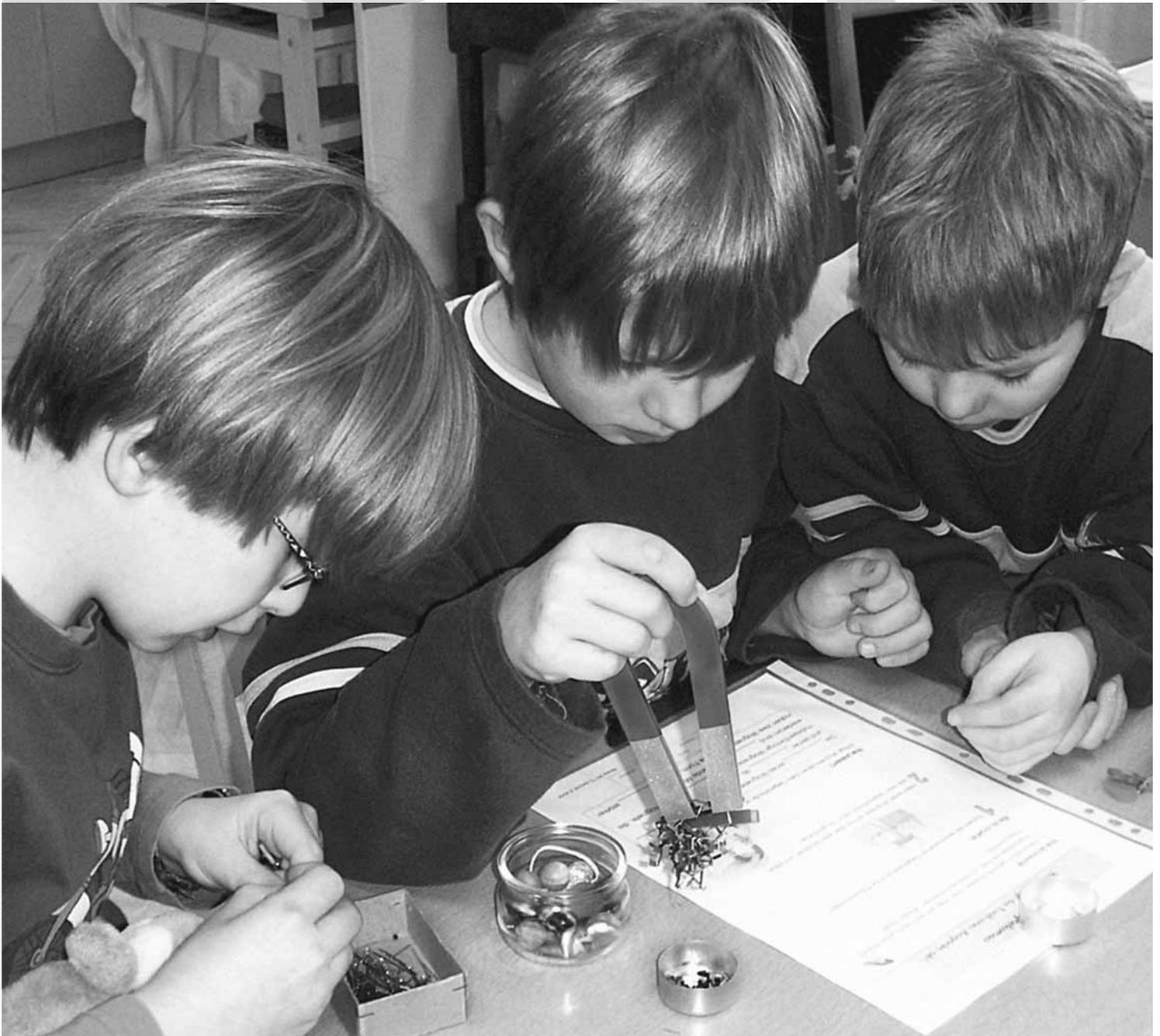


# PLUS LUCIS

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



Fächer vernetzen | Sonnenuhren | PDA und Experiment | Felder & Lawinen  
Physik-Turnier | Strahlenschutz | Materiewellen | Bunte Schmetterlinge  
Galaxien | Auer von Welsbach | Experimente | 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. Fakultät für 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  
Telefon: (01) 4277-51515  
Fax: (01) 4277-9711  
e-mail: [helmut.kuehnelt@univie.ac.at](mailto:helmut.kuehnelt@univie.ac.at)

