen und Schüler: Likert-Skala von 1=wenig bis 5=viel. (N=32, davon 13 weiblich und 19 männlich; s ist die Standardabweichung des Antwortverhaltens)

Literatur

- Apolin, M. (2004). Sprache im Physikunterricht. Plus Lucis 1/2004, erhältlich unter: <http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/041/s15.pdf> (9/29/2006)
- Bergeler, E. & Pospiech, G. (in Druck). Schreiben im Physikunterricht. In Höttecke, D. (Hg.) (Tagungsband der GDGP-Tagung 2007)
- Eigler, G., Jechle, T., Merziger, G. & Winter, A. (1987). Über Beziehungen von Wissen und Textproduzieren. Unter-

richtswissenschaft Vol. 15, S. 382-395

- Grice, H. P. (1975) Logic and Conversation. In: Cole, P. & Morgan, J. (Eds), Syntax and Semantics: Vol 3, Speech Acts. Academic Press, New York, pp. 43-58
- Langer, I, Schulz v. Thun, F. & Tausch, R (1999). Sich verständlich ausdrücken. 6. Aufl. Verlag Reinhardt, München
- Nieswandt, M. (1997). Verstehendes Lernen im Chemieunterricht: Schreiben als Mittel. Kiel, IPN
- Priemer, B. und Schön, L.-H. (2005) „Lernen durch computer-gestütztes Schreiben mit externen Wissensquellen. In: Unterrichtswissenschaft, 33 (2005) 3, S. 197-211
- Wallace, C. S., Hand, B. & Prain, V. (2004). Writing and Learning in the Science Classroom. Kluwer Academic Publishers

Infokasten

Prägnanz:

Um einen Sachverhalt effizient darzustellen, sollten die Texte keine Ausschweifungen enthalten und möglichst direkt formuliert sein. Der Text ist demnach möglichst kurz, wobei er aber alle wichtigen Inhalte für das Ziel des Texts enthalten muss.

Einfachheit:

Der Text sollte nicht möglichst kompliziert klingen, um einen kompetenten und inhaltlich richtigen und wichtigen Eindruck zu vermitteln, sondern Texte sollen verständlich sein. In den Fachtexten soll aber deshalb nicht vollständig auf die entsprechende Fachsprache verzichtet werden. An den Stellen, wo es sinnvoll ist, soll die Fachsprache eingesetzt werden, aber ansonsten sollte auf eine einfache sprachliche Darstellung geachtet werden. Dies betrifft sowohl die Wortwahl, als auch den Satzbau.

Gliederung:

Für die Verständlichkeit ist eine gute Gliederung wichtig. Die Gliederung bezieht sich sowohl auf die inhaltliche, als auch auf die äußere Gliederung des Textes. Mit inhaltlicher Gliederung ist die logische Abfolge der Informationen gemeint. Die äußere Gliederung spiegelt sich in der Organisation des Textes in Abschnitte mit Überschriften niedrigerer Ordnung wieder.

Qualität:

Der Text muss inhaltlich korrekt sein. Die physikalischen Aussagen müssen stimmen.

Relevanz:

Die Aussagen müssen relevant für das Ziel des Texts sein. Er sollte keine physikalischen Sachverhalte enthalten, die für eine vollständige Darstellung des Themas nicht nötig sind.

Modalität:

Bei der Gestaltung des Textes, und auch bei der Kommunikation allgemein, muss der Adressat berücksichtigt werden. Sein Wissens- und Sprachniveau müssen berücksichtigt werden, damit der Informationsgehalt des Textes vom Leser verstanden werden kann.

Unterricht – Berufsfindung – Gender Gap

IMST/MNI-Projekt: Produkt- und handlungsorientierter Unterricht unter dem Aspekt der Motivation und Nachhaltigkeit betreffend die Berufsorientierung und Berufsfindung

2. Preis beim Internationalen Wettbewerb „Spannung in die Schule 2007“

Angelika Fussi

Das IMST/MNI-Projekt „Produkt- und handlungsorientierter Unterricht unter dem Aspekt der Motivation und Nachhaltigkeit betreffend die Berufsorientierung und Berufsfindung“ geht neue Wege im Bereich der Berufsfindung und Berufsorientierung unter besonderer Berücksichtigung der Überbrückung des „Gender Gaps“. Ein wichtiges Ziel des Projekts ist es, den Zugang zu technischen Berufen, Ausbildungen und Studien zu unterstützen. Künftig sollen nicht nur mehr Buben, sondern auch mehr Mädchen den Weg in einen technischen Beruf wählen. Besondere Zielsetzungen sind die Verringerung der Technikfeindlichkeit, die Heranbildung von technisch und naturwissenschaftlich interessierten Jugendlichen durch einen zeitgemäßen, attraktiven und prozessorientierten Unterricht. In diesem Projekt wird ein Dreiphasenmodell zur Attraktivitätssteigerung im naturwissenschaftlichen Unterricht vorgestellt.

Unterstützt durch die BMBWF-Aktion ProVision kooperieren die Hauptschule II und Realschule Feldbach mit dem Institut für Elektrotechnik der Montanuniversität Leoben.

Das Drei-Phasenmodell

Das Drei-Phasenmodell sieht für jede Schulstufe ab der 2. Klasse ein Projekt vor, an dem fachverbindend und/oder fachübergreifend auf ein bestimmtes Produkt lernzielorientiert, teamorientiert und arbeitsteilig hingearbeitet wird. Demnach durchläuft jede Schülerin und jeder Schüler in seiner Schullaufbahn drei „naturwissenschaftliche Phasen“ unter einem bestimmten Thema. Das Projekt folgt inhaltlich dem Lehrplan. Aktuelle Lern- und Umweltgegebenheiten und das bestehende Umfeld der SchülerInnen werden intensiv berücksichtigt.

Projektteam: Dir. Dipl.-Päd. Stefan Berenyi, VHL Johanna Gallowitsch, Dipl.-Päd. Maria Kalcher, HOL Guido Kowatsch, Dipl.-Päd. Willibald Kurtz, Dipl.-Päd. Mag. Dorothea Moick, Dipl.-Päd. Doris Murko, Dipl.-Päd. Sieglinde Petz, HOL Gabriele Preininger, Dipl.-Päd. Brigitte Spiegl, HOL Maria Steiner, Dipl.-Päd. Johanna Wolf, Dipl.-Päd. Erwin Wolf, Dipl.-Päd. Elisabeth Comelli, HOL Anton Buchgraber, IG-Betreuerin Eva Macher, Dipl.-Päd. Sabine Reisinger, Dipl.-Päd. Olga Graf, o. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Helmut Weiß

Projektleitung: Dipl.-Päd. Angelika Fussi, Hauptschule II und Realschule Feldbach, eMail: angelika_fussi@gmx.net

Dieses Drei-Phasen-Modell kann für andere Fächer, KollegInnen, Schulen und Schultypen übernommen werden, ohne in die Unterrichtsautonomie der LehrerInnen einzugreifen.



Das Drei-Phasenmodell in der praktischen Umsetzung:

- Phase 1: Anknüpfen an bekannte Inhalte
- Phase 2: Grundlagen und Zusammenhänge
- Phase 3: Weiterführung und Anwendung

(ausführliche Beschreibung in der praktischen Umsetzung vgl.: Fussi, A.: Produkt- und handlungsorientierter Unterricht. Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung, Klagenfurt 2007)

Umsetzung der Phase 2 unter dem Thema „PhysikerInnen und EntdeckerInnen“

In diesem MNI-Projekt wurde Physik/Technik mit dem Schwerpunkt „Elektrischer Strom“ in der 7. Schulstufe in den Mittelpunkt gerückt. Gemeinsam arbeiteten wir daran, das Interesse an den Naturwissenschaften durch einen „aktiv-lebendigen“, fachverbindenden und produktorientierten Unterricht zu wecken.

Produkte dieses Projekts:

- Physikkalender 2008 „PhysikerInnen und EntdeckerInnen“
- SchülerInnen erstellen einen Experimentierkoffer zum elektrischen Strom.
- SchülerInnen erstellen ein Experimentierheft zum Experimentierkoffer.
- Bühnenstück „PhysikerInnen und EntdeckerInnen“ für die Abschlusspräsentation



Viele Arbeiten rund um das Thema „PhysikerInnen und EntdeckerInnen auf dem Gebiet der Elektrizität“ sind arbeits- teilig, im Team, forschend und individuell in den verschie- denen Unterrichtsgegenständen erfolgt:

Physik:

Der Unterricht mit dem Schwerpunkt „Elektrischer Strom“ war gekennzeichnet durch die Methodenvielfalt im Experi- mentalunterricht. Auf die Aktivität und die Selbsttätigkeit der SchülerInnen beim Experimentieren wurde im Physik- unterricht großer Wert gelegt. Alle Lerntypen wurden durch das vielfältige Angebot und die unterschiedlichen Metho- den angesprochen. Durch die vielschichtigen Methoden und Inhalte des Projekts wurde die Beteiligung von Mäd- chen und Buben in gleicher Weise gefördert.

Mathematik:

Die MathematiklehrerInnen führten mit den SchülerInnen Berechnungen zum Ohm'sches Gesetz durch.

Deutsch:

Das Leben und das Wirken von PhysikerInnen, deren For- schungsgebiet in der Elektrizität lag, wurden im Deutsch- unterricht erarbeitet. Für die Abschlusspräsentation „Phy- sikerInnen und EntdeckerInnen“ wurde das Bühnenstück einstudiert.

Geschichte:

Die SchülerInnen beschäftigten sich mit den geschicht- lichen Hintergründen und dem Zeitgeist zu den Lebzeiten bestimmter PhysikerInnen und EntdeckerInnen.

Bildnerische Erziehung:

SchülerInnen zeichneten Portraits berühmter Physiker- Innen. Elektrische Schaltteile, Bauelemente, Erfindungen und Entdeckungen wurden in Malereien und Zeichnungen in verschiedenen Techniken von den SchülerInnen künst- lerisch umgesetzt.

Informatik:

Eine Informatikgruppe und die Laptopklasse verwirk- lichten den Physikkalender 2008 „PhysikerInnen und EntdeckerInnen“ und ein Experimentierheft zum Experi- mentierkoffer. Dabei verarbeiteten sie Versuchsprotokolle aus dem Physikunterricht sowie von SchülerInnen verfasste Biografien über PhysikerInnen. Experten aus der Laptop- klasse sorgten für den Ablauf des Multimediaeinsatzes, der Licht- und Tontechnik bei der Abschlusspräsentation. Für den Abschlussabend wurden in kunstvollem Design Pro- grammfolder gestaltet.

Werkerziehung:

Im Werkunterricht schnitten die SchülerInnen Leiter- und Elektrodensätze für den Experimentierkoffer. Das Heften der Experimentierhefte und Binden der Physikkalender übernahm ebenfalls die Fertigungsgruppe. Außerdem wur- den im Werkunterricht Elektrizitätsspiele gebaut.

ProVision: „Wissenschaft, die Wissen schafft und für Lebensqualität sorgt“

Im Rahmen des MNI-Projekts experimentierte o. Univ. Prof. Dr. Helmut Weiß vom Institut für Elektrotechnik/Montanu- universität Leoben mit den SchülerInnen der Hauptschule II und Realschule Feldbach. Mit zahlreichen Experimenten und mit Versuchsaufbauten (Gleichstrommotor, die Erzeu- gung einer Induktionsspannung, Energie aus dem Solar- Panel, Transformator, das Laden und Entladen von Kon- densatoren, Antrieb-Leistungselektronik, Buck-Konverter) wurde bei den SchülerInnen die Faszination für die Elektri- zität geweckt. Die vorgeführten Experimente luden unsere SchülerInnen zum Mitmachen und Erkunden ein. Den SchülerInnen wurde in diesem Seminar ein Blick über die Schulphysik hinaus ermöglicht und der sichere Umgang mit dem elektrischen Strom vermittelt.

Parallel zu dieser dreistündigen Experimentiereinheit sor- tierten die SchülerInnen die Versuchsmaterialien für ihren eigenen Experimentierkoffer (Materialliste im Anschluss des Artikels).

Abschlusspräsentation: PhysikerInnen und EntdeckerInnen

Am 31. Mai 2007 fand im Volkshaus Feldbach die Abschluss- präsentation des MNI-Projekts statt. 101 SchülerInnen ge- stalteten mit einem grandiosen Programm eine einmalige Vorstellung. Das Geschick der szenischen Darstellungen

über PhysikerInnen und EntdeckerInnen lag vor allem in den Händen von Dipl.-Päd. Johanna Wolf und den KollegInnen Dipl.-Päd. Sieglinde Petz und HOL Guido Kowatsch. Dabei konnten die SchülerInnen den Gästen ihr schauspielerisches, technisches, künstlerisches und musikalisches Talent ausdrucks- und eindrucksvoll beweisen. Als o. Univ. Prof. Dr. Weiß mit der Entladung der Kondensatoren und einem Funkenüberschlag aufwartete, trafen sich auf der Bühne zwei Kontraste – das kindliche Bedürfnis zum Spiel und die hohe Wissenschaft.

Entlang einer Experimentierstraße, welche SchülerInnen mit Dipl.-Päd. Maria Kalcher und HOL Maria Steiner vorbereitet hatten, konnten die BesucherInnen verschiedene Experimente hautnah erleben. Einer der Höhepunkte des Abends war die Präsentation des Physikkalenders 2008 „PhysikerInnen und EntdeckerInnen“. Dieser war von Dipl.-Päd. Gabriele Preiniger, Dipl.-Päd. Johanna Wolf, HOL Guido Kowatsch, Dipl.-Päd. Brigitte Spiegel und Dipl.-Päd. Mag. Dorothea Moick mit SchülerInnen verwirklicht worden. Malereien und Portraits von PhysikerInnen aus dem Unterricht für Bildnerische Erziehung, sowie der Zeitstreifen, der im Geschichteunterricht gestaltet worden war, wurden wirkungsvoll ausgestellt.

An diesem Abend überreichten die Klassenvorstände den SchülerInnen die selbst gepackten Experimentierkoffer und das Versuchsheft, das Dipl.-Päd. Doris Murko mit den SchülerInnen gestaltet hatte. Abgerundet wurde der Abend mit einer Nonstop-Diaschau, die von Schwarz-Weiß-Fotos aus dem Physikunterricht zu Farbfotos über die ProVision-Seminartage überleitete. Für den professionellen Ton-, Technik- und Multimediaeinsatz sorgten Schüler aus der Laptopklasse unter der fachkundigen Anleitung von Dipl.-Päd. Erwin Wolf und HOL Guido Kowatsch.

Zur einmaligen Atmosphäre trugen nicht zuletzt die Werk- und IntegrationslehrerInnen bei, die im Bereich des Handwerks, der Dekoration und Kulinarik wirkten.



Die Experimentierkoffer werden gepackt

Das MNI-Projekt war auch Anlass zur Namensgebung unseres Physiksaals und Physikkabinetts. Ein Teil der SchülerInnen gestalteten eine Umfrage zum Favoriten unter den PhysikerInnen. An diesem Abend wurde das Ergebnis bekannt gegeben: unser Physiksaal heißt nun Albert Einstein Saal, das Physikkabinett wurde nach Madame Marie Curie benannt.

Science on Stage – Nobelpreisträger überreicht Auszeichnung

Das IMST-Fonds-Projekt „Produkt- und handlungsorientierter Unterricht unter dem Aspekt der Motivation und der Nachhaltigkeit betreffend die Berufsorientierung und Berufsfindung“ wurde beim international ausgeschriebenen LehrerInnenwettbewerb „Spannung in die Schule 2007“ mit dem 2. Preis ausgezeichnet.



Nobelpreisträger Prof. Dr. Johannes Georg Bednorz (li.) überreicht die Auszeichnung an Dipl.-Päd. Angelika Fussi

Am 14. September 2007 fand in der Staatskanzlei in Potsdam die Preisverleihung statt. Unter 70 eingereichten Beiträgen wurden zehn Gewinnerbeiträge von der Fachjury unter dem Vorsitz von Prof. Dr. Lührs ausgewählt. Der Schirmherr des Wettbewerbs und Nobelpreisträger für Physik Prof. Dr. Johannes Georg Bednorz überreichte zusammen mit Frau Dr. Kunstmann, Geschäftsführerin des Arbeitgeberverbandes Gesamtmetall, und Herrn Rupprecht, Minister für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg, die Preise.

Der Elektrokoffer – eine Unterrichtsidee darf Schule machen

Jugendlichen das Experimentieren zu Hause und ein Nachvollziehen von Versuchen in der Freizeit zu ermöglichen, war einer meiner Grundgedanken dieses IMST-MNI-Projekts. Dieser Gedanke wurde für 101 SchülerInnen in der 7. Schulstufe im Schuljahr 2006/2007 an der Hauptschule II und Realschule Feldbach Wirklichkeit: jede Schülerin und jeder Schüler erstellte sich einen Elektro-Experimentierkoffer.

der bei der Abschlusspräsentation des Projekts in ihren Besitz übergang. Der Elektro-Experimentierkoffer kann mit relativ geringen Kosten nachgebaut werden. Er beinhaltet einfache Versuche zum elektrischen Strom. Die Wahl der Versuche orientiert sich an der inhaltlichen und thematischen Vorgabe des Lehrplans. Dieser Experimentierkoffer wurde durch 23 von den SchülerInnen beschriebenen Versuche ergänzt. Er enthält

- einfache Versuche zur Elektrostatik
- Grundversuche zum elektrischen Strom (einfacher Stromkreis, Serien- und Parallelschaltung von Verbrauchern, die Serienschaltung von Stromquellen, elektrische Leitfähigkeit, Wirkungen des elektrischen Stroms)

- Versuche zum Elektromagnetismus, Lorentzkraft
- Elektrochemie – Galvanische Elemente, Batterien
- Versuche zu Widerständen und Diode

Sollten Sie mit Ihren SchülerInnen den Experimentierkoffer im Unterricht erstellen, empfehle ich Ihnen dringend, das Thema „Sicherheit im Umgang mit dem elektrischen Strom“ aufzugreifen und mit den SchülerInnen zu erarbeiten.

Eine ausführliche Vorstellung dieses Projekts und das von den SchülerInnen erstellte Experimentierheft zum Experimentierkoffer finden Sie unter <http://www.hsr.at>.

Experimentale 07 in Wels

Von 2. - 4. Juli 2007 fand zum zweiten Mal die „Experimentale“ in Oberösterreich statt, die heuer auch gleichzeitig die Auftaktveranstaltung für das in Planung befindliche Science-Center in Wels war. Schülerinnen und Schüler der AHS und BMHS präsentierten an 65 selbst gestalteten naturwissenschaftlichen Versuchsaufbauten und animierten damit die ca. 4.500 Besucher zum Aus-Probieren, Be-Greifen und Selbst-Entdecken. Die Experimentale war die größte in Österreich je gezeigte Ausstellung an naturwissenschaftlichen Experimenten.

Organisiert wurde die Experimentale 07 wie bereits im Jahr 2005 vom Naturwissenschaftsnetzwerk Oberösterreich (Leitung: LSI Mag. G. Vormayr), einer vom Projekt IMST3 – Innovations in Mathematics, Science and Technology Teaching – unterstützten Maßnahme zur nachhaltigen Weiterentwicklung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts.



Ist Erdgas als Treibstoff umweltfreundlicher als Benzin bzw. Diesel?