HOL W. Rentzsch  
e-mail: [werner.rentzsch@chello.at](mailto:werner.rentzsch@chello.at)

Mag. Dr. H. Stadler  
[helga.stadler@univie.ac.at](mailto:helga.stadler@univie.ac.at)

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



**Umschlagbild:**  
Forschen und Entdecken  
VS Lichtenberg

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	1
<b>Fachdidaktik</b>	
Drei-Phasenmodell zur Steigerung der Attraktivität der NAWI-Fächer – <i>A. Fussi</i> .....	6
Unsere Uhren gehen falsch! – <i>S. Srabotnik</i> .....	9
eMEHL – Entwickeln mobiler Experimente für das Hand-held-Labor – <i>P. Haller</i> .....	19
Das Lawinensuchgerät und der Begriff des Feldes – <i>G. Haider</i> .....	23
10 Jahre AYP – <i>B. Pagana-Hammer</i> .....	26
Radioaktivität und Strahlenschutz – <i>St. Schönhacker &amp; B. Alte</i> .....	29
Angewandte Mechanik am Beispiel Fahrrad – <i>St. Ostermann</i> .....	29
<b>Aktuelles</b>	
AECC-Summerschool .....	3
AECCC – Austrian Educational Competence Center Chemistry .....	41
IV Teacher's Award – Zukunft der Schule .....	34
In Memoriam Prof. Dr. Thomas Schönfeld .....	59
Kurzbericht zum FA LHS .....	66
<b>Forschung</b>	
Vom Quantenfußball zum Quantenspeer – <i>St. Gerlich, M. Arndt</i> .....	39
Strukturfarben in der Biologie – <i>C. Gebeshuber</i> .....	44
Universe Under Construction – <i>B. Schörkhuber</i> .....	48
... und es ward Auer-Licht – <i>P. Unfried</i> .....	51
<b>Preise</b>	
39. Internationale Physikolympiade 2008 in Hanoi .....	63
Fachbereichsarbeiten Physik – Prämierung .....	64
Roman Ulrich Sexl-Preis 2008 .....	65
International Young Physicists Tournament 2008 in Trogir .....	65
<b>Freihandexperimente</b>	
Salzfabrik / Mikrokristalle / Phasenwechsel / Bunter Sand – <i>W. Rentzsch</i> ....	35
Wirbelströme / CO <sub>2</sub> Nachweis in Atemluft – <i>H. Klinglmair</i> .....	61
<b>Bücher</b> .....	67

**2008 erscheint PLUS LUCIS als Doppelausgabe 1-2**

# Standards – die Lösung?

1995 wurden die Ergebnisse der internationalen Vergleichsstudie TIMSS (Third International Mathematics and Science Study) über die Leistungen in der 4. Klasse Volksschule publik, damals jubelte die Öffentlichkeit – dem Jubel folgte Betroffenheit, als die Maturanten in Mathematik und Physik Plätze am Ende der Rangliste belegten. Handlungsbedarf wurde durch das BMUKK festgestellt, und das Projekt IMST ins Leben gerufen. Während die IMST-Initiative sich langsam von der Oberstufe zur Volksschule ausdehnt, wurden in TIMSS 2007 nach zwölfjähriger Unterbrechung wieder die Leistungen in der 4. Schulstufe im internationalen Vergleich gemessen: Grund zum Jubel gibt es keineswegs.

Erfreulich ist die dokumentierte positive Einstellung zu Mathematik und Naturwissenschaften der Zehnjährigen – 62% haben Freude am Rechnen, 75% haben Freude an Naturwissenschaften. Warum entschwindet sie im Lauf der Mittelstufe?

Jedoch haben sich die Leistungen der österreichischen Schüler/innen verschlechtert. Lässt man die asiatischen Spitzenländer von Singapur bis Japan außer Betracht, so fällt auf, dass in England und Deutschland fast 80% das mittlere Niveau III (Anwendung von elementarem mathematischen Wissen in einfachen Situationen, graphische Darstellungen von Daten lesen und interpretieren) erreichen, während dies in Österreich nur 70% sind. Österreich befindet sich dabei in Gesellschaft mit Schweden oder Slowenien. Gravierender wird es bei den leistungsstarken Schülern: Erreichen in England 16% der getesteten Schüler das Niveau V (Lösen komplexer Aufgaben), sind es in Österreich nur 3%. In den Naturwissenschaften erreichen rund 75% der österreichischen Schüler das Niveau III wie in den meisten europäischen Ländern, doch auch hier ist die Spitzengruppe mit 9% beträchtlich kleiner als in England mit 14%. Nachdenklich macht, dass die Gruppe der Leistungsfähigeren seit 1995 in Österreich kleiner geworden ist, während z.B. in England diese Gruppe größer wurde.