Bruna Illini

In letzter Zeit werden Erdgasfahrzeuge immer häufiger als umweltschonend und kostengünstig dargestellt. Kostengünstig ist Erdgas aufgrund von unterschiedlichen staatlichen Förderungen in Deutschland und Österreich. Ob und inwieweit mit Erdgas betriebene Fahrzeuge auch umweltschonend oder „sauber“ gehalten werden können, wird im Folgenden diskutiert.

Die Emissionen, welche durch Verwendung eines bestimmten Kraftstoffs entstehen, bestehen nicht nur aus direkten Emissionen bei der motorischen Verbrennung, sondern auch aus den indirekten Emissionen für Förderung, Aufbereitung, Transport und Verteilung des Kraftstoffs. Die Bezeichnung Treibhausemissionen gilt für Gase, die für den Treibhauseffekt verantwortlich wären, in diesem Fall vor allem Kohlenstoffdioxid CO_2 und Methan CH_4 .

Eine Einsparung an direkten Treibhausemissionen, d.h. an CO_2 -Emissionen bei der Verbrennung im Motor, ist bei Erdgasverbrennung gegenüber herkömmlichen Diesel- und Benzinmotoren aufgrund des niedrigeren atomaren C/H-Verhältnisses von Erdgas möglich. Für bivalente oder monovalente leicht modifizierte Motoren, wie sie derzeit angeboten werden, kann aber dieser Vorteil von mehreren Faktoren reduziert werden, und zwar von der geringeren Zylinderfüllung gegenüber Benzin oder Diesel aufgrund des gasförmigen Aggregatzustands von Erdgas, von der Wahl eines nicht optimalen Verdichtungsverhältnisses bei bivalenten Konzepten, vom Mehrverbrauch aufgrund des Mehrgewichts des Gastanks, aufgrund der schwierigeren Abgasnachbehandlung und nicht zuletzt wegen der höheren indirekten Treibhausemissionen, die bei Förderung, Aufbereitung, Transport, Verteilung und Kompression des Erdgases entstehen.

Aus den wichtigsten neuen Studien über Treibhausemissionen während Förderung, Aufbereitung und Transport des Erdgases kann man indirekte Treibhausemissionsfaktoren schätzen, siehe Abb. 1 und Abb. 2, und schließlich die gesamten Treibhausemissionen von mit Erdgas, mit Benzin und mit Diesel betriebenen Fahrzeugen gleicher Bauart berechnen.

Jedes Treibhausgas trägt mit einem unterschiedlichen Faktor zum Treibhauseffekt bei: Methan hat z.B. ein 21-mal höheres Treibhauspotential als CO_2 . Die Treibhausemissionen werden üblicherweise in Masse CO_2 -Äquivalente gemessen, d.h. man wählt CO_2 als gemeinsame Nenner für alle Treibhausgase, um Ihre mögliche Wirkung auf den Treibhauseffekt zu beschreiben.

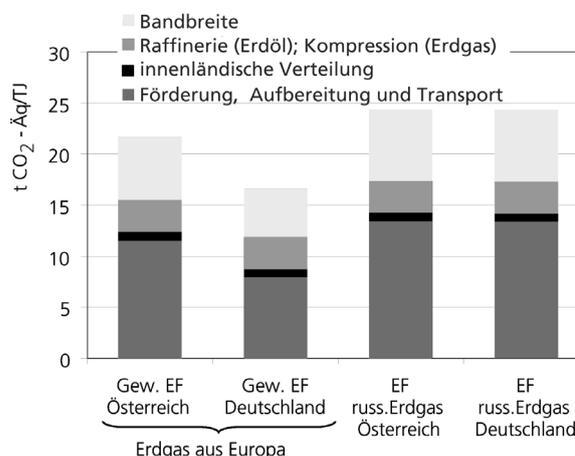


Abb. 1: Geschätzte Treibhaus-Erdgas-Emissionsfaktoren EF und deren Bandbreiten. Gewichtete Emissionsfaktoren für Österreich und Deutschland und spezifische Emissionen für russisches Erdgas in beiden Ländern.

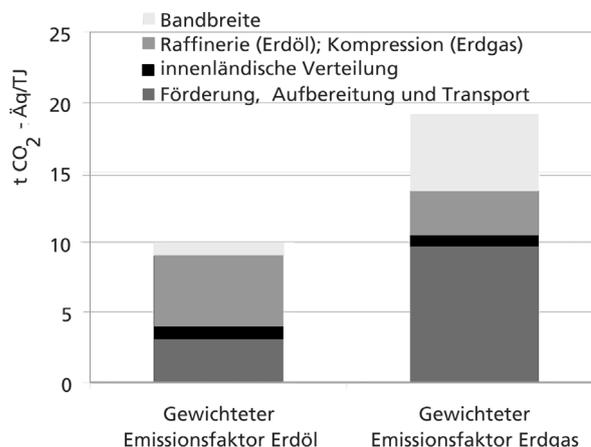


Abb. 2: Gewichtete mittlere Emissionsfaktoren für die indirekten Treibhausemissionen von Erdöl und Erdgas.

Dr. techn. Dipl.-Ing. Mag. Bruna Illini ist Mitarbeiterin von Prof. Dr. H. P. Lenz im Österreichischen Verein für Kraftfahrtechnik
eMail: bruna.illini@oevk.at

Die indirekten Treibhausemissionen hängen stark von der Länge der Transportleitungen und von der Menge der Leckagen ab. Die so berechneten indirekten Emissions-

faktoren würden deswegen ganz anders sein, wenn sich das Erdgasaufkommen ändern würde (z.B. nur Erdgas aus Russland oder kein Erdgas aus Russland) oder wenn sich der Zustand der Leitungen bezüglich Leckagen oder die notwendige Kompressionsenergie für die Pumpen wesentlich ändern würden.

Aus diesen Werten kann man schließlich die Grenze berechnen, ab welcher die gesamten Treibhausemissionen von mit Erdgas betriebenen Motoren die mit Benzin bzw. Diesel betriebenen Fahrzeugen übersteigen, (Abb. 3).

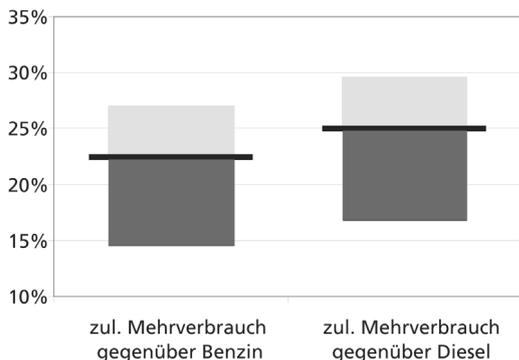


Abb. 3: Bandbreite des Mehrverbrauches von Erdgasfahrzeugen gegenüber benzin- oder dieselpetriebenen Fahrzeugen, ab der die Treibhausemissionen von Erdgasfahrzeugen die der anderen Fahrzeuge überschreiten.

Aus dieser Abbildung und der Berechnung vom Mehrverbrauch bei bivalenten Motorkonzepten im Erdgasbetrieb gegenüber Benzinbetrieb folgt, dass die gesamten Treibhausemissionen der Erdgasfahrzeuge bei den derzeitigen Erdgasaufkommen nicht immer besser sind als die der anderen Fahrzeuge. Die Treibhausemissionen von Erdgasfahrzeugen sind höher als die von benzin- oder dieselpetriebenen Fahr-

zeugen, wenn der energetische Verbrauch des Erdgasfahrzeugs um ca. 23% höher ist als der vom benzinbetriebenen Fahrzeug bzw. um ca. 25% höher ist als der vom dieselpetriebenen Fahrzeug. Berücksichtigt man auch das Streuband der indirekten Treibhausemissionen, sinken diese Grenzen auf 15% des energetischen Mehrverbrauchs gegenüber benzinbetriebenen Motoren bzw. auf 17% gegenüber dieselpetriebenen Motoren.

Diese Werte sind von den indirekten Emissionen für alle Kraftstoffe abhängig. In einer schon gestarteten Folgestudie werden die indirekten Emissionen für Benzin und Dieselpkraftstoff genauer untersucht und es ist eine kleine, nicht wesentliche Änderung dieser Werte zu erwarten.

Schlussfolgerung

Die direkten CO₂-Emissionen von derzeit auf dem Markt angebotenen Erdgasfahrzeugen, unter Berücksichtigung des vom Werk angegebenen Verbrauchs, sind nicht immer so vorteilhaft, wie in vielen Literaturstellen behauptet wird.

Das Erdgasfahrzeug hat ca. 6% bis 8% Mehrgewicht als ein gleich gebautes Benzinfahrzeug. Mehrgewicht erfordert mehr Energie, also zusätzliche Emissionen, für die Überwindung von Reibungswiderständen und für Geschwindigkeitsänderungen. Mehrkosten entstehen auch bei der Anschaffung des Fahrzeugs.

Auf der Basis dieser Untersuchungen sind erdgasbetriebene Fahrzeuge mit bivalenten oder leicht modifizierten monovalenten Motoren, wie sie derzeit angeboten werden, nicht generell umweltfreundlicher als benzinbetriebene bzw. dieselpbetriebene, mit Partikelfilter ausgerüstete Fahrzeuge.

Anton Zeilinger – Isaac Newton Medaille

Das renommierte Institute of Physics (IOP) zeichnet Anton Zeilinger mit dem neu geschaffenen internationalen Preis aus. Der Quantenphysiker wird gewürdigt für „seine bahnbrechenden konzeptionellen und experimentellen Beiträge zu den Grundlagen der Quantenphysik, die zu Meilensteinen der sich rasch entwickelnden Forschung im Bereich der Quanteninformation geworden sind.“

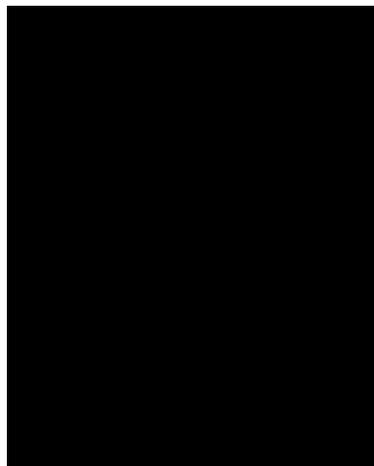
Das IOP, eine internationale Physikorganisation mit Sitz in England und mit über 34.000 Mitgliedern, hat mit der Isaac Newton Medaille heuer einen neuen internationalen Preis geschaffen. Der Preisträger wird unter allen Physikern der Welt und allen Teildisziplinen der Physik ausgewählt.

Professor Anton Zeilinger begann seine wissenschaftliche Karriere mit Untersuchungen zur Wellennatur von Materie, der Quanteninterferometrie mit Neutronen – zusammen mit berühmten Kollegen wie dem Wiener Helmut Rauch und dem Nobelpreisträger Cliff Shull am MIT. Sein Team war weltweit das erste, das die Welle-Teilchen Dualität an großen Molekülen nachweisen konnte und sich dem Ver-

ständnis des Übergangs zwischen Quantenphysik und klassischer Physik an diesen Systemen widmete.

Anton Zeilinger schuf neue experimentelle Fakten in der Debatte zur Interpretation der Quantenphysik und der Bedeutung von Realität und Lokalität.

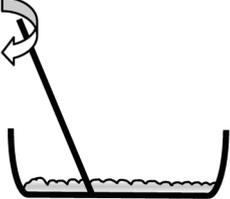
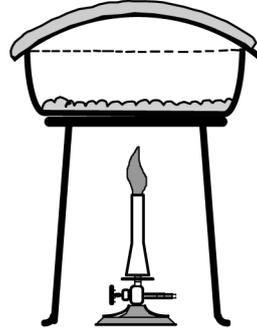
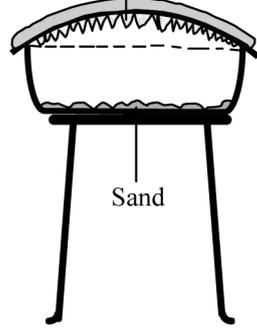
Seit den 90er Jahren untersuchte er in einer Serie von vielbeachteten Experimenten das Wesen von verschränkten Lichtteilchen. Seine Gruppe gehört weltweit zu den führenden Teams, wenn es um das Verständnis und die Anwendung polarisationsverschränkter Photonen geht. Er ist derzeit Dekan der Fakultät für Physik der Universität Wien und Direktor des Wiener Instituts für Quantenoptik und Quanteninformation der ÖAW.



Das Mottenpulver



Geräte: Dreifuß, Drahtnetz, Brenner, Glasabdampfschale, Uhrglas, Spatel, Glasstab	Chemikalien: Naphthalin	Materialien: feiner Sand, Rundfilter, Papierhandtuch, Stricknadel, Löffel
---	-----------------------------------	---

 <p>Naphthalin + Sand</p>	<p>Papierhandtuch mit Wasser</p> 	<p>Naphthalinnadeln</p>  <p>Sand</p>
<p>Vermische mit dem Glasstab einen Löffel Sand und eine Spatel voll Naphthalin in der Glasabdampfschale.</p>	<p>Auf die Glasabdampfschale legst du ein Rundfilter, das mit einer Nadel durchlöchert wurde. Nun deckst du mit einer Uhrglasschale ab und legst ein mit kaltem Wasser befeuchtetes Papier auf. Erhitze mit kleiner Flamme.</p>	<p>Nach einiger Zeit entfernst du das Papier, hebst das Uhrglas ab und betrachtest seine Unterseite.</p>

Beobachtung: *An der Glasinnenseite ist ein weißer Belag zu erkennen, der an den Stellen mit den Löchern etwas stärker ist.*
 Bei Erhitzen sublimiert Naphthalin und resublimiert an dem kalten Uhrglas. Sand ist nicht flüchtig und bleibt in der Glasschale.

ESCU - Experimentelle Schulchemie in der Unterstufe

von Werner Rentzsch und Christian Mašin

Seit einigen Jahren schon probieren wir im Rahmen eines Kursangebots des P.I. Wien (jetzt P.H. Wien) im Kurs „Chemie - von allen für alle“ die Experimentalchemie unter die Kollegen zu bringen. Seit dem WS 2005/06 decken wir in den ESCU-Einheiten („Experimentelle Schulchemie - Unterstufe“) den Lehrplan der Unterstufenchemie mit Versuchen ab.

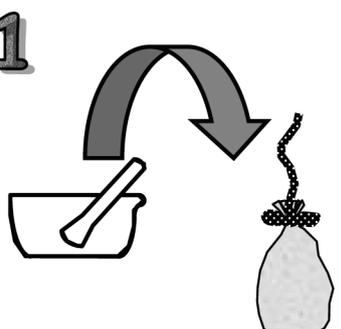
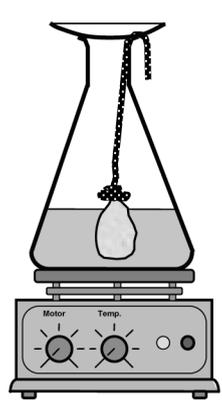
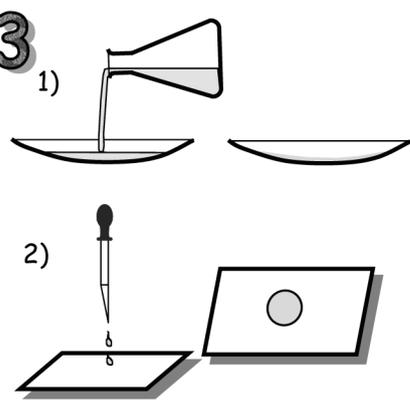
Die meisten Experimente fassen wir nach dem KISS-Prinzip („Keep It Short and Simple“) zusammen, sodass auch lesefaule Schülerinnen und Schüler (als auch Lehrerinnen und Lehrer) diese durchführen können - und wollen. Für lesefreudige Experimentatoren gibt es mitunter auch Zusatzinformationen, Erklärungen und Hinweise unterhalb des Versuchs.

ESCU 2: Physikalische Trennmethode I

Fett vom Suppenwürfel

Qualitative Extraktion; Quelle: PdN-Chemie/Heft 6/53/ S 22-23



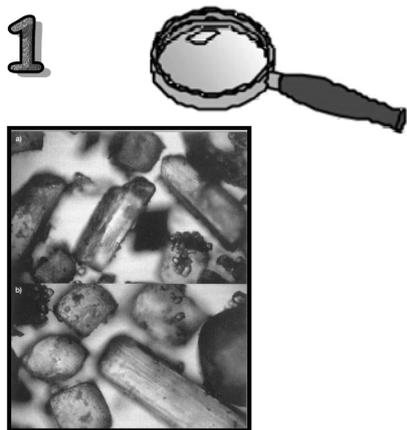
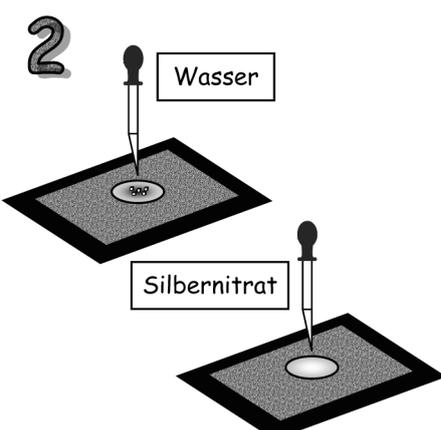
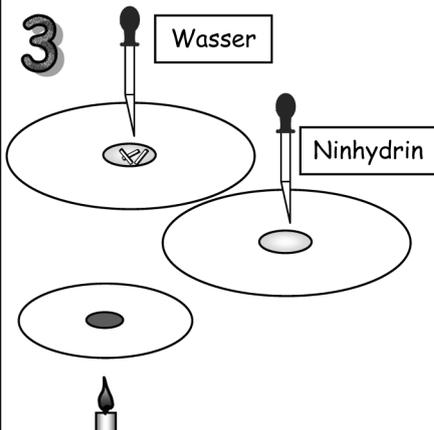
Chemikalien: Petroleumbenzin	Geräte: Reibschale + Pistill, Erlenmeyerkolben, 2 Uhrgläser, Heizplatte (Magnetrührer), Thermometer, Pipette.	Material: Suppenwürfel, Teebeutel, Schnur, Teelöffel, Papier.
<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p> 
<p>Zerkleinere den Suppenwürfel in der Reibschale.</p> <p>Gib etwa 2-3 Teelöffel davon in einen entleerten Teebeutel und schnüre diesen zu.</p>	<p>Fülle den Erlenmeyerkolben mit 100-150 ml Petroleumbenzin, hänge den gefüllten Teebeutel hinein, decke mit dem Uhrglas zu und erwärme auf 60-70°C.</p> <p>Überprüfe hin und wieder mit dem Thermometer.</p> <p>Nimm den Beutel nach etwa 5 Minuten heraus (aufheben!).</p>	<p>Fettnachweis:</p> <p>1) Gieße einige ml der Flüssigkeit in ein Uhrglas und lasse diese einige Minuten lang stehen. Am Glasboden bildet sich ein gelblicher Fettfilm.</p> <p>2) Gib einen Tropfen der Flüssigkeit auf ein Blatt Papier. Nach dem Verdunsten des Lösungsmittels bleibt ein transparenter Fettfleck auf dem Papier übrig.</p>



Kristalle im Suppenwürfel

Quelle: PdN-Chemie/Heft 6/53/ S 23-25

Chemikalien: Silbernitratlösung, ethanolische Ninhydrinlösung.	Geräte: Lupe, spitze Pinzette, Glasplättchen (Objektträger), Pipetten, Filterpapier.	Material: Trockener fettfreier Suppenwürfelrest, schwarzes Naturpapier, Kerze.
--	--	--

1 	2 	3 
Beobachte den sandartigen fettfreien Suppenwürfelrest mit der Lupe. Du erkennst würfelförmige und längliche Kristalle. Sortiere die unterschiedlichen Kristalle mit der Pinzette.	Kochsalz-Nachweis: Lege das Glasplättchen auf das schwarze Papierstück und gib einige der würfelförmigen Kristalle darauf. Löse die Kristalle in einem Tropfen Wasser auf. Fügen einen Tropfen Silbernitratlösung hinzu. Bei Anwesenheit von „Chloridionen“ bildet sich ein weißer Niederschlag von Silberchlorid. Suppenwürfel enthalten Natriumchlorid (Kochsalz).	Glutamat-Nachweis: Lege einige der länglichen Kristalle in die Mitte des Filterpapiers und versetze sie mit einem Tropfen Wasser. Füge noch 1-2 Tropfen Ninhydrinlösung hinzu und erwärme das Filterpapier im Abstand von 10-15 cm über einer Kerzenflamme. Die Stelle am Filterpapier färbt sich violett bei der Anwesenheit von Natriumglutamat.

Die **Ninhydrin-Reaktion** dient zum Nachweis von α -Aminosäuren (Bausteinen einer Eiweißkette). Natriumglutamat ist das Natriumsalz der L-Glutaminsäure und Hauptverantwortlich für die 5. Geschmacksempfindung auf der Zunge - Umami.

Herstellung des Ninhydrin-Reagenzes: 0,1 g Ninhydrin in 10 ml 96 % Ethanol lösen und auf 100 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.

Die Nachweise können natürlich auch im RG durchgeführt werden.



Pfeffer und Salz

Geräte: Trichter, Erlenmeyerkolben, Schnappdeckelglas, Pinzette, Lupe, Spritzflasche	Chemikalien: Natriumchlorid (Kochsalz)	Materialien: Pfeffer, weißes Papier, Luftballon (weiß oder gelb), Mischfeder, Rundfilter
--	--	--

<p>Gib auf ein weißes Stück Papier je ein kleines Häufchen Pfeffer und Salz und vermische mit einer Feder. Betrachte das Gemenge mit einer Lupe und nimm mit der Pinzette einige Kochsalzkristalle aus dem Gemenge und lege sie zur Seite.</p>	<p>Reibe den Ballon an frisch gewaschenen Haaren oder an einem Pullover mit Kunstfasern. Halte den Ballon mit der geriebenen Seite über das Pfeffer/Salz-Gemenge.</p>	<p>Schütte das Gemenge in ein Schnappdeckelglas und fülle es zu ca. $\frac{3}{4}$ mit Wasser. Verschließe das Glas und schüttle. Filtriere in einen kleinen Erlenmeyerkolben. Sollte das „Wasser“ nicht klar sein filtriere ein zweites mal.</p>

Beobachtung: *Unter der Lupe sind die einzelnen (kubischen) Salzkristalle erkennbar. Am geriebenen Ballon sind die Pfefferteilchen und auch Salzkristalle gut erkennbar - während der Anziehung kann man auch ein prasselndes Geräusch hören. Der Großteil der Pfefferteilchen bleibt im Filter.*

Die Salzkristalle sind unter der Lupe gut erkennbar und können leicht mit der Pinzette aussortiert werden.

Durch die Reibung wird der Ballon elektrostatisch geladen und zieht die kleinen Teilchen an - Pfeffer etwas stärker als Salz.

Beim Schütteln löst sich das Salz. Die Pfefferteilchen bleiben im Filter - etwas Farbe ist im sonst klaren Filtrat erkennbar.

Sunny side up

3. Preis des „European Science Teaching Award“ beim internationalen Wettbewerb Science on Stage 2 in Grenoble

Ida Regl

„Sunny side up“ war ein sehr umfangreiches Projekt an der Volksschule Lichtenberg bei Linz. Es war nicht nur bei allen Beteiligten vor Ort, sondern auch beim internationalen Wettbewerb „Science on Stage 2“ (2. bis 6. April 2007) in Grenoble sehr erfolgreich. Dort erreichte es den 3. Preis der Kategorie „European Science Teaching Award“. „Science on Stage 2“ hatte 500 Teilnehmer aus 27 Ländern zum Festival eingeladen.

Das Projekt

Wir suchten ein Thema, das sich eignete, möglichst viele Bereiche aus dem Lehrplan und darüber hinaus abzudecken und Experimente nicht nur um ihrer selbst willen durchzuführen, sondern sie in einen übergeordneten Kontext einzubinden. Die Lage der Schule über der Nebelgrenze, der Name des Ortes und einzelner Ortschaften – Lichtenberg, Sonnendorf, Sonnenweg – spielten bei der Themenfindung neben der Komplexität des Themas und der Möglichkeit, über einen längeren Zeitraum daran zu arbeiten, eine wichtige Rolle. Die Sonne und ihre Beziehung zur Erde wurden zum Halbjahresthema der gesamten Volksschule Lichtenberg, alle Klassen und alle Lehrerinnen nahmen teil.

Seit Urzeiten beobachteten Menschen den Himmel, nicht nur um sich nachts auf dem Meer zu orientieren, sondern auch die günstigen Zeiten zum Anbau von Getreide und anderen jahreszeitabhängigen Tätigkeiten zu bestimmen. Jahrtausende lang haben sie versucht, die Sonne aus ihrer eigenen Sicht der Welt zu erklären.

Wir wollten die Neugier der Kinder wecken und ihnen zeigen, dass die Sonne und ihr Einfluss auf die Erde alles andere als selbstverständlich sind. Wir weckten dabei auch die Neugier vieler Eltern, schulfremde Personen und Experten unterstützten uns. Wir erweiterten das Unterrichtskonzept, indem Kinder nicht nur in den eigenen Klassen unterrichtet wurden, sondern ein Austausch zwischen den Klassen stattfand. Alle lernten mit einander und von einander. Zunächst sammelten wir die Fragen der Kinder.

Ida Regl ist Direktorin der Volksschule Lichtenberg bei Linz.
e-mail: ida.regl@vs-lichtenberg.at
Eine kompakte Projektbeschreibung ist unter http://www.schule.at/index.php?url=news&rubrik=Aus+den+Schulen&news_id=4230 zu finden



Der Schirm mit den Fragen der Kinder

Die Fragen der Kinder - einzeln an den Schirm geheftet - bestimmten den Inhalt des Unterrichts. Es war erstaunlich zu sehen, welche tiefgreifenden Fragen Kinder stellen. Die Fragen bewirkten bald einen Wechsel der Perspektive: Der Blick war nicht mehr nur von der Erde zur Sonne, sondern auch von der Sonne auf unser winziges Raumschiff Erde gerichtet. Die moderne Weltraumtechnik ermöglicht das heute. Plötzlich bekamen die Verletzbarkeit und die Kostbarkeit unserer Erde einen anderen Stellenwert!

Beobachten, sich informieren, ausprobieren

Wir begannen, die Sonne von der Klasse aus, aber auch in der freien Natur und in der Freizeit zu beobachten, sammelten Informationen (Bücher, Internet, Videos, DVDs) und stellten das Sonnensystem im richtigen Maßstab her.



Informiere dich selbst!



Planeten aus Ballons und Papiermâché (Arbeit mehrerer Klassen)

„Antworten finden“ muss aber nicht bedeuten „Antworten verstehen“. Um sie begreifbar zu machen, suchten wir nach Experimenten. Die Versuche mussten einfach sein, um die Kinder nicht zu überfordern. Sie durften fast nichts kosten, weil kein Geld zur Verfügung stand. Wir wählten vier Themengruppen:

1. Licht und Schatten (7-10)
2. Luft und Vakuum, Atmosphäre und Weltraum, Magnetismus und Gravitation (8-10)
3. Regenbogen, sichtbare und nicht sichtbare Strahlung (6-10)
4. Sonne: Oberfläche, Sonnenwinde, Sonnenflecken, Reflexion und Absorption Energie, Größenverhältnisse/ Sonnensystem, Sterne (Sonne) und Planeten (9-10)

Licht und Schatten

Licht und Schatten nahmen unsere Kinder in ihrem Alltag zuvor kaum mehr wahr. Auch der Blick zum Himmel wird je nach Wohnumgebung der Kinder immer seltener. Wie sonst könnte es passieren, dass Achtjährige fünf Minuten lang rätseln, warum ihr eigener Schatten auf dem Boden verschwindet, weil sich eine Wolke langsam vor die Sonne schiebt. Doch damit begann ein spannendes Abenteuer, das den Kindern täglich neue Entdeckungen bescherte.

Wenn die Sonne scheint, wirft alles einen Schatten: jedes Haus, jeder Baum, jeder Mensch. Lichtstrahlen breiten sich geradlinig aus. Sie können sich nicht um die Ecke biegen. Die Kinder begannen, Licht und Schatten täglich zu beobachten und fanden eine Menge dabei heraus. Hier nur ein paar wenige Beispiele:



Auch kleine Schüler werfen lange Schatten

- Der Schatten ist am Morgen und am Abend viel länger als zu Mittag.
- Der Schatten fällt am Abend in eine andere Richtung als am Morgen.
- Er ist vor oder hinter mir, je nachdem ob ich der Sonne entgegen oder von ihr weg gehe.
- An schattigen Stellen bleibt Schnee länger liegen, wachsen andere Pflanzen als an sonnigen.
- Auf der Schattenseite der Erde ist es Nacht...
- Je nach Stand der Sonne und des Betrachters ändern sich die Größe des Schattens und die Schattenseite.
- Bewegt der Mond sich in 28 Tagen einmal rund um die Erde, sehen wir ihn jeden Tag an einem anderen Ort (Mondphasen).



Beim Blick durch das Loch können die Kinder beobachten, wie der Mond die Sonne verfinstert.

Luft und Vakuum, Atmosphäre und Weltraum

Erde und Weltraum stehen enger in Verbindung, als uns das im Alltag bewusst ist. Je mehr wir uns damit auseinandersetzen, desto größer wurde das Interesse.

Luft und Luftdruck

Luft hat ein Gewicht, lässt sich zusammen pressen. Wäre die Erde nicht umgeben von einer nach oben hin immer dünner werdenden Atmosphäre, könnten Menschen, Tiere und Pflanzen nicht leben. Je höher wir hinaufsteigen, desto niedriger wird der Luftdruck. Der Schweredruck der Luft entsteht, weil die oberen Luftschichten auf die darunter liegenden drücken. Wir leben am Boden des „Luftmeeres“. Beim Tauchen im Wasser können wir das gut nachempfinden. Um Experimente kennen zu lernen, besuchten wir das BRG Fadingerschule in Linz, wo Schüler/innen aus der 6. Klasse unter der Leitung von Frau Prof. Monika Turnwald den Kindern der 4. Klasse Volksschule vieles über Luft und Vakuum zeigten.



Ein evakuierter Glaskolben wiegt weniger.

Atmosphäre und Weltraum

Vieles, was wir kennen, verhält sich im Vakuum anders als in der Luft. Im Weltall gibt es keine Luft, daher keine Geräusche.



Wasser siedet im Vakuum bei Zimmertemperatur

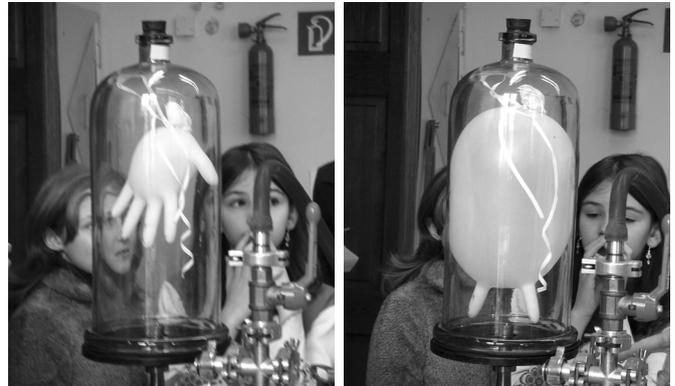
Eine große Überraschung erlebten die Kinder, als sie den Finger in „kochendes“ Wasser tauchten, das gerade aus dem Rezipienten kam. Es war kalt!

Es wird vermutet, dass die Sonne nicht nur in ihrem Inneren laute Geräusche erzeugt, sondern auch, wenn Sonnenwinde Millionen von Kilometern in das Weltall geschleudert werden. Doch wegen des Vakuums im Weltraum hören wir nichts davon.



Keine Schallausbreitung im luftleeren Rezipienten.

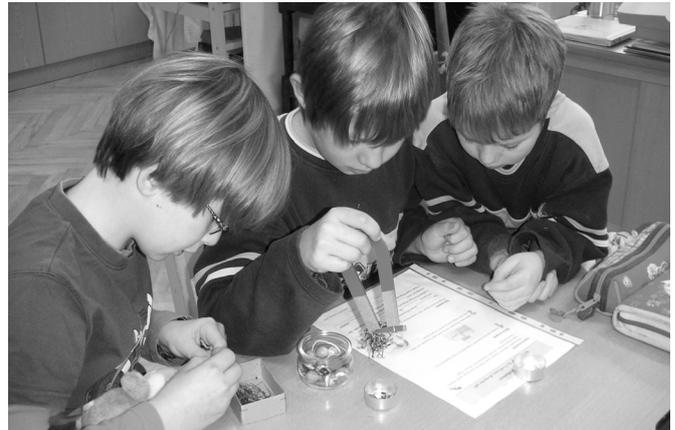
Eine im Rezipienten eingeschaltete Klingel ist zuerst laut zu hören, wird aber leiser, wenn Luft aus dem Rezipienten abgepumpt wird. Ihr Klingelton verstummt ganz, wenn die Glasglocke luftleer ist.



Die Kinder beobachteten staunend, wie sich beim Evakuieren der Gummihandschuh ausdehnte

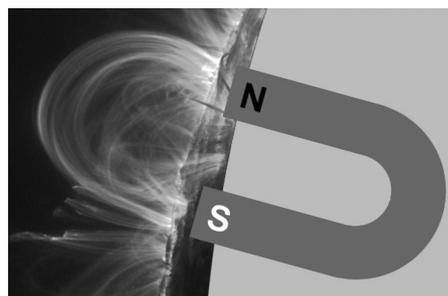
Magnetismus

Die Kinder machten erste Versuche mit Magneten. Sie erfuhren, dass gleiche Pole sich abstoßen und verschiedene sich anziehen, was ein Magnetfeld ist und dass sich Magneten gut für zukünftige Zauberer eignen.



Faszination Magnetismus

Sie lernten, warum Gebiete auf der Erde Nordpol und Südpol heißen, und dass die Erde ein Magnetfeld besitzt. Es schützt die Menschen vor Gefahren aus dem Weltall, und führt zu den geheimnisvollen Polarlichtern, wenn Sonnenwinde auf die Erdatmosphäre treffen. Sie lernten auch, dass Sonnenflecken etwas mit Magnetismus zu tun haben.



Protuberanzen, Sonnenflecken und Magnetismus

Gravitation

Die Erde ist in ihrem Inneren magnetisch. Diese Tatsache macht es Kindern schwer zu verstehen, dass es nicht „dieser Magnet“ ist, der Äpfel, Bleistifte, Bälle, Schnee und Regen auf den Boden fallen lässt. Gravitation hat nichts mit Magnetismus zu tun, ist aber die Ursache dafür, dass alles auf den Boden fällt, dass die Wolken nicht in das Weltall entschwinden, dass die Planeten auf einer nahezu gleich bleibenden Bahn um die Sonne kreisen.



Analogieexperiment zur Anziehung durch die Sonne

Es ist für Kinder und viele Erwachsene schwer vorstellbar, dass Körper sich anziehen und wie sich die Erde um die Sonne bewegt. Ein Analogieexperiment erwies sich als hilfreich: Eine Latexfolie über einen Kübel gespannt, in die Mitte ein Golfball gelegt, simuliert das Schwerefeld der Sonne. Murmeln einfach vom Rand losgelassen, landen in der „Sonne“. Schießt man sie vorbei, so kreisen Sie um die „Sonne“: sie sind in der Mulde gefangen.



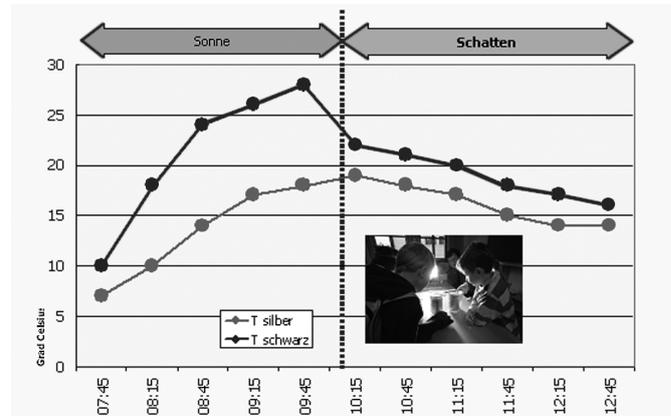
Im Kreis laufen die Schülerinnen nur so lange, wie sie von der im Zentrum stehenden Schülerin um die Kurve gezogen werden. Lässt ein Kind die Hand los, läuft es gerade weiter.

Regenbogen und (nicht) sichtbare Strahlung, die Sonne

Intensiv untersuchten wir Lichtbrechung und die Farben des Regenbogens. Ob man auf der Sonne landen und spazieren gehen kann, wollten viele Kinder wissen. Abgesehen von der Hitze, konnten sich die Kinder nicht vorstellen, wie die Oberfläche aussehen könnte. In diesem Fall war außer einem Versuch das Internet mit kleinen animierten Bildern sehr hilfreich. Um den Unterschied zwischen Sternen (Sonnensystemen) und Planeten sichtbar zu machen, bastelten wir eine

„Black Box“ – eine Schachtel mit zwei Styroporkugeln in ihrem Inneren. Eine davon ist von innen, die andere von außen beleuchtet.

Die unterschiedliche Absorption von Strahlung untersuchten wir in einem eindrucksvollen, einfachen Experiment:



Ein mit schwarzer Farbe bemaltes und ein mit Alufolie umhülltes Glas erwärmen sich in ihrem Inneren bei gleicher Bestrahlung verschieden.

Zusätzlich zu unseren kleinen Experimenten veranschaulichten ein Sonnenofen und eine Fotovoltaikanlage, die von Eltern organisiert worden waren, die Nutzung der Sonnenenergie.



Ein Vater zeigt den Kindern eine Fotovoltaikanlage.

Gemeinsame Aktionen – Highlights

Highlights und Powerpoint-Präsentationen sollten dazu beitragen, Experimente und Erfahrungen Klassen übergreifend auszutauschen, Kinder und Lehrerinnen neu zu motivieren, neue Zugänge zu schaffen, gemeinsam zu feiern.

Wintersonnenwende

Die ganze Schule feierte in der Turnhalle das Ende der langen Dunkelheit. Die vielen Lichter bedeuteten das Symbol für Neubeginn, Auferstehung und Hoffnung, wiesen aber auch auf die Wurzeln des christlichen Weihnachtsfestes hin.



Gemeinsames Feiern

Ticket to the sun

Die Kinder wurden in kleine Gruppen eingeteilt, bekamen einen Reiseprospekt, einen eigenen Reisepass, ein eigenes Ticket und besuchten von über 20 Stationen jene, die sie am meisten interessierten und die sie beim Reisebüro „SunTours“ gebucht hatten. Der Reiseleiter, den sie selber gewählt hatten, sorgte für einen klaglosen Ablauf. Jede Station sollte die Kinder „näher zur Sonne bringen“ und ihr Wissen vertiefen.

Regenbogen - Meditation und Tanz

Mit Tüchern in den Farben des Regenbogens tanzten alle Kinder der Schule zu irisch-keltischer Musik.

Gutscheine

An der Schule ist es üblich, dass Kinder sich Gutscheine für Hausübungen verdienen können. Das waren in diesem Jahr kleine Bilder mit Themen, die das Projekt betrafen. So ergaben sich viele „private“ Gesprächsanlässe.

Was wir dabei gelernt haben

- Projektleiter müssen sehr gut vorbereitet sein, um Lehrer und Eltern zum Mitmachen zu motivieren.
- Kurze Einzelaktionen hätten bei diesem Projekt keinen großen Effekt erzielt. Im Idealfall lässt sich ein Zyklus entwickeln, der jedes Jahr einen anderen Schwerpunkt beinhaltet.
- Es war Team bildend und regte zu gemeinsamem Lernen an.
- Lehrerinnen und Eltern lernten einander besser kennen
- Eltern kamen in die Schule, um mitzuarbeiten, neue Ressourcen einzubringen und zu lernen.
- Das Projekt wurde fächerübergreifend gestaltet. Der Schwerpunkt lag auf dem naturwissenschaftlichen Bereich, weil gerade dieser oft zu kurz kommt.

- Naturwissenschaftliche Themen bringen Väter in die Schule.
- Motivierte Kinder motivieren andere, motivierte Lehrerinnen und Eltern tun dies auch.
- Kinder müssen etwas „begreifen“, um begreifen zu können.
- Es ist wichtig, Experten einzubeziehen, um Fehler nach Möglichkeit zu vermeiden.

Fortsetzung

„Sunny side up“ hat eine Lawine an neuen Ideen losgetreten. Ein Planetenwanderweg für Kinder ist in Planung, damit auch die Distanzen im richtigen Verhältnis vorstellbar werden. Den Ausgangspunkt liefert die „Metallsonne“, hergestellt von einem Vater und mehreren Kindern im Laufe des Projektes.



Die Metallsonne wird vor das Schulhaus gestellt.

Im Schuljahr 2007/08 steht der Einfluss der Sonne auf unser Wetter und das Klima unserer Erde im Mittelpunkt.

Dabei können wir auf Vorhandenes aus dem Vorjahr zurückgreifen. Wieder suchen alle nach Experimenten zum besseren Verstehen von Luftströmungen, Aggregatzuständen des Wassers, Wasserkreislauf, Gewitter, Energie von Sonne, Wind und Wasser. Dabei unterstützen uns viele Eltern.

Nicht nur die vielen Experimente waren es, die das Projekt zu etwas Besonderem werden ließen, sondern die Zusammenarbeit so vieler Menschen. Es ist gelungen, Schulpartnerschaft zu leben!

Wissenschaft im Dienste der Kunst

Die Untersuchung von Zeichnungen Albrecht Dürers mittels Protonen-induzierter Röntgenemission

Petra Milota und Birgit Schörkhuber

Untersuchungen von Kunstgegenständen mit modernen naturwissenschaftlichen Methoden sind in den letzten Jahrzehnten zu internationalem Standard geworden und liefern der Kunstgeschichte unverzichtbares Datenmaterial. So befindet sich zum Beispiel unterhalb des Musée du Louvre in Paris ein mehrstöckiges Labor, das „Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF)“, in dem Expertinnen und Experten aus Naturwissenschaft und Kunst gemeinsam forschen.

In Österreich sind die Möglichkeiten, die sich aus der Zusammenarbeit von Physik und Kunst ergeben, in der Öffentlichkeit wenig bekannt. Ein wichtiger Schritt wurde in den letzten Jahren gemeinsam von der Wiener Albertina und einer Forschungsgruppe unter der Leitung von Robin Golser und Walter Kutschera am Vienna Environmental Research Accelerator (VERA) unternommen.

Der Transport von Kunstschatzen ins Ausland ist bekanntlich ein kostspieliges und risikoreiches Unterfangen. Als vom Pariser C2RMF im Zuge der Komplettierung einer Untersuchung an Werken des Renaissancekünstlers Albrecht Dürer (1471 – 1528) der Wunsch geäußert wurde, ein Blatt aus dem berühmten Skizzenbuch des Meisters aus der Albertina zu entleihen, entstand die Idee, die Untersuchungen vor Ort in Wien durchzuführen.

Am Teilchenbeschleuniger VERA der Fakultät für Physik an der Universität Wien bauten die Forscherinnen und Forscher, unterstützt durch das Know-how französischer und deutscher Kollegen/innen, innerhalb von zwei Jahren ein Experiment namens PIXE (kurz für „Proton Induced X-ray Emission“) auf. Seit den 70er Jahren hat das spektroskopische Verfahren zur Multi-Elementanalyse von Oberflächen zahlreiche Anwendungen in verschiedensten Wissenschaftsbereichen gefunden – von Metallurgie über Umweltp Physik bis hin zu Archäologie und Kunstgeschichte.

Im Sommer 2006 wurden insgesamt vier Werke Albrecht Dürers in Wien untersucht. Darunter auch das berühmte „Selbstbildnis Albrecht Dürers als 13-jähriger“ (1484; Albertina, Inv. Nr. 4839) und das nur zwei Jahre später

entstandene „Porträt von Albrecht Dürer dem Älteren“ (1486; Albertina, Inv. Nr. 4846), von dem aufgrund seiner hohen künstlerischen Reife immer noch unklar ist, ob es von der Hand des Vaters oder des jungen Künstlers selbst stammt.

Dürers Skizzenbuch – Reise durch die Niederlande

1520 macht sich der Nürnberger Meister Albrecht Dürer gemeinsam mit seiner Frau Agnes auf den Weg in die Niederlande. Der eben erst gekrönte Kaiser Karl V. soll dem angeblich etwas knauserigen Künstler die Staatsrente bestätigen. Im Gepäck findet sich neben einem Tagebuch, in dem er die Reise akribisch protokolliert, auch sein Skizzenbuch samt Silberstift, einem Zeichenwerkzeug, das in der Renaissance weit verbreitet war.

Im Laufe der einjährigen Reise fertigt der allorts gefeierte Künstler eine Reihe von Skizzen an, zu denen sich detaillierte Beschreibungen in seinem Tagebuch finden.

Den Hauptteil dieses Buches findet man heute in Museen in Frankfurt, Berlin, Chantilly, Nürnberg und London. Das Blatt, das in der Wiener Albertina zu sehen ist, zeigt die Zeichnungen „Mädchen in kölnischer Tracht; Frau Agnes Dürer“ (1520/21; Albertina, Inv. Nr. 22385 D 143) auf der Vorderseite und „Liegender Löwe“ (1520/21; Albertina, Inv. Nr. 22385 D145v) auf der Rückseite.

Silberstiftzeichnungen, wie man sie in Dürers Skizzenbuch findet, sind aufgrund ihrer Seltenheit in der Kunstgeschichte besonders wertvoll. Metallstifte aus Gold, Silber, Bronze, Messing oder Blei, die Künstler der Renaissance häufig verwendeten, wurden später durch andere Zeichenwerkzeuge ersetzt.

Damit der Stift einen Strich auf dem Papier hinterließ, mussten die Papiere aufwendig behandelt werden. Den Hauptbestandteil der Grundierung bildete in der damaligen Zeit meist ein Gemisch aus Knochenasche (zerriebenen, gebrannten Hühnerknochen) und Leim. Ein Silberstrich ließ sich, im Gegensatz zum radierbaren Bleigriffel, nur durch Abkratzen der Grundierung wieder entfernen, was die Werke schon damals besonders wertvoll machte.

Dr. Petra Milota ist Mitarbeiterin in der VERA-Arbeitsgruppe der Fakultät für Physik der Universität Wien und hatte die beschriebene Untersuchung zum Thema ihrer Dissertation.
Birgit Schörkhuber bac., ist Mitarbeiterin am AECC Physik, Univ. Wien.

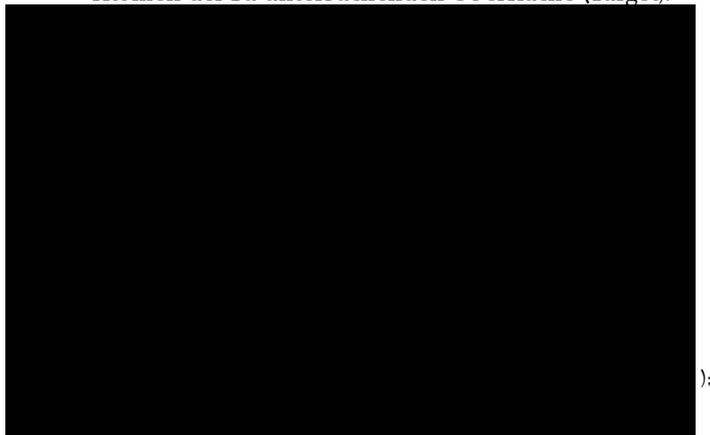


feinen Strichen zusammen.

Dieser Silberstrich, dessen Abrieb nur einige 10 nm dünn ist, liefert den Forschenden die Grundlage für ihre Untersuchungen. Mit der PIXE Methode wird ein „chemischer Fingerabdruck“ des Stiftes erstellt, wodurch die Zeichnungen miteinander verglichen werden können – jeder Silberstift weist ein eigenes charakteristisches Profil auf.

Wie funktioniert PIXE?

Die PIXE Methode basiert auf der Emission charakteristischer Röntgenstrahlung bei Streuung von Protonen an den Atomen der zu untersuchenden Oberfläche (Target).



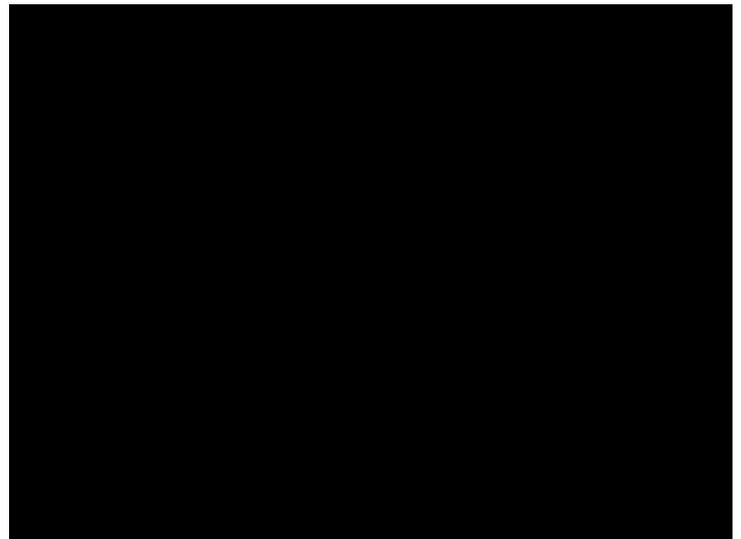
Am Wiener Beschleuniger verwendet man dafür einen Protonenstrahl, der auf 3 MeV beschleunigt und auf einen Durchmesser von 100 μm gebündelt wird. Durch ein dünnes Siliziumnitrid-Fenster tritt der Strahl aus dem evakuierten Strahlrohr in die freie Atmosphäre. In Luft hat er eine Reichweite von ca. 14 cm. Er trifft jedoch nach etwa 1 cm auf das Zeichenblatt und wird dort in einer Schicht von 200 μm absorbiert, so dass hinter dem Objekt keine Strahlenbelastung auftritt. Dass die Messungen an Luft und nicht im Vakuum durchgeführt werden und keine Proben dem Kunstobjekt entnommen werden müssen, ist für die Untersuchung dieser wertvollen Objekte Bedingung und erlaubt die Anwendung dieser kernphysikalischen Methode.

Kurz zur Erinnerung zusammengefasst entsteht die Charakteristische Röntgenstrahlung folgendermaßen:
Die einfallenden Protonen wechselwirken mit den Targetatomen, wobei in einem Teil der Stöße Elektronen der innersten Schalen herausgeschlagen werden. Bei der anschließenden Umordnung der Elektronenhülle werden die unbesetzten inneren Schalen wieder besetzt und dabei wird

Röntgenstrahlung emittiert. Eine Möglichkeit ist, dass das einfallende Proton ein Elektron aus der innersten Schale, der K-Schale „herausschlägt“. Wird die entstandene Lücke durch ein Elektron der energetisch nächst höheren L-Schale aufgefüllt, das nun in einen niedrigeren Energiezustand übergeht, wobei ein Röntgenquant mit entsprechender Energie emittiert wird, wird dies als K_{α} -Übergang bezeichnet. Außer dem K_{α} -Übergang sind weitere Übergänge möglich, wobei der Lateinische Buchstabe immer die Schale bezeichnet, die aufgefüllt wird und der griechische Index anzeigt, ob dies durch ein Elektron der nächsten, übernächsten oder einer weiter außen liegenden Schale geschieht. Allgemein wird die Energie der dabei emittierten Strahlung durch folgende Verallgemeinerung der Balmer-Formel beschrieben:

$$E_{\text{Strahlung}} = hcR(Z - K)^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

R bezeichnet die Rydbergkonstante, Z die Ordnungszahl. K beschreibt die Abschirmung der Kernladung durch die Elektronen, die sich zwischen dem betrachteten Elektron und dem Kern befinden, n_1 bezeichnet die innere, n_2 die äußere Schale. Hier wird ersichtlich, dass die Energie der emittierten Röntgenstrahlung von der Ordnungszahl des Targetatoms abhängig ist.



Die dicke Linie zeigt die Charakteristik eines Silberstriches, die graue Fläche zeigt die Grundierung.

Durch die Messung der Energie der charakteristischen Röntgenstrahlung mit Halbleiterdetektoren wurden in dieser Untersuchung Elemente ab der Ordnungszahl $Z = 16$ (Schwefel) nachgewiesen. Die Intensität der Strahlung gibt Rückschlüsse auf die Menge, in der das Element vorhanden ist. Nach Berücksichtigung des durch Papier und Grundierung verursachten Hintergrundes lässt sich die chemische Zusammensetzung der Spuren des Zeichenstifts angeben.

Dürers Bilder bei VERA

Auf diese Weise sollte auch die Untersuchung der Dürerbilder Rückschlüsse auf die Entstehung der Werke erlauben.

Frühere Untersuchungen legten nahe, dass Dürer auf seiner Reise durch die Niederlande nur einen einzigen Stift benutzte – mit PIXE sollte nun untersucht werden, ob die beiden Reisezeichnungen des Skizzenblattes der Albertina auch mit diesem Stift gezeichnet wurden. Nach zweijähriger Vorbereitung und Entwicklung der Methode kamen endlich im Juli 2006 die Bilder ins Labor. 2 Tage hatte das Forscherteam für die Messungen Zeit, wobei aus Sicherheitsgründen die Werke abends wieder zurück ins Museum mussten. Im Labor drängten sich das VERA-Team, Wissenschaftler aus Paris und Berlin, Kunstexperten der Albertina, sowie ein Fernseherteam des ORF um die Kostbarkeiten.

Als kleine Herausforderung erwies sich der Umgang mit den Kunstexperten/innen, die um ihre Kostbarkeiten besorgt waren. Man musste sehr vorsichtig mit gewissen Begriffen aus dem Fachjargon umgehen. Aussagen wie „man beschießt das Bild“ oder „Teilchen werden herausgeschlagen“ ließen anfangs manche um die kostbaren Werke bangen.

Tatsächlich hält man die PIXE-Methode jedoch für zerstörungsfrei und auch der Alterungsprozess des Papiers wird nachweislich nicht beeinflusst. Um die Sicherheit der Bilder zu gewährleisten und auch Spätfolgen der Bestrahlung auszuschließen, wurden Testmessungen an mehr als 500 Messpunkten mit verschiedenen Papieren durchgeführt, die zusätzlich einem künstlichen Alterungsprozess unterworfen wurden. Dabei konnten keine Langzeitschäden festgestellt werden.

Nach Analyse der gewonnenen Daten kam man schließlich zum Ergebnis, dass der Stift, mit dem die beiden Werke „Mädchen in kölnischer Tracht; Frau Agnes Dürer“ und „Liegender Löwe“ gefertigt wurden, dieselbe chemische Zusammensetzung aufwies, die man schon bei der Analyse anderer Bilder des Skizzenbuches in Paris und Berlin fand.

Außerdem konnte man nachweisen, dass das „Selbstbildnis Albrecht Dürers als 13-jähriger“ und das „Porträt von Albrecht Dürer dem Älteren“ höchstwahrscheinlich mit dem selben Stift gezeichnet wurden. Ob dies nun für den jungen Dürer selbst als Urheber des letzteren Bildes spricht, obliegt der Interpretation der Kunsthistoriker.

Durch die Untersuchungen konnte auch eine in deutsch-französischer Kooperation erstellte internationale Datenbank erweitert werden. Durch Vergleich mit den Analysedaten von etwa 100 Zeichnungen deutscher, niederländischer und italienischer Künstler können Werke, deren Ursprung oder Datierung bisher unbekannt sind, eventuell einem Künstler, seiner Werkstatt oder einer Schule zugeordnet werden.

Wie Galilei dachte und Gutenberg druckte

Das PIXE-Verfahren wird seit Jahrzehnten vielerorts zur Analyse graphischer Kunst verwendet. Seit einigen Jahren untersuchen Wissenschaftler in Florenz Blätter der *Manoscritti galileiani* (Vol. 72) von Galileo Galilei, einer Sammlung aus losen, undatierten Handschriften, welche sowohl Messdaten als auch Beschreibungen von Experimenten und Überlegungen zur Bewegung von Körpern enthalten. Für Wissenschaftshistoriker ist die ideengeschichtliche Entwicklung Galileis hin zu den berühmten Bewegungsgleichungen von besonderem Interesse. Dazu ist allerdings eine genaue Datierung seiner Notizen notwendig. Mit Hilfe von PIXE wird die Zusammensetzung der Tinte auf den Handschriften untersucht – ihren chemischen Fingerabdruck vergleicht man mit datierten Schriften, meist persönliche Aufzeichnungen Galileis wie Briefe oder Geschäftsunterlagen.

Die Gutenbergbibel wurde vor nunmehr 20 Jahren von amerikanischen Forschern an der University of California in Davis untersucht. Obwohl über die Methoden des Erfinders des Buchdrucks nur wenig dokumentiert ist – niemand weiß, wie die erste Druckerpresse tatsächlich aussah – konnte durch Analyse des Spektrums der Tinte dem Erfinder noch ein Quäntchen mehr Genie zugeschrieben werden: Während andere Drucker des 15. Jhdts Tinte verwendeten, die vor allem auf Ölen und Ruß basierte, fand man in Gutenbergs Tinte ungewöhnlich hohe Konzentrationen von Blei und Kupfer. Diese Bestandteile verleihen der Tinte auch nach Jahrhunderten noch einen frischen Glanz. Die zwischen 1454 und 1456 entstandene Bibel gilt heute noch als einer der hochwertigsten Buchdrucke überhaupt.

Im Zusammenhang mit der Untersuchung der Albertina-Bilder haben sich auch für PIXE in Wien weitere interessante Forschungsmöglichkeiten für die Zukunft aufgetan.

Herzlichen Dank an die VERA-Arbeitsgruppe unter der Leitung von Prof. Walter Kutschera und Prof. Robin Golser für freundliche Unterstützung und die Bereitstellung des Bildmaterials

Weitere Quellen

- A. Duval et al: Particle induced X-ray emission: a valuable tool for the analysis of metalpoint drawings (NIMB 226 (2004) 60-74)
- P.A. Mandò et al: Galileo's writing: chronology by PIXE (NIMB 95 (1995) 389 – 392)
- Archiv der New York Times, 12. Mai 1987: A beam of protons illuminates Gutenberg's genius

Gravity Probe B

Nachweis des Thirring-Lense Effekts

Ein Präzisionsexperiment zur Vermessung der Struktur der lokalen Raumzeit

Birgit Schörkhuber

Im Mai 2007 feierte Walter Thirring, Sohn von Hans Thirring und wie sein Vater ein bedeutender Wiener Physiker, seinen 80. Geburtstag. Unter den Vortragenden beim „Thirring-Fest“ an der Fakultät für Physik der Universität Wien war auch Dr. Berry Muhlfelder (University of Stanford). Mit den Worten „I really wished that I could tell you: Walter, we have measured it! Unfortunately I guess I have to wait a few more months“, beschloss Muhlfelder seine Geburtstagswünsche.

Den Hintergrund für diese Anekdote liefert ein Aspekt der Allgemeinen Relativitätstheorie, der vor beinahe 90 Jahren von Hans Thirring beschrieben wurde und dessen experimenteller Nachweis Physiker/innen seit über 40 Jahren beschäftigt: Der Einfluss rotierender Massen auf die umgebende Raumzeit.

Albert Einstein präsentierte 1915 mit der Allgemeinen Relativitätstheorie ein völliges neues physikalisches Bild von Raum und Zeit. Auch der Wiener Physiker Hans Thirring (1888-1976) widmete sich der Theorie und ging in einer Veröffentlichung von 1918 der von Frage nach, ob und auf welche Weise eine rotierende Hohlkugel durch ihre Bewegung die Raumzeit beeinflusst [1]. Thirrings Berechnungen zeichnen ein Bild, das sich von der Newtonschen Betrachtungsweise deutlich unterschied. Die Ergebnisse zeigten, dass durch die Rotation der Zentralmasse auch lokale Inertialsysteme in der Umgebung dieser Masse in Rotation versetzt werden.

Im selben Jahr noch publizierte er mit Josef Lense (1890-1985) eine Arbeit, in der sie diese Ansätze auf ein etwas realistischeres Problem anwandten [2]. Die beiden Physiker berechneten den Einfluss der Rotation eines Zentralkörpers auf die Bahn eines kleinen Satelliten und fanden eine weitere Abweichung zur Newtonschen Physik: auch der Schnittpunkt zwischen Bahnebene und Äquator wandert – die Bahnebene des Satelliten ändert sich (ausführlicher Artikel in Plus Lucis 2/99 [3]). Diese beiden Effekte wurden schließlich unter dem Namen **Thirring-Lense Effekt** bekannt.

Birgit Schörkhuber bac., ist Mitarbeiterin am AECC Physik, Universität Wien.

Im Laufe des letzten Jahrhunderts unterzogen Wissenschaftler unterschiedliche Aspekte der Allgemeinen Relativitätstheorie in zahlreichen Experimenten einer Prüfung. Die Bestätigung der Vorhersagen der beiden Wiener Physiker scheiterte jedoch lange Zeit an den Grenzen experimenteller Messgenauigkeit.

1960 analysierte Leonard Schiff (1915-1971, University of Stanford) ein mögliches Experiment [4]. Er berechnete die Auswirkungen der rotierenden Erde auf die Richtung der Drehachse eines Kreisels (Gyroskop) in einer Erdumlaufbahn bezüglich eines weit entfernten, inertialen Bezugssystems, wobei zwei Effekte hier eine zentrale Rolle spielen:

- Die **geodätische Präzession**, die unabhängig von der Rotation der Zentralmasse auftritt und eine Änderung der Drehachse des Kreisels um einen kleinen Winkel in der Bahnebene bewirkt (siehe Abb.1). Bereits 1916 hatte Willem de Sitter (1872-1934, Astronom in Leiden/Niederlande) eine Korrektur der Bewegung des Systems Erde-Mond um die Sonne aufgrund dieses Effekts vermutet, der experimentelle Nachweis gelang 1988.
- Eine weit kleinere Winkeländerung der Kreiselachse normal zur Bahnebene wird durch den so genannten **Thirring-Schiff Effekt** hervorgerufen. Dieser beschreibt die von Thirring vorhergesagte Rotation lokaler Inertialsysteme in der Umgebung rotierender Massen angewandt auf einen kräftefreien Kiesel in einer Erdumlaufbahn. Die Drehachse vollführt eine Präzessionsbewegung, wobei die Richtung der Präzession über dem Äquator entgegengesetzt zu der über den Polen ist.

Folgendes Bild veranschaulicht den Thirring-Schiff Effekt: Man stelle sich eine rotierende Kugel vor, eingetaucht in eine zähe Flüssigkeit. Durch die Drehbewegung wird die Flüssigkeit mitgenommen und es bilden sich Wirbel. Angewandt auf rotierende Massen bedeutet dies, dass die umgebende Raumzeit sozusagen „mitgeschleift“ (engl. **frame dragging**).

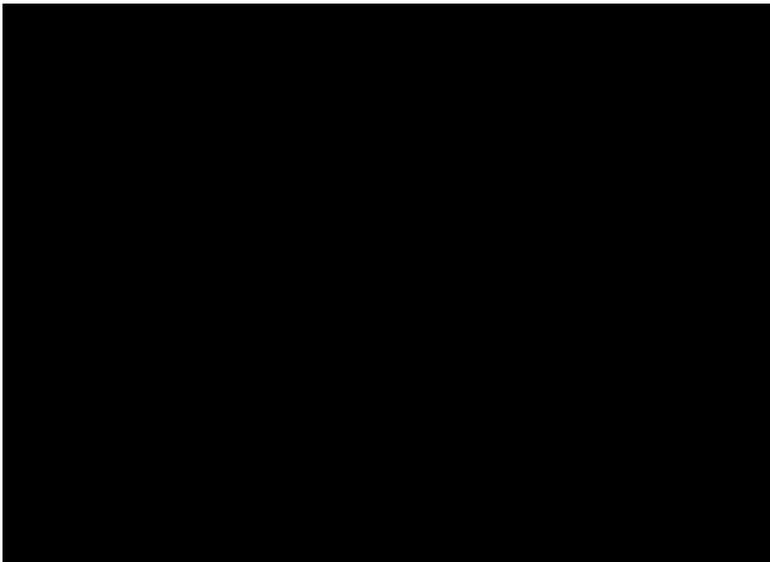


Abb. 1: Gyroskop in polarem Orbit um die Erde

Eine weitere, vielleicht treffendere Analogie lässt sich in der Struktur der relativistischen Gleichungen selbst finden und ergibt sich durch Analyse des Spezialfalles schwacher, stationärer Gravitationsfelder. Die Gleichungen können dann in eine Form gebracht werden, in der sie starke Ähnlichkeit mit den Grundgleichungen der Elektrodynamik aufweisen und erlauben so eine Unterscheidung zwischen gravielektischen („Newtonschen“) und gravimagnetischen („Machschen“) Effekten. Es sei betont, dass die Wortwahl auf eine mathematisch-formale Analogie zurückgeht und keinen Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Effekten und der Gravitationstheorie impliziert.

Im Rahmen einer Newtonschen Beschreibung treten keinerlei gravimagnetische Phänomene auf, diese ergeben sich tatsächlich erst in der Relativitätstheorie. Ähnlich dem Biot-Savartschen Gesetz zur Berechnung des elektromagnetischen Feldes, das durch eine bewegte Ladung erzeugt wird, können ein gravimagnetisches Feld und eine Kraft, ähnlich der Lorentzkraft, abgeleitet werden, die durch eine bewegte Masse erzeugt werden.

Berechnet man die gravimagnetische Feldstärke für die rotierende Erde, so ergibt sich eine Abhängigkeit des Betrags der Feldstärke vom Breitengrad. An den Polen erhält man den größten, am Äquator den kleinsten Wert. Auf einen freien Kreisel wirkt aufgrund dessen eine Kraft, die eine Präzession der Kreiselachse bewirkt.

Für den experimentellen Nachweis dieser betragsmäßig sehr kleinen Abweichung muss der Kreisel kräftefrei rotieren. Dies gelingt am ehesten in einer Erdumlaufbahn, doch auch dort treten noch Störeffekte auf, die den Effekt überlagern und eine Messung zu einer experimentellen Herausforderung machen.

Nachdem die Allgemeine Relativitätstheorie bisher allen Tests stand gehalten hat und mittlerweile in unserem physikalischen Weltbild verankert ist, kann man die Frage stellen, was man sich denn von einem weiteren, so aufwendigen Experiment erhoffen kann.

Zum einen bestätigten vorhergehende Experimente gravielektische Effekte. Für den Einfluss rotierender Massen auf die Raumzeit, also für einen gravimagnetischen Aspekt der Theorie, gab es im 20. Jahrhundert keine experimentellen Befunde. Der Thirring-Lense Effekt für die rotierende Erde ist zwar sehr klein, bei massereichen Objekten im Universum müsste er sich hingegen stark auf die Bewegung der umgebenden Materie auswirken, beispielsweise auf die Dynamik von Akkretionsscheiben um Schwarze Löcher oder Neutronensterne.

Darüber hinaus sind es noch grundlegendere Fragen, die Präzisionsexperimente zur Relativitätstheorie erhellen können – in kleinen Abweichungen von den Vorhersagen der Theorie hofft man, Anhaltspunkte zu finden, die letztendlich den Brückenschlag zur Quantenmechanik ermöglichen könnten.

Gravity Probe B

Das von L. Schiff vorgeschlagene Experiment erwies sich ehrgeiziges Unterfangen. Die Drehachse eines Kreisels in einer polaren Umlaufbahn (in ca. 640 km Höhe) sollte eine jährliche Winkeländerung von ca. 6,6" aufgrund der geodätischen Präzession sowie eine Änderung von ca. 0,04" (40 Millibogensekunden pro Jahr!) durch den Thirring-Lense Effekt erfahren. Schiff konnte die NASA als Kooperationspartner gewinnen und erarbeitete mit zwei Kollegen, dem Tieftemperaturphysiker W. Fairbank und dem Gyroskopexperten B. Cannon, ein Konzept zur Umsetzung dieser Idee. 1962 übernahm Francis Everitt die Leitung des Projekts und bemühte sich über 40 Jahre lang gemeinsam mit hunderten MitarbeiterInnen um die Realisierung des 760 Millionen Dollar teuren Präzisionsexperiments „Gravity Probe B“ (GP-B).

Das Satellitenexperiment sollte die Struktur der lokalen Raumzeit und die Bewegung lokaler Inertialsysteme mit einer Genauigkeit von 0,0005" vermessen. Zur Veranschaulichung: Auf einer Uhr mit kreisrundem Zifferblatt schließen benachbarte Minutenmarkierungen einen Winkel von 6° oder $2,16 \cdot 10^7$ Millibogensekunden ein. Gravity Probe B musste also in der Lage sein, Winkel zu messen, die etwa 50 Millionen Mal kleiner sind als der Winkel zwischen zwei Minutenmarkierungen.

Zur Erreichung dieses Ziels müssen alle störenden Einflüsse minimiert werden und die verbleibenden Fehler, die diese noch verursachen, so genau wie möglich bekannt sein. Nach Beendigung der Messung müssen die dadurch implizierten Korrekturen an den Daten vorgenommen werden, um als Resultat die relativistischen Effekte mit möglichst hoher Genauigkeit zu verifizieren.

Vier sphärische Kreisel, ein Teleskop und ein Führungstern bilden die Hauptelemente des Experiments. Nach Erreichen der Umlaufbahn werden die Kreisel so in Rotation versetzt, dass ihre Drehachse exakt in Richtung des Führungsterns IM Pegasi zeigt. Während der 18-monatigen Messung müssen das Teleskop und damit auch der Satellit diese Ausrichtung

beibehalten. Die Achse der Kreisel hingegen müsste sich bezüglich dieses Referenzsystems ändern, sofern die vorhergesagten relativistischen Effekte tatsächlich auftreten.

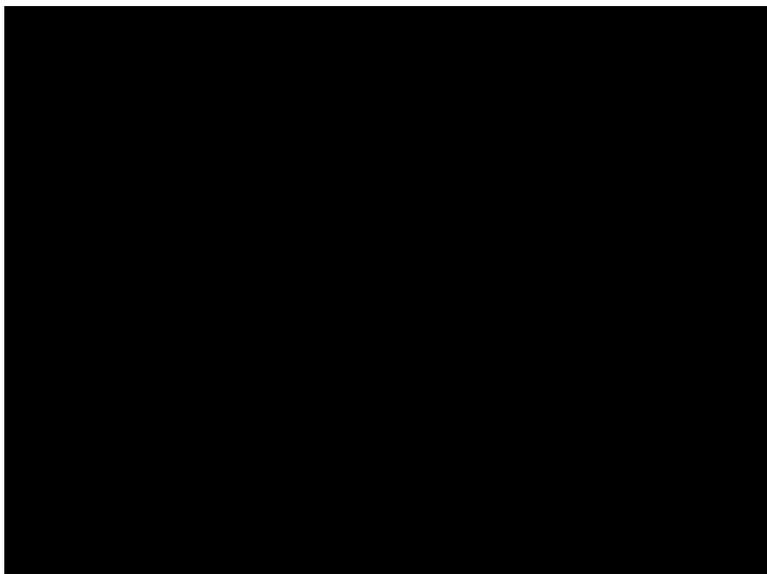


Abb. 2: Prinzip des GP-B Experiments

Die Auswahl des Führungsterns gestaltete sich schwierig. Als „Referenzsystem“ kommen nur Sterne in Frage, die neben einer entsprechenden Helligkeit auch eine geringe Eigenbewegung bezüglich weit entfernter Quasare aufweisen. Quasare sind extrem leuchtkräftig, besitzen eine sehr hohe Rotverschiebung und stellen somit im aktuellen kosmologischen Bild die „weitest“ entfernten Objekte des sichtbaren Universums dar. Sie markieren einen Hintergrund, auf den man die Eigenbewegung von Sternen beziehen kann.

Der Führungstern sollte – genau wie Quasare – im Radio-/Mikrowellenbereich emittieren, um seine Eigenbewegung gegenüber diesem Hintergrund auch von der Erde aus mit hoher Genauigkeit beobachten zu können.

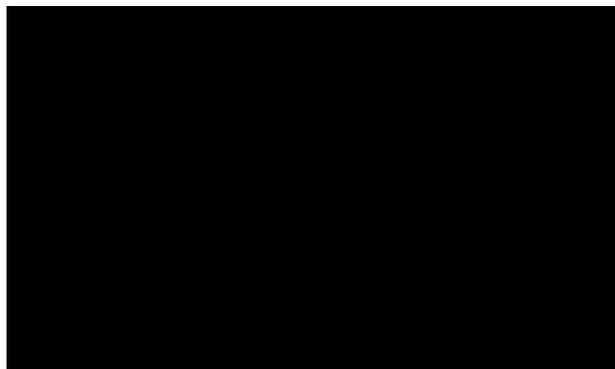
Ausgewählt wurde schließlich der 300 Lichtjahre entfernte Stern IM Pegasi (HR 8703). Mit seinem kleineren Begleiter stellt das Doppelsternsystem eine der hellsten Radioquellen der nördlichen Hemisphäre dar.

Die rundesten Kugeln der Welt

In den vier Jahrzehnte, die das Projekt in Anspruch nahm, beschäftigten sich mehr als 90 Dissertationen mit Fragen, die das Experiment aufwarf und die außergewöhnlichen Technologien, die entwickelt wurden, fanden in vielen anderen Bereichen als sogenannte „Spin-offs“ Anwendung.

An die Hauptakteure des Experiments – vier tennisballgroße Kreisel aus Quarzglas (siehe Abb. 3), überzogen mit einer Schicht aus Niob, einem supraleitenden Metall – wurden höchste Anforderungen gestellt. Um kleinste Änderungen der Drehachse aufgrund mechanischer Effekte zu vermeiden, musste die Dichteverteilung im Inneren der Kugeln so homogen wie möglich sein. Für GP-B fertigte man Objekte,

die in ihrer perfekten sphärischen Symmetrie nur mehr von Neutronensternen übertroffen werden und mittlerweile sogar im Guinness Buch der Rekorde als die rundesten, je von Menschenhand gefertigten Objekte gelistet sind.



Aufgrund eines elektrostatischen Feldes ist jede der vier Kugeln in einem Quarzgehäuse frei gelagert. Nachdem sie durch einen Heliumstrahl in Drehung versetzt wurde, rotiert sie ohne weiteren Antrieb mit mehr als 4000 Umdrehungen pro Minute (siehe Abb. 3). Störfaktoren, wie externe elektrische und magnetische Felder, Sonneneinstrahlung und Reste der Erdatmosphäre, galt es ebenfalls bestmöglich auszuschalten – deshalb bildeten die „7-Near Zeros“ (siehe Tab. 1) die Voraussetzung des Experiments.

GP-B Seven Near Zeros	
Temperature	1,8 Kelvin / -271,4° Celsius
Gravitational Acceleration	Less than 10 ⁻¹⁰ g
Magnetic Field	Less than 10 ⁻⁶ gauss
Pressure	Less than 10 ⁻¹¹ torr
Material Homogeneity	Less than 3 parts per million
Mechanical Sphericity	Less than 3 ten millionths of an inch
Electrical Sphericity	Less than 5 parts per ten million

Tab. 1: Minimierung der Fehlerquellen

Wie wird die Winkeländerung der Kreiselachsen nun tatsächlich gemessen, ohne die Drehachse der nahezu perfekten Kugeln in irgendeiner Form physikalisch zu markieren? Hier spielt eine weniger bekannte Eigenschaft von Supraleitern eine wesentliche Rolle. 1948 berechnete der Physiker Fritz London, dass ein rotierender Supraleiter ein magnetisches Moment besitzt, dessen Achse in der Drehachse des Objekts liegt. Dies wurde in den frühen 70er Jahren unter anderem in Stanford experimentell nachgewiesen. Durch die 1,27 nm dünne Niob-Schicht, mit der die Kreisel überzogen sind, wird solch ein schwaches magnetisches Moment erzeugt.

Ändert sich die Spinachse, so ändert sich auch das magnetische Feld des Supraleiters. Spezielle Magnetometer, so genannte SQUIDs (Superconducting Quantum Interference Devices) messen diese geringe Abweichung und erlauben Rückschlüsse auf die Bewegung der Kreiselachsen.

Die Instrumente im Satelliten sind in einen Dewar eingebettet, der fast 2500 l flüssiges Helium enthält. Eineinhalb Jahre lang muss eine Temperatur von ca. -271°C gehalten werden, ein Bereich, in dem Helium suprafluide Eigenschaften zeigt.

Der Quarzblock, der die Kreisel umgibt, ist mit Bleiblech umschlossen. Durch die Kühlung wird dieser Mantel supraleitend und schirmt so die Gyroskope von äußeren magnetischen Feldern ab. Es konnte jedoch nicht verhindert werden, dass sich das Suprafluid innerhalb des Dewars im Laufe der Zeit etwas erwärmt und ein geringer Anteil in die gasförmige Phase übergeht. Die ausgeklügelte Technik, die entwickelt wurde, um dieses Gas aus dem Dewar zu leiten, ohne die Verhältnisse im Inneren weiter störend zu beeinflussen, fand bereits in anderen astronomischen Projekten wie IRAS (Satellit der Infrarotastronomie) und COBE (Messung der Anisotropien in der kosmischen Hintergrundstrahlung) wichtige Anwendung.

Knapp vor dem Ziel

Während das Gravity Probe B Projekt noch in vollem Gange war, machte ein italienisches Team den PhysikerInnen aus Stanford überraschende Konkurrenz. Ursprünglich hatte die Italian Space Agency (ASI) in Kooperation mit der NASA zwei Satelliten, LAGEOS 1 und 2, ins All geschickt, um das Schwerfeld der Erde präzise zu bestimmen. Aus den durch Lasermessungen erhaltenen Bahndaten der Satelliten (s. [3]) errechneten I. Ciufolini und E.C. Pavlis 2004 den Beitrag des Thirring-Lense Effekts zu den Bahnabweichungen mit einer Genauigkeit von 6% [5]. Das Ergebnis bezieht sich auf die Veränderung der Bahnebene der Satelliten – in seiner Konzeption unterscheidet sich dieses Projekt also wesentlich von dem Vorhaben der Stanfordphysiker. Für ihr Ergebnis benötigten die italienischen Forscher insgesamt nur elf Jahre und die Kosten waren im Vergleich zu dem amerikanischen Projekt bedeutend geringer.

Das GP-B Team hat sich als Ziel vor allem eine sehr hohe Genauigkeit ihres Experiments gesetzt. Nachdem der Satellit 18 Monate lang Daten geliefert hatte, wurden im April 2007 schließlich die ersten Ergebnisse präsentiert. Die jahrzehntelange Forschung nach optimalen Experimentierbedingungen hatte Früchte getragen - obwohl die Datenanalyse noch nicht vollständig abgeschlossen ist, verkündete F. Everitt die Messung der geodätischen Präzession bereits mit einer Genauigkeit von 1%. Etwas vorsichtiger waren die Äußerungen zu den Ergebnissen der Messung des 170 mal kleineren Thirring-Lense Effekts: in den Daten fand man zwei unvorhergesehene Fehlerquellen, die bis Dezember modelliert und herausgerechnet werden sollen, um den Nachweis des Effekts endgültig bestätigen zu können.

"Understanding the details of this science data is a bit like an archaeological dig. A scientist starts with a bulldozer, follows with a shovel, and then finally uses dental picks and toothbrushes to clear the dust away from the treasure. We are passing out the toothbrushes now."

(W. Bencze, program manager)

Literatur

- [1] H. Thirring: Über die Wirkung rotierender ferner Massen in der Einsteinschen Gravitationstheorie Phys. Zeitschr. 19, 33 (1918)
- [2] J. Lense und H. Thirring: Über den Einfluss der Eigenrotation der Zentralkörper auf die Bewegung der Planeten und Monde nach der Einsteinschen Relativitätstheorie Phys. Zeitschr. 19, 156 (1918)
- [3] H. Rumpf und H. Urbantke: Der Thirring-Lense Effekt – Nach 80 Jahren jetzt im Experiment? Plus Lucis 2/99 (online abrufbar unter: <http://pluslucis.univie.ac.at/Plus-Lucis/992/s1417.pdf>)
- [4] L. I. Schiff: Motion of a Gyroscope according to Einstein's theory of Gravitation Proc. Nat. Acad. Sci. 46, pp. 871-882 (1960); also Phys. rev. Lett. 4, pp. 215-219(1960)
Online abrufbar unter: http://einstein.stanford.edu/content/sci_papers/papers/Schiff_LL_1960_110.pdf
- [5] I. Ciufolini and E.C. Pavlis: A confirmation of the general relativistic prediction of the Lense-Thirring Effekt, Nature, 431, 958 (21 October 2004)

Weiterführendes

GP-B at Stanford University: <http://einstein.stanford.edu/>

Allerhand zum Thirring-Lense Effekt:
<http://homepage.univie.ac.at/Franz.Embacher/Rel/Thirring-Lense/>

Zu Satellitengeodäsie: Forschungseinrichtung Graz-Lustbühel des Instituts für Weltraumforschung (IWF) der Österreichischen Akademie der Wissenschaften:
http://www.iwf.oew.ac.at/german/research/earth/lasertechnology/slmeasurements_d.html

KinderUni – Eine Erfolgsgeschichte

„In die Schule muss man gehen, auf die KinderUni darf man gehen“

Birgit Schörkhuber

„Kinder, stürmt den Hörsaal!“

Mit diesem Slogan rief 2002 das Schwäbische Tagblatt in Kooperation mit der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen zur ersten KinderUni im deutschsprachigen Raum auf. Während des Semesters gingen Professoren in acht verschiedenen Vorlesungen typischen „Warum-Fragen“ von Kindern auf den Grund – ein bis dahin einzigartiges Projekt. Für Rektor Eberhard Schaich war besonders wichtig, „dass auch die Schulkinder die Universität als eine offene Institution erleben können, mit der man reden kann“.

Die Europäische Union bedachte 2005 die ErfinderInnen dieses Konzepts mit ihrer höchsten Auszeichnung für wissenschaftliche Projekte, dem Descartes-Preis in der Kategorie Wissenschaftskommunikation. Die bis jetzt erschienen drei Bücher [3] zur Tübinger KinderUni schafften es auf Anhieb auf die Bestsellerlisten und sind mittlerweile in 15 Sprachen erhältlich. Im Lauf der letzten Jahre wurden im deutschsprachigen Raum an über 50 Universitäten sowie an zahlreichen Fachhochschulen Projekte für Kinder und Jugendliche ins Leben gerufen.

Grund genug, einen Blick auf die KinderUni-Szene in Österreich zu werfen.

KinderUni Wien

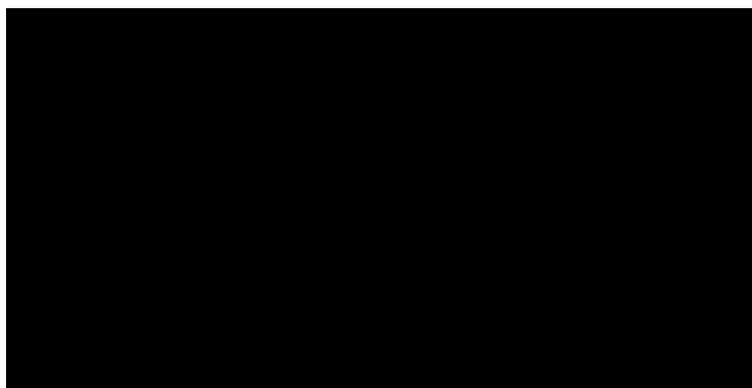
Zeitgleich mit Tübingen entstand auch in Wien der Begriff „KinderUni“, jedoch mit einer etwas anderen Prägung. Für das Kinderbüro der Uni Wien stand von Anfang an ein Betreuungspädagogischer Gedanke im Vordergrund. Die Geschäftsführerin des Kinderbüros Karoline Iber erzählt: „Als Kinderbüro hatten wir den Auftrag, uns um die Verbesserung der Vereinbarkeit von Studium, wissenschaftlicher Arbeit und Kinderbetreuung zu kümmern. Da ist Ferienbetreuung natürlich ein naheliegender Gedanke. Wir dachten uns, wir sind ja an der Uni, da passieren doch spannende Sachen! Wir wollten den Kindern die Möglichkeit geben, die Universität auf ganz verschiedenen Ebenen zu erleben“.

2003 stürmten schließlich die ersten 1000 TeilnehmerInnen im Alter zwischen 7 und 12 die Gänge und Hörsäle der Alma Mater Rudolphina, speisten in der Mensa, verbrachten

Birgit Schörkhuber, bac., Mitarbeiterin des AECC; Universität Wien

gemütliche Sonnenstunden am Campus und erlebten eine Woche lang in Vorlesungen, Workshops und Seminaren Wissenschaft als etwas, das nicht nur der Erwachsenenwelt zugänglich ist. Kinder eroberten sich Raum, der bis vor wenigen Jahren für sie tabu gewesen war.

Die Lehrveranstaltungen, heuer waren es immerhin über 380 (bei mittlerweile 3500 TeilnehmerInnen), werden von ProfessorInnen und anderen MitarbeiterInnen der Universität Wien gehalten, die sich mit großem Engagement um die Fragen und Interessen der jungen Studierenden bemühen. Eröffnet wurde in diesem Jahr mit einer Vorlesung von o. Univ.-Prof. Anton Zeilinger zum Thema „Quanten für Kinder“.



o. Univ.-Prof. Anton Zeilinger

Schlaue Füchse in Oberösterreich

2004 griff auch das Institut für angewandte Umweltbildung (IFAU) in Steyr die Idee auf und veranstaltete die erste KinderUni in Oberösterreich. Den Vorwurf, dass Steyr zwar eine Fachhochschule, jedoch keine Universität beheimatet, hört Geschäftsführer Andreas Kupfer oft: „Höhere Bildung muss nicht akademische Bildung per se sein, uns geht es um die Mischung aus Universität, Hochschule, aus Experten und Fachleuten, welche die Fähigkeit haben, ihr Wissen an Kinder weiterzugeben. Die Kids sollen auch hier im ländlichen Raum die Möglichkeit haben, mit Wissenschaft in Kontakt zu kommen“.

In Kooperation mit der FH Steyr und dem Museum Arbeitswelt hat sich die KinderUni im malerischen Ambiente mittlerweile zu einer Institution etabliert. Das Spektrum der Vortragenden reicht von nationaler und internationaler

Forscherelite wie der Klimaexpertin Univ. Prof. Dr. Helga Kromp-Kolb bis hin zum hiesigen Buchhändler, der den jungen HörerInnen mit viel Einfühlungsvermögen die Begeisterung für das geschriebene Wort vermittelt. In diesem Jahr zeugten über 850 Diplom-Schlaufüchse davon, dass Lernen für Kinder eine willkommene Freizeitbeschäftigung sein kann. „In die Schule muss man gehen, auf die KinderUni darf man gehen“, meint ein begeisterter Absolvent.

KinderUni in Österreich

Wien: <http://www.kinderuni.at/>

Linz: <http://www.kinderunilinz.at/>

Linz (Katholisch-Theologische Privat-Universität):

<http://www.ktu-linz.ac.at/kinderuni/>

Salzburg: <http://www.uni-salzburg.at/unikid>

Graz: <http://www.kinderunigraz.at/>

Steyr: <http://www.kinderunisteyr.at/>

Vorarlberg: <http://kinderuni.fhv.at/>

In Österreich findet man mittlerweile KinderUni-Projekte in unterschiedlicher Ausführung in Innsbruck, Salzburg, Linz und Graz sowie an Fachhochschulen in Vorarlberg und Krams (Information siehe Kasten). Graz bietet zum Beispiel zusätzlich zu Ringvorlesungen während des Semesters, deren Vortragende der breiten Universitätslandschaft der Stadt entstammen, auch Workshopwochen für Volksschulklassen an. In Innsbruck ist die KinderUni Teil der Initiative „Junge Uni Innsbruck“, die bereits 2001 in Leben gerufen wurde und in Salzburg fand KinderUni heuer am Gymnasium Zell am See statt.

„Das will ich genau wissen!“

Physik und Chemie auf der KinderUni

Auf die Frage, welche Wissenschaftsbereiche bei den Studierenden der KinderUni Wien besonders beliebt sind, antwortet Karoline Iber: „Die Kurse aus Physik, Chemie und Geowissenschaften sind immer als erste ausgebucht“. In den Vorlesungen steht vor allem das Wecken von Neugier und die Freude am Forschen im Vordergrund – davon zeugen auch vielversprechende Titel wie „Wie erzeugt man einen Mini-Urknall“, „Kann man auch in Luft schwimmen?“ oder „Glühwürmchen und Laserschwert – Wissenswertes über Licht“. Das begeistert und es tut einem fast leid, dass Erwachsene zu den Veranstaltungen nicht zugelassen sind.

Viele der jungen HörerInnen in den naturwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen zählen bereits zu den ExpertInnen ihrer Altersgruppe, davon konnte auch ich mich überzeugen. Gemeinsam mit Univ.-Doz. Dr. Franz Embacher und einigen Physikerkollegen veranstalteten wir bei der diesjährigen KinderUni einen Workshop mit dem Titel „Wer hat recht? – Wissenschaftliche Streitgespräche und die Ent-

scheidung durch das Experiment“ [1]. Unser Anliegen war es, den Kindern auf spielerische Art einen Eindruck über den physikalischen Erkenntnisprozess im Wechselspiel zwischen Theorie und Experiment zu vermitteln. In einem kleinen Theaterstück in drei Akten vertraten jeweils zwei PhysikerInnen verschiedene Ansichten über Phänomene des Alltags. Im Laufe der Diskussion entwickelten sie schließlich ein Experiment, das ihre Meinungsverschiedenheit beilegen sollte. Nach einer Publikumsabstimmung über die Frage „Wer hat nun recht?“ wurden die Versuche im Stationenbetrieb mit den jungen Studierenden durchgeführt. Beeindruckend war dabei das Fachwissen, das unsere HörerInnen an den Tag legten. „Ist ein grüner Gegenstand, der mit rotem Licht beleuchtet wird, schwarz?“ „Natürlich!“, meint ein 10-jähriger und erklärte den Prozess von Absorption und Emission. Vakuumröhre und Prisma waren den meisten wohlbekannt und manche konnten sämtliche elektronische Bestandteile eines Experiments von der Diode bis zum Potentiometer identifizieren. Lehrveranstaltungsleiter aus anderen Fachbereichen berichten ähnliches. Die Kinder sind bereits kleine Experten auf ihrem Gebiet und können die Vortragenden schon mal in Verlegenheit bringen.

Ist die KinderUni eine Elite-Uni?

Die OrganisatorInnen der KinderUni in Wien und Steyr verneinen dies heftig. Karoline Iber räumt ein: „Die Kinder wählen die Lehrveranstaltungen natürlich nach ihren Interessen aus und viele verfügen in diesem Gebiet schon über unglaubliches Expertenwissen. Dazu kommt, dass die Kinder, die zur KinderUni kommen, gerade jene sind, die zu Hause sehr stark gefördert werden. Sie sind es gewohnt, Bücher um sich zu haben und zu lesen. Der Akademikeranteil unter den Eltern liegt immerhin bei ca. 60%. Es sind auch Kinder dabei, die in ihren Klassen ausgegrenzt werden, eben weil sie spezielle Interessen haben. Sie erzählen uns immer wieder, dass sie in der Schule nur wenige Freunde haben und auf der Uni ihresgleichen suchen. Trotzdem, unser Bestreben war es immer, möglichst in die Breite zu gehen. In den letzten Jahren haben wir Folder in 24 Sprachen in ganz Wien verteilt, aber wir wissen auch, dass wir die Kinder nur bedingt erreichen.“



Wissenschaft in den Lebensraum der Kinder tragen

Um ein noch breiteres Publikum anzusprechen, versuchen die Veranstalter in Steyr und Wien das Konzept „dorthin zu bringen, wo die Kinder zu Hause sind“. In Oberösterreich findet in diesem Sinne seit einigen Jahren im kleinen Ort Reichraming im Ennstal sowie in Kirchdorf die „SchlauFuchs-Akademie“ für Jugendliche im Alter von 10 bis 15 Jahren statt mit dem Ziel, Wissenschaft und Forschung noch weiter aufs Land hinaus zu tragen. Drei Tage lang beschäftigen sich die jungen ForscherInnen in Workshops und Seminaren mit einem von acht zur Auswahl stehenden Themen. In Zusammenarbeit mit laufenden Forschungsprojekten in der Region soll den TeilnehmerInnen auch vermittelt werden, dass sich Wissenschaft (nicht immer) im fernen Elfenbeinturm abspielt, sondern direkt vor der Haustüre stattfindet.



Mit einem Projekt namens „KinderUni on Tour“, das heuer erstmalig in Wien stattfand, versuchte man die Heranwachsenden in solchen Wiener Gemeindebezirken zu erreichen, die eine geringe Akademikerquote aufweisen und eine hohe Zahl an Familien mit Migrationshintergrund beheimaten. An sechs Terminen versuchte ein Team aus OrganisatorInnen und TutorInnen (zu denen auch ich zählte), mit einem mobilen Hörsaal und 30 Experimentierboxen im Gepäck, die Universität in Parks und Jugendzentren zu bringen.



Eine besondere Herausforderung – bedenkt man, dass wir nur zu Gast im Lebensraum der Kinder waren und wir diese erst von unserem Vorhaben überzeugen mussten. Für die meisten TeilnehmerInnen spielt Wissenschaft in ihrer Lebenswelt keine Rolle. Umso schöner war es mitzuerleben, mit welcher Begeisterung sie sich um Fragen wie „Warum schwimmt ein schweres Schiff aus Stahl“, „Wie weit reist meine Kleidung?“ „Wie funktioniert eine Batterie?“ ans Basteln, Experimentieren und Ausprobieren machten.



Das Besucherspektrum reichte von den Kleinsten im Kindergartenalter, die staunend ihre Hypothesen zum Thema Schwimmen und Sinken testeten, bis hin zu interessierten Jugendlichen, die es genau wissen wollten. „Darf ich mitspielen?“, wurde ich meist von denen gefragt, die dazu stießen, um dann hochkonzentriert ein kleines Experiment durchzuführen. Auch hier ging es vor allem darum, Neugierde zu wecken. An jeder Station erhielten die jungen ForscherInnen Sammelkarten mit einer kindgerechten Beschreibung der Experimente, für die alle benötigten Utensilien im Haushalt anzutreffen sind.

Das Pilotprojekt war ein voller Erfolg und soll auch im nächsten Sommer fortgesetzt werden.

„Was hast du heute gelernt?“

Dies ist eine häufig gestellte Frage der Eltern an ihre Sprösslinge, wenn sie diese nach einem KinderUni-Tag empfangen. In wie weit können und sollen die jungen Studierenden tatsächlich Faktenwissen mit nach Hause nehmen?

Die Vortragenden der Lehrveranstaltungen sind in erster Linie Experten auf ihrem Gebiet, die im Rahmen der KinderUni vielleicht zum ersten Mal vor so jungem Publikum vortragen. Und obwohl sich manche als wahre Naturtalente entpuppen, darf man keine fundierten, didaktisch ausgereiften Konzepte erwarten, deren primäres Ziel es ist, Lerninhalte zu vermitteln. Kupfer: „Es ist zuviel verlangt, von einem Workshop oder einer Vorlesung einen Wissenserwerb zu erwarten. Das Konzept schafft es vor allem, Impulse zu setzen.“ Vieles von dem Gehörten ist vielleicht neu, „die Kinder kaufen sich Bücher, beschäftigen ihre Lehrer und Eltern“.

In Fachkreisen regen sich jedoch auch kritische Stimmen zum Thema. So meint der deutsche Pädagoge Horst Rumpf [2]: „Problematisch ist mir auch die Reduktion auf das verbale Fragen von Kindern, auch in dieser Kinder-Universität, diesem neuen Bestseller. Was antworte ich, wenn das Kind fragt? Das ist vorgestrig. Hier unwissend – dort belehrend. Diese Fixierung auf Frage und Antwort. Ein Fetisch. Interessen drücken sich doch nicht nur aus in Sätzen mit einem Fragezeichen am Schluss. [...] . Man darf Kinder nicht vor schnell trainieren zu Frage-Athleten.“

Kupfer dazu: „Das ist durchaus eine polemische Aussage, die Kinder stellen eben Fragen, das drückt Neugierde aus!“ Aber nur die Fragen zu beantworten, ist zu wenig, da ist man sich einig. „Am Ende sollen immer neue Fragen stehen, es geht nicht um „Frage – Antwort“, sondern um „Frage – Lösung – neue Frage entwickeln“, meint Karoline Iber.

Zukunftsaussichten

Neben einer Ausweitung der bestehenden Projekte, ist Vernetzung ein wesentliches Ziel. Zum einen versucht man durch Projekte (wie der im Aufbau begriffenen virtuellen KinderUni ECFUN, einer Kooperation von sechs EU-Staaten, die vom Kinderbüro koordiniert wird), den jungen Interessierten jeder Zeit die Möglichkeit zu geben, neue, aktuelle Themen zu entdecken, die von Experten für Kinder aufbereitet werden, und sich dabei mit Wissenschaftlern und untereinander austauschen zu können.

In Planung ist auch eine Plattform für VeranstalterInnen, die nationalen und internationalen Erfahrungsaustausch fördern soll, um den hohen Qualitätsstandard der KinderUnis auch in Zukunft zu sichern.



Anmerkungen

- [1] die Texte der Streitgespräche, eine Aufzeichnung der Veranstaltung sowie zahlreiche Bilder finden sich unter: <http://homepage.univie.ac.at/franz.embacher/KinderUni2007/>
- [2] aus: Weltwunder - Kinder als Naturforscher, Donata Elschenbroich (Verlag Antje Kunstmann, 2005)
- [3] Ulrich Janßen, Ulla Steuernagel, Die KinderUni – Forscher erklären die Welt. dtv, 3 Bände



Österreicher bei den Science Days in Freiburg – Rust/Deutschland

Werner Rentzsch

Der Förderverein Science und Technologie e.V. hat in Zusammenarbeit mit dem Europa-Park ein Science House geschaffen. Man erlebt auf 1000 m² Wissenschaft zum Anfassen und darf selbst zum Forscher werden. (<http://www.science-house.de/index.php?id=1&lang=de>).

Vom 11. bis 13. Oktober 2007 fanden die 7. Science Days statt. Charlotte Willmer-Klumpp und Joachim Lerch vom Organisationsteam des Fördervereins Science und Technologie sorgten für einen erfolgreichen Ablauf der Veranstaltung.

An einem sonnigen Dienstag im Oktober starteten Werner Rentzsch, Christian Mašin und Gerald Grois als Vertreter des Science Center Netzwerks (<http://www.science-center-net.at/ziele.htm>) vom Flughafen Wien Schwechat mit insgesamt 90 kg Experimentagepäck zum Flug nach Basel. Nach Besichtigung des Festivalgeländes am Europapark-Rust verbrachten wir den ersten Abend in angeregter Runde mit Joachim Lerch, dem Organisator der Science Days, und zwei Mathematikerinnen vom Bloomfield Science Museum Jerusalem.

Am nächsten Tag ging's los mit dem Aufbau unseres Standes, der optimalen Anordnung der Versuchsaufbauten und der visuell ansprechenden Gestaltung unseres Platzes. Von den 102 Ausstellern waren 99 aus Deutschland, einer aus der Schweiz, einer aus Israel und wir aus Wien. In unserer Ausstellungshalle begann es in der Früh mit gähnender Leere, spärlicher Beleuchtung und erfrischender Kühle. Unvorstellbar, dass bis 17 Uhr alles an seinem Platz sein sollte. Mit Humor wurde alles gemeistert.

Donnerstag 11. Oktober um 8.30 Uhr warteten bereits ca. 2000 Jugendliche vor den Eingängen. Um 9 Uhr strömten die Besucher neugierig zu den Ständen. Schulkassen bildeten an diesem und am nächsten Tag den Hauptteil der Besucher. Alle Schultypen von Volksschule bis Oberstufe waren vertreten. Der Strom der interessierten Kinder an unserem Stand versiegte langsam gegen 16 Uhr.

Zum Ausprobieren gab es bei uns eine UV-Box, Gemüse, Eier, Öle und allerlei Schönes in anderem Lichte, physikalische Versuche zur Optik, eine koreanische Wunderblume, Versuche mit verschiedenen Indikatoren, Basteln von Farbkreiseln, Mischfarben selber herstellen und Experimente mit Bärlappsporen. Auch der Freitag wurde größtenteils von Schülerinnen und Schülern besucht, die Versuche für ihren Unterricht dokumentierten.

Der Samstag war der klassische Familientag: Gemütliches Beisammensein mit Chemie und Physik und guter Stimmung zur Freude von Kindern und ihren Eltern.

Wir freuen uns über den tollen Erfolg, die gute Zusammenarbeit mit der Familie Lerch und ein Wiedersehen bei den Science Days 2008.



Fachbereichsarbeiten Physik – Prämierung

Seit 1994 zeichnet die Österreichische Physikalische Gesellschaft Fachbereichsarbeiten aus, die von den betreuenden Lehrkräften als preiswürdig vorgeschlagen werden. Auch heuer wurden wieder 19 Arbeiten eingereicht, deren Spektrum von eigenständigen experimentellen Untersuchungen bis zu Literaturarbeiten zu modernen Gebieten der Physik reicht. Nach Entscheid einer Jury wurden die folgenden drei Arbeiten prämiert, wobei der Verfolgung eigener Fragen besonderes Gewicht zukam:

Preisträger

Oberflächenspannung und Minimalsysteme
Sebastian Demuth BG Steyr
Betreuung: Mag. Leopold Watzinger

Streichinstrumente vom physikalischen Standpunkt aus betrachtet
Ulla Obereigner BG/BRG Amstetten
Betreuung: Mag. Helmut Achleitner

Angewandte Mathematik am Beispiel verschiedener Sportarten
Stefan Ostermann BRG/BORG Landeck
Betreuung: Prof. Mag. Kurt Leitl

Die Auszeichnung erfolgte im Rahmen der Jahrestagung der ÖPG am 26. September 2007 in Krems

Weitere Einreichungen

Schalldruck und Schallpegel gemessen am menschlichen Ohr
Florian Anderhuber BG/BORG Graz Liebenau (HIB)
Betreuung: Mag. Christine Fest

Medizintechnik – Strahlen, die den Durchblick bringen
Sabine Bauinger Gymnasium der Abtei Schlierbach
Betreuung: Mag. Robert Schürz

Die rätselhaften Neutrinos und ihre mögliche Schlüsselrolle in der Kosmologie
Marco Bareis BG/BRG Polgarstraße Wien
Betreuung: Mag. Otto Leib

Sonnenflecken – warum Wale zu Selbstmördern werden und Orientierung trotz GPS zu Ver(w)irrung führt
Karin Dissauer BRG Mürzzuschlag
Betreuung: Mag. Dr. Claudia Haagen-Schützenhofer

Auskristallation von Wasser – Methodik und Ergebnisse
Christian Franz Adalbert Stifter Gymnasium Linz
Betreuung: Mag. DI Dr. Erik Diewald

Physik und Technik – am Beispiel Fotografie
Philipp Glawogger Bundesgymnasium Rein
Betreuung: Prof. Mag. Hans Haimo Tentschert

Das Sterben von Sternen am Beispiel Schwarzer Löcher
Philipp Kürnsteiner Europagymnasium Linz-Auhof
Betreuung: Mag. Rudolf Muckenhuber

Die Brennstoffzelle als Energiequelle für Elektrofahrzeuge
Thomas Leitner BG/BRG Graz Carnerigasse
Betreuung: Mag. Agnes Walter

Alltägliche Phänomene aus der Sicht der Chaosforschung
Philipp Melchior BORG Graz Dreierschützengasse
Betreuung: Mag. Haimo Hergan

Phänomene der Quantenphysik
David Müller Akademisches Gymnasium Wien
Betreuung: Mag. Karin Graf

Die Zeit – wie der Mensch sie betrachtet und was sie wirklich ist
Rita Radnai Abteigymnasium Seckau
Betreuung: Mag. Willhelm Pichler

Das Zentrum von Andromeda – Schwarzes Loch in blauer Nachbarschaft
Wolfgang Schlöglhofer Europagymnasium Linz-Auhof
Betreuung: Mag. Liselotte Brehm

Detektion von Blutflussgeschwindigkeiten mittels Dopplerultraschall
Roman Schmied BG/BRG Gmunden
Betreuung: Mag. Otto Hölzl

Hybridtechnologie im Auto – Veranschaulichung am Beispiel des Toyota Prius II
Lukas Schwarz Europagymnasium Linz-Auhof
Betreuung: Mag. Rudolf Muckenhuber

Die Technik moderner Elektrofahrzeuge – Beispiel Tesla Roadster
Thomas Tauber Europagymnasium Linz-Auhof
Betreuung: Mag. Rudolf Muckenhuber

Roman Ulrich Sexl-Preis 2007

Für besondere Verdienste um die physikalische Lehre wurde vom Vorstand der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft (ÖPG) der Roman-Ulrich-Sexl-Preis 2007 an

ao. Univ.-Prof. Dr. Leopold Mathelitsch

(Institut für Physik der Universität Graz) vergeben.

Leopold Mathelitsch hat sich durch Beiträge zur Lehrerfortbildung und durch Unterrichtsmaterialien besonders in den fächerübergreifenden Bereichen Musik und Physik, bzw. Sport und Physik einen Namen auch jenseits von Österreichs Grenzen gemacht. Sein Preisvortrag behandelte das Thema „Sportphysik, Galilei gewinnt immer“.

Wir gratulieren!



Preisträger aus Wissenschaft und Schule wurden in Krens von der ÖPG geehrt. Es gratulierten BM Dr. Hahn und die Präsidentin der ÖPG, o. Univ.-Prof. Dr. Monika Ritsch-Marte.

38. Physikolympiade 2007 in Isfahan (Iran)

Über 550 Jugendliche, vor allem aus AHS-Oberstufenklassen, nehmen alljährlich an den Olympiadekursen an ihren Schulen und an den regionalen Wettbewerben teil. Die fünf Besten des Bundeswettbewerbs dürfen jeweils im Juli am internationalen Bewerb teilnehmen. Die internationale Physikolympiade stellt hohe Anforderungen an experimentelle Fähigkeiten und den Umgang mit theoretischen Konzepten.

Unter mehr als 300 Teilnehmern aus 80 Nationen erzielte das österreichische Team unter der bewährten Leitung von OStR Mag. Ing. Helmut Mayr und OStR Mag. Engelbert Stütz hervorragende Leistungen

Bronzemedaille: Markus Legner (Akad. Gym. Innsbruck)
Ehrevoller 4. Rang: Andreas Theiler (HTL Weiz)

Raffael Krismer (BRG Innsbruck)
Fabian Rasinger (BRG Klagenfurt) und
David Wurm (BRG Fadingerstr. Linz) konnten aus ihrer erstmaligen Teilnahme wertvolle Erfahrungen gewinnen.

Young Physicists Tournament 2007 in Seoul

Das Turnier stellt ganz andere Anforderungen als die Physikolympiade: Teamgeist, sprachliche Gewandtheit beim Argumentieren und Kritisieren, sowie die längerfristige Befassung mit sehr offenen Aufgabenstellungen sind Charakteristika dieses Wettbewerbs. Details zu diesem interessanten Wettbewerb und den Aufgabenstellungen finden sich unter <http://www.aypt.at/>.

Das österreichische Nationalteam beim IYPT 2007 wurde aus den besten Teilnehmern der österreichischen Mannschaften zusammengestellt, die am Bundeswettbewerb an der Montan-Universität Leoben im Mai 2007 teilgenommen hatten. Beim International Young Physicists Tournament an der Kyungwon-Universität Seoul (Korea) erreichte das Team:

Christoph Würnschimmel/Trofaia, Thomas Lindner, Katharina Wittmann/Salzburg, Florian Andritsch/Graz, Angel Usunov/Wien eine ehrenvolle Bronzemedaille.

Betreut wurden die Teilnehmer von Mag. Christa Deinlein, Dr. Brigitte Pagana-Hammer, Georg Hofferek, Ulrike Regner, Univ.-Prof. Dr. Romano Rupp.

Die ÖPG lud die Jung-Physiker in Anerkennung ihrer Leistung zur Jahrestagung ein.

Freihandexperimente

Leberknödelprojekt

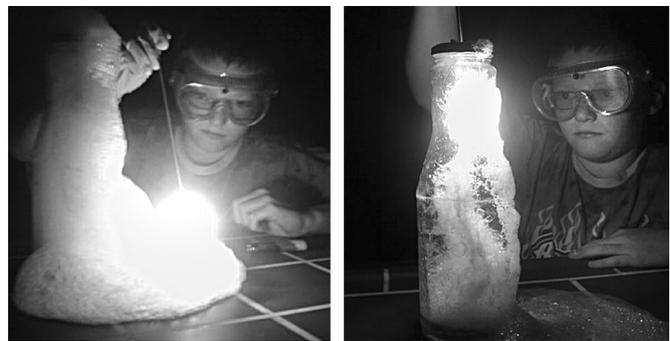
Eine Zusammenführung der Fächer Ernährung und Haushalt, Biologie und Chemie

Herbert Klingelmair

Für die erforderliche bluthaltige Grundsubstanz (statt Blut nach V. Obendrauf) zur Sauerstoffgewinnung durch die (bio)-katalytische Wirkung von im Blut enthaltenen Enzymen auf Wasserstoffsuperoxid kann man wie folgt vorgehen:

Man zweigt, sobald im Unterrichtsfach „Ernährung und Haushalt“ die Produktion von Leberknödeln ansteht, ein wenig von der dort zur Verarbeitung vorgesehenen rohen und relativ blutreichen Leber ab, schneidet sie in kleine Stücke, gibt diese in eine Ein-Liter-(Weithals)-Weißglasflasche („Punica“-Fruchtgetränk, ...), gießt ungefähr 100 ml zehnpromtente Wasserstoffsuperoxidlösung (Schutzbrille!) nach und verschließt eventuell die Flasche mit ihrem Originaldeckel, nachdem man in diese einen mindestens 0,5 cm großes Loch gebohrt hat. Mit einem glimmenden Span (30 cm langes hölzernes Schaschlikspießchen) lässt sich der entweichende Sauerstoff nachweisen.

Dem Biologielehrer kann man gegebenenfalls die Klärung der Frage überlassen, aus welchem Material die weißen Hüllen der entstehenden Schaumbläschen bestehen bzw. warum die Rohleber vom Wasserstoffsuperoxid weiß/hellgrau gefärbt wird.



Harald zündelt

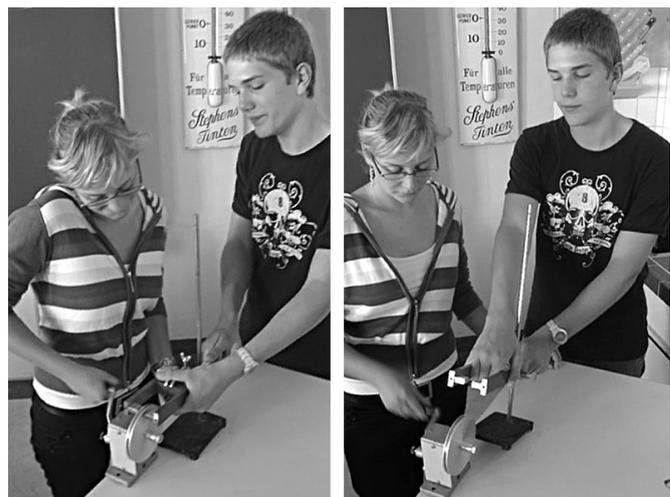
Wirbelstrombremse

Herbert Klingelmair

Ein Hufeisenmagnet¹⁾ (z.B. www.ld-didactic.de, Kat.-Nr. 51022), dessen Polinnenseiten mit jeweils fünf bis sechs besonders starken NdFeB-Magneten (z.B. www.conrad.at, Kat.-Nr. 503622, 20 x 10 x 4 mm) bestückt wurden, wird so in Stativmaterial fixiert, dass seine nunmehr nach innen verlängerten Pole die (aus nicht ferromagnetischem Metall bestehende) Riemenscheibe einer auf der Tischplatte befestigten Handantriebsmaschine (Leybold, Kat.-Nr. 563301) „in die Zange nehmen“, ohne jedoch letztere zu berühren.

Man lässt eine/n Schüler/in an der Kurbel drehen und kippt, bevor sich diese/r über die zugemutete körperliche Anstrengung beschwert, das Stativ samt dem Magneten nach oben bzw. hinten weg. Die jetzt vielleicht zu fröhlichem Übermut neigende Versuchsperson kann durch Umkehrung des soeben beschriebenen Vorganges wieder „eingebremst“ werden.

Anmerkung: Es kann nicht schaden, die an den Polen angebrachten und somit bei unbeabsichtigter Berührung mit der Riemenscheibe bruchgefährdeten Nd-Magnete durch Aufkleben eines kleinen Stückes Karton (Filz, Schaumstoff, beidseitig haftendes Klebeband) zu schützen.



Katja plagt sich

Wolfgang gibt nach

¹⁾ Alternative zum Hufeisenmagneten: Weicheisen-U-Kern

Bücher

Ruff – damit in's Ofenloch Alltägliche Chemie bei Wilhelm Busch Georg Schwedt

1. Auflage, 176 S., broschiert
Aulis Verlag Deubner 2004.
ISBN 10: 3-7614-2558-9,
ISBN 13: 978-3-7614-2558-9
EUR 29,50

Wilhelm Busch ist weltbekannt für seine Bildergeschichten. Weniger bekannt ist es, dass sich in diesen sehr häufig die Alltagschemie des 19. Jahrhunderts versteckt, wie zum Beispiel die Eigenschaften des Teigs und die Backvorgänge bei Max und Moritz, sowie Farben und Pigmente in Maler Klecksel. Buschs chemisches Wissen rührt von der Ausbildung an der Polytechnischen Schule in Hannover her, die er allerdings nach 4 Jahren für ein Studium an der Kunstakademie in Düsseldorf abbrach.

Das Buch gliedert sich in die drei Bereiche „Essen und Trinken“, „Schreiben und Malen“ sowie „Feuer und Flamme“, wobei Schwedt die betreffenden Bilder und Textpassagen mit dem chemisch-historischen Hintergrund versieht und auch mit dazu passenden Experimenten würzt.

Der Autor liefert dabei schöne Einsichten in die Nahrungsmittelchemie und die Zubereitung von Speisen des 19. Jahrhunderts. Besonders erwähnenswert ist die Beschreibung des Backprozesses und Buschs Rezepte in Gedichtform, die dazu einladen nachgekocht zu werden.

Schwedt versteht es, seine Experimente einfach zu gestalten, sodass sie von jedermann nachvollzogen werden können. Wer allerdings auf „spektakuläre“ Versuche hofft, wird enttäuscht werden. Ein Großteil der Experimente behandelt chemische Analytik, die angegebenen Originalrezepte werden leider nicht in Versuche umgesetzt. Der experimentelle Abschnitt zu „Feuer und Flamme“ glänzt durch Vorsichtigkeit, nicht wegen der ästhetischen Wirkung der Versuche. Ein erhebliches Manko stellt der Umstand dar, dass es zu den Experimenten keinerlei Abbildungen und Versuchsskizzen gibt.

Alles in allem ist dieses Werk ein Genuss für Wilhelm Busch Liebhaber mit chemisch-historischem Interesse, für Leser mit hohen Erwartungen an experimentelle Schauexperimente jedoch entbehrlich.

Christian Mašin

Physik im Supermarkt Mit der Klasse in den Supermarkt Clemens Berthold Wilfried Probst

Karl-Heinz Scharf (Hrsg.)
1. Auflage, 107 S., Spiralbindung,
Aulis Verlag Deubner 2005.
ISBN 10: 3-7614-2628-3,
ISBN 13: 978-3-7614-2628-9
EUR 22,00

Die Anwendung der Physik im täglichen Leben – eigentlich etwas, das jedem Physiklehrer ein Anliegen sein müsste. Diese Sammlung soll Lehrerinnen und Lehrern helfen, die Physik des Alltags Jugendlichen zu vermitteln.

48 aufbereitete Unterrichtseinheiten, die sich mit Produkten aus Supermärkten, aber auch Elektro- und Baumärkten beschäftigen, sollen es gestatten, ohne aufwändige Vorbereitung in den Unterricht einzusteigen. Die Themen sind hauptsächlich so gestaltet, dass die linke Seite Lehrer-Informationen enthält und die rechte ein Arbeitsblatt für die Schüler darstellt.

Die Schülerinnen und Schüler sollen dazu angehalten werden, sich mit Verpackungstexten auseinanderzusetzen, physikalische Gesetzmäßigkeiten von Produkten zu überprüfen, oder Daten zu sammeln und auszuwerten.

Folgende Themenbeispiele finden sich in dieser Sammlung:

- Mechanik: Zangen, Schrauben, Hämmer, Nägel, Schmiermittel, Pumpen, Spraydosen,...
- Akustik: Lautsprecher, Lautstärke.
- Wärme und Energie: Kleidung, Brennwert, Druckkochtopf, Bewegungsmelder,...
- Elektrizität und Magnetismus: Batterien, Lampen, Elektromotor, Solarzellen,...
- Optik: Spiegel, Lesebrillen, Strichcodeleser, Sonnencremes, Rauchmelder,...
- Messvorgänge: Längenmesssysteme, Dicke und Masse von Papier, Wasserwaagen.

Eine gelungene und vielfältige Zusammenstellung, geeignet für Unterrichtseinheiten aus Unter- und Oberstufe!

Christian Mašin

Trickkiste Chemie

Herbert Brandl

2. gründlich überarbeitete Auflage,
277 S., Hardcover, Aulis Verlag
Deubner 2006.

ISBN 10: 3-7614-2641-0

ISBN 13: 978-3-7614-2641-8

EUR 29,50

In diesem Standardwerk für Experimentatoren – sei es aus Lust an der Chemie oder für den spannenden Chemieunterricht – findet man eine reichhaltige Auswahl an faszinierenden und auch funktionierenden Versuchen, die auch im jeweiligen Erklärungsabschnitt kompetent und verständlich erläutert werden.

Es finden sich etliche klassische aber auch neuartige Experimente zu den Themen Lumineszenz, Pyrotechnik, Elektrochemie, Oszillationen, Farbreaktionen, Katalyse, Metalle, u.v.m., die jedoch alle eines gemeinsam haben: Sie verlangen vom Experimentator Genauigkeit und peinliche Vorbereitung ab – nichts für Liebhaber von Freihandversuchen! Kolleginnen und Kollegen, die sich im Laufe ihrer Tätigkeit angewöhnt haben, Anleitungen und Erklärungen nur zu überfliegen, werden sich bei den meisten Versuchen etwas schwer tun.

Viele werden sich daran erinnern, dass dieses Werk in der 1. Auflage bereits 1998 erschien. Was hat sich also geändert, was ist gleich geblieben?

- Die Experimente der 2. Auflage entsprechen denen von 1998. Es wurden auch die Klassiker – der Vulkanversuch mit Ammoniumdichromat und die Pharaoschlange mit Quecksilberthiocyanat – beibehalten, ungeachtet der Tatsache, dass man (gerade im schulischen Bereich) darauf achtet von Giftstoffen Abstand zu nehmen.
- Manche Teile zu chemischen Hintergründen wurden aktualisiert, ebenso Bezugsquellen für „exotische“ Chemikalien.
- Neue Fotos zu den Versuchen wurden (leider) nur teilweise angefertigt. Viele davon sind nach wie vor nicht für den Versuchsablauf hilfreich. Besonders zu erwähnen ist das schöne neue Titelbild „Der blutende Kastanienzweig“, das von Dr. Viktor Obendrauf gestaltet wurde.
- Nach wie vor gleich geblieben sind die ungenauen Angaben von Reagenzglasdimensionen (Was ist ein „großes RG“???) und die zwar beschriebenen, aber nicht mit Bildern unterstützten Zusatzversuche, die bei manchen Experimenten beigelegt sind.
- Neu jedoch sind die fett gedruckten Hinweise auf Schutzbrillen und -handschuhe und die Beifügung von Entsorgungshinweisen. Ebenfalls neu ist der Umstand, dass die 2. Auflage mehr Rechtschreibfehler enthält (S 126, 189) als die 1. Auflage. Kein Lob an die Lektoren! Trotz aller Kritikpunkte – dieses Werk muss man haben (wenn man die 1. Ausgabe noch nicht hat)!

Christian Mašin

Constructing Scientific Understanding through Contextual Teaching

Peter Heering, Daniel Osewold
(eds.)

Frank & Timme, Verlag für wissenschaftliche Literatur, Berlin 2007

ISBN 978-3-86596-118-1, 345 S.

mit zahlreichen s/w Abbildungen
EUR 29,80

An der Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg fand im Juli 2006 die 6th International Conference for the History of Science in Science Education statt. Physiker, Chemiker, Biologen, Mathematiker und Astronomen zeigten in ihren Vorträgen, wie sie historisches Material verwenden, um das Verständnis für die Naturwissenschaften zu entwickeln. Die Vortragenden kamen aus Belgien, Deutschland, Frankreich, Griechenland, Italien, Österreich, Polen, Ungarn und auch aus außereuropäischen Ländern, nämlich Australien, China, Kanada und den USA. Von den 28 gehaltenen Vorträgen sind nur 19 in diesem Band berücksichtigt. Ein Grund dafür ist wohl, dass der Redaktionsschluss sehr bald nach der Konferenz angesetzt wurde, um der Relevanz der präsentierten Ergebnisse für zukünftige Forschungen Rechnung zu tragen.

Nach dem Vorwort der Herausgeber Peter Heering und Daniel Osewold gibt zunächst Roger H. Stuewer von der University of Minnesota in Minneapolis eine Einführung und schreibt: „Science teachers from countries around the world are dedicating themselves to improving their courses at all levels of instruction by incorporating the history of science into them.“ Darauf folgen die Beiträge geordnet in der alphabetischen Reihenfolge der Autorennamen. Ich führe alle Beiträge an, kann aber dann aus Platzgründen nur einzelne besprechen.

Allchin, Douglas	Teaching Science Lawlessly
Babb, Jeff;	The Brachistochrone and Related Curves;
Currie, James	Implications for Teaching the History of Calculus
Cavicchi, Elizabeth	Mirrors, swinging weights, light bulbs...: Simple experiments and history help a class become a scientific community
Heering, Peter	Education and Entertaining: Using Enlightenment Experiments for Teacher Training
Klassen, Stephen	Pedagogical Renewal of the Millikan Oil Drop Experiment
Kokkotas, Panagiotis	Teaching Physics to in-service primary school teachers In the context of History of Science: the case of the fall of bodies

Lauginie, Pierre	Weighing the Earth, weighing the Worlds: From Cavendish to modern undergraduate demonstrations
Liu, Shu-Chiu	Alternative perspectives and conceptual change: Integrating pre-scientific knowledge into teaching-learning sequences in school science
McMillan, Barbara A.	Learning about light in Grade 4: What happened to the Illuminating Stories from the History of Science and Technology?
Metz, Don	William Wales and the 1769 Transit of Venus: Puzzle Solving and the Determination of the Astronomical Unit
Riess, Falk	Short history of the use of historical experiments in German physics lessons
Rudge, David W.	History of Science in the Service of Middle School Science Teacher Preparation
Sichau, Christian	Beyond the Textbook: Formative Traditions, Objects, and the Science Museum of the Future
Stinner, Arthur	From Theory to Practice: Placing contextual science in the classroom
Teichmann, Jürgen	From Babylon to the Big Bang – Are there Revolutions in Astronomy?
Wang, Youjun	Do mathematics by hands: two cases from ancient Chinese mathematics
Wolfschmidt, Gudrun	Understanding the Earth and the Cosmos. Magnetism In Cultural History, Geophysics and Astronomy: Three Examples for Contextual Teaching
Zemplén, Gábor A.	The nature of science in the classroom – sociology to the rescue?

Am Ende des Buches wird die berufliche Laufbahn aller Autoren kurz vorgestellt.

Ein zentrales Thema ist in den meisten Beiträgen die Verwendung historischer Experimente in der naturwissenschaftlichen Ausbildung. Dieser Ansatz wird von Falk Riess und Peter Heering an der Universität Oldenburg im Rahmen der Physikdidaktik vertreten. Riess beruft sich in seinem Beitrag auf Ernst Mach, Ernst Grimsehl, Martin Wagenstein, Carl Ramsauer und andere, die auf die Bedeutung der historischen Komponente in Forschung und Lehre hingewiesen haben. Heering zeigt an Beispielen, dass Geräte wie das Sonnenmikroskop, die Coulomb'sche Torsionswaage oder Versuche mit elektrischer Hochspannung in der Zeit der Aufklärung das Interesse von Laien für die Physik erregten und heute bei der Lehrerbildung das Verständnis für die Grundlagen der Physik fördern.

Stephen Klassen beschäftigt sich mit der Bestimmung der elektrischen Elementarladung durch Robert Millikan. Er weist auch auf die Schwierigkeit hin, reproduzierbare Resultate zu erhalten und die Notwendigkeit, aus den gemachten Versuchen die „brauchbaren“ auszuwählen. Er erwähnt dabei kurz den Wiener Physiker Felix Ehrenhaft, der gleichzeitig mit Millikan und nach demselben Prinzip die Elementarladung bestimmte, aber statt Öltröpfchen kolloide Metallteilchen verwendete. Diese bildeten keine perfekten Kugeln, was bei der Auswertung der Versuche vorausgesetzt wurde. So erhielt Ehrenhaft auch Bruchteile von Elementarladungen und beharrte auf der Richtigkeit seiner Ergebnisse. Eine Ungenauigkeit unterläuft Klassen indem er schreibt, Ehrenhaft habe seine Messungen „in Germany“ gemacht, obwohl Wien 1909 eindeutig noch zu Österreich gehörte. Es wird auch nicht erwähnt, dass Ehrenhaft seine Ergebnisse ein paar Monate vor Millikan publizierte.

Der Beitrag von Christian Sichau über „science education in museums“ hat mich besonders angesprochen. Er zeigt am Beispiel des Deutschen Museums München, wie sich der Präsentationsstil in den 100 Jahren seit Bestehen des Deutschen Museums verändert hat. Geplant als Museum für Meisterwerke der Naturwissenschaft und Technik, zeigte es zunächst vor allem Höhepunkte der Entwicklung. Die Perioden dazwischen wurden, wenn überhaupt, dadurch berücksichtigt, dass eine Reihe verschiedener Ausführungen eines bestimmten Instruments vom Prototyp bis zur vollendeten Form ausgestellt wurde. In den 1950er und 1960er Jahren wurden historische Objekte eher als „tote Objekte“ eingeschätzt. Die statische Ausstellungsform wurde durch ein dynamisches Konzept, mit zahlreichen Versuchen und interaktiven Einrichtungen ersetzt. Objekte wurden nur zur Illustration zeitloser Grundprinzipien herangezogen. Das Museum wurde eine Art „dreidimensionales Lehrbuch“. Seit den 1980er Jahren wird das Museum immer mehr durch eine „Event-Kultur“ bestimmt. Wichtigstes Ziel ist es, die Massen zu begeistern. Die Vielfalt der Präsentationen hat zugenommen. Grundlegende naturwissenschaftliche Probleme und ihre experimentelle Untersuchung werden mit politischen Gesichtspunkten und kommerziellen Interessen gemischt dargestellt. Sichau bedauert, dass in offiziellen Dokumenten die Wissenschaftsgeschichte und die Wissenschaftsmuseen als wichtige Elemente der naturwissenschaftlichen Ausbildung nicht aufscheinen.

David Rudge zeigt an Beispielen, dass Lehrer im Unterricht vor allem Endprodukte der Forschung und zu wenig den Prozess der Entdeckungen behandeln. Das wird durch Douglas Allchin unterstützt, der darauf hinweist, dass den Endformeln zu viel Bedeutung beigemessen wird. Arthur Stinner plädiert dafür, den Unterricht von der Tyrannei des Lehrbuches zu befreien und ihn durch aktive Einbeziehung der Studenten humaner zu gestalten. Die Entwicklung der Astronomie beschreibt Jürgen Teichmann, konkrete Beispiele aus dem astronomischen Bereich stellen Don Metz und Gudrun Wolfschmidt vor. Die Möglichkeit historische Methoden der alten chinesischen Mathematik im modernen Unterricht zu verwenden, zeigt auf überzeugende Weise Youjun Wang auf.

Zusammenfassend kann ich sagen, dass Didaktiker und Lehramtskandidaten der naturwissenschaftlichen Fächer diesen Tagungsband mit Gewinn lesen werden. Das Buch ist durchgehend Englisch geschrieben, was neben dem nützlichen, fachlichen Inhalt ein wichtiges Sprachtraining bietet. Denn, wie Katrin Schäfer von der Universität Wien in der Special Section „The World of Undergraduate Education“ der SCIENCE-Nummer vom 6. Juli 2007 schreibt: „You simply cannot have a career in the sciences without fluent English“. Man muss heute leider berücksichtigen, dass Deutsch seine Stellung als internationale Wissenschaftssprache, die es bis zum zweiten Weltkrieg hatte, vollständig verloren hat.

W. Gerhard Pohl, Linz

Wandern ohne Ziel Von der Atomdiffusion zur Ausbreitung von Lebewesen und Ideen

Gero Vogl

1. Aufl., Hardcover, 199 Seiten,
Springer Verlag Berlin
ISBN 978-3-540-71063-9
EUR 34,95

Diffusion kann mit etwas Vorwissen und dem richtigen Blick täglich in unserem Alltag wahr genommen werden. Das Phänomen, das für die Ausbreitung von Gerüchen in Räumen oder für das Vermischen von Milch und Kaffee beim täglichen Morgenritual verantwortlich ist, fasziniert seit 200 Jahren die Wissenschaft in den unterschiedlichsten Bereichen.

Sehr persönlich und mit viel Engagement versucht der Autor dem Leser die Faszination und den richtigen Blick für Diffusionsvorgänge zu vermitteln.

Die Diffusion ist im Mikrokosmos als physikalischer Prozess im Experiment reproduzierbar und mit mathematischen Formeln exakt beschreibbar. Der Autor zeigt mit Hilfe von vielen Originalzitaten und unter Berufung auf wissenschaftliche Veröffentlichungen wie Methoden und Erkenntnisse aus der Physik im Mesokosmos in den Kulturwissenschaften zu neuen Erkenntnissen führen.

In 8 Kapiteln stellt der Autor unterschiedliche Diffusionsprozesse aus seinem Forschungsfeld dar, die in wissenschaftlichen Disziplinen wie der Sozialanthropologie, Biologie, Soziologie und der Philosophie wieder zu finden sind. Gero Vogl – er ist Professor für experimentelle Materialphysik an der Universität Wien – verbindet nach einer Darstellung der umfassend anwendbaren Diffusionsgleichungen Diffusion in fester Materie mit der Ausbreitung von Ackerbauern in der Jungsteinzeit, mit der Ausbreitung invasiver Pflanzen- und Tierarten und mit dem Territorienverhalten von Wildtieren. Selbst bei der Entwicklung und Ausbreitung

der Sprachen, Ideen und Technologien in den Frühkulturen lässt sich ein Diffusionsprozess belegen.

Das Buch, das mit wenigen Formeln auskommt, kann allen Interessierten der Naturwissenschaften empfohlen werden. Des Weiteren eignet sich das Buch in besonderem Maße als Grundlage für einen interdisziplinären Unterricht.

Christian Primetshofer

Chemie und Supermarkt

Informationen zum Einkauf

Georg Schwedt

223 Seiten, zahlreiche Abb., AULIS VERLAG DEUBNER
Köln 2006. ISBN 10: 3-7614-2624-0
ISBN 13: 978-3-7614-2624-1

Dieses Buch ist für die aufgeklärten und chemisch interessierten Verbraucher, also auch für Schulbibliotheken und SchülerInnen sehr zu empfehlen. Als Begleiter beim Einkauf im Supermarkt oder in Drogeriemärkten ist es ebenso wunderbar, nur wäre eine im Format etwas kleinere Taschenbuchausgabe dieses „Schwedt´s“ noch praktischer, etwa bei längeren Wartezeiten im Kassabereich.

Die Einführung bietet sehr verständlich Informationen zum Lebensmittelgesetz, dem INCI-System (Inhaltsstoffe, Funktionen der Inhaltsstoffe) für Kosmetika und zum Verbraucherschutz (in Deutschland) an.

Die weiteren Kapitel gliedern sich in:

- Anorganische Säuren, Basen und Salze – nicht alle zum Verzehr bestimmt
- Organische Säuren – zum Genuss und zur Konservierung
- Kohlehydratchemie – vom Traubenzucker, anderen Kohlehydraten und auch über Süßstoffe
- Fettchemie – Fette, Seifen, Wachse und Begleitstoffe
- Proteinchemie – von der Milch bis zum Proteinshampoo
- Einer Zutatenliste mit einem praktischen Verweissystem auf das Vorkommen der Substanzen in den Zutatenlisten der einzelnen Kapitel.
- Liste der Lebensmittelzusatzstoffe (E.-Nr. und Bezeichnung)

Die sehr klaren Beschreibungen sind mit historischen Bezügen und schönen Abbildungen (auch alten Werbebildern) aufgelockert. Reaktionsgleichungen sowie Strukturformeln bilden die ideale Ergänzung für die Verwendung des Buches im Chemieunterricht. Welche Zutaten wo und wie wirken und Auszüge aus historischen Warenkundebüchern stehen gemeinsam für eine umfassende Betrachtung der Produkte.

Für die motivierende Beschäftigung mit Chemie der Supermarktprodukte bringt dieses Buch sicherlich viele Anregungen und Freude.

Gerald Grois