Daneben wurde einmal mehr die Bedeutung des Bildungsinteresses in der Familie und der Sprachbeherrschung für die erzielte Leistung nachgewiesen.

Damit fügt sich TIMSS in das Bild ein, das sich aus den PISA-Tests ergibt: Der Schritt von Routineaufgaben zu Problemlöseaufgaben fällt den Schülerinnen und Schülern schwer, hier liegt ein wichtiges Entwicklungspotential.

Weitere Informationen zu TIMSS finden Sie unter: <http://www.bifie.at>, <http://timss.ifs-dortmund.de/> und <http://timss.bc.edu>.

## Mit Bildungsstandards zu Grundkompetenzen?

„Bildungsstandards sollen“ – so steht es in der Verordnung des BMUKK –

1. eine nachhaltige Ergebnisorientierung in der Planung und Durchführung von Unterricht erwirken,
2. durch konkrete Vergleichsmaßstäbe die bestmögliche Diagnostik als Grundlage für individuelle Förderung sicher stellen und
3. wesentlich zur Qualitätsentwicklung in der Schule beitragen.

Durchaus plausibel klingt auch, dass „durch periodische Standardüberprüfungen ... die erworbenen Kompetenzen objektiv festgestellt und mit den angestrebten Lernergebnissen verglichen werden.“ (Wie werden die „objektiven“ Ergebnisse in die Qualitätsentwicklung der einzelnen Schulen einfließen, welche Unterstützung – etwa durch die im Auftrag des BMUKK ausgebildeten fachbezogenen Bildungsmanager – werden die Schulen erhalten?)

Bildungsstandards beziehen sich auf die Lehrpläne und betonen die Bedeutung von grundlegenden Kompetenzen. Kompetenzen vereinen Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten und enthalten Erfahrung und Einstellungen.

Österreichische Bildungsstandards sind nicht Minimalstandards (verbindlich für Alle!), sondern Regelstandards. Sie definieren für das Ende der 8. Schulstufe Ziele, die von der überwiegenden Mehrheit der Jugendlichen erreicht werden sollen.

## Zum Stand in den Naturwissenschaften – Nawi 8

Eine Arbeitsgruppe aus Lehrkräften und Didaktikern unter der Leitung von LSI Mag. Vormayr hat ein Modell für die im Unterricht von Biologie, Chemie und Physik an den fachlichen Inhalten zu erwerbenden naturwissenschaftstypischen Kompetenzen erarbeitet, das nach gegenwärtigem Stand 3 Bereiche umfasst:

1. Beobachten, Erfassen, Beschreiben;
2. Untersuchen, Bearbeiten, Interpretieren;
3. Bewerten, Entscheiden, Handeln.

Zu diesen Bereichen werden Beispiele – quer über die Kernbereiche des Lehrplans – erarbeitet, die möglichst deutlich die einzelnen Handlungskompetenzen unterscheiden. In diesem fachdidaktischen Neuland müssen nun Erfahrungen gewonnen werden: Im Mai 2008 erfolgte daher an 40 freiwillig teilnehmenden Schulen (HS und AHS) eine erste Überprüfung der Beispiele auf Praktikabilität und Verständlichkeit mittels Testbögen, im Februar 2009 sollen weitere Beispiele mittels on-line-Überprüfung folgen. Diesmal interessiert besonders, wie Experimentalbeispiele realisiert werden können. Dabei interessiert auch, wie weit

Handlungskompetenzen derzeit im Unterricht gefördert werden (können). Gleichzeitig will die Arbeitsgruppe die Rahmenbedingungen des Nawi-Unterrichts (Fachsäle, Experimentiermaterial, Stundentafel) exemplarisch festhalten, denn neben den Leistungsstandards für die Schüler/innen sollten „opportunity to learn“-Standards die Schulverwaltung in die Pflicht nehmen.

Wie kann es weiter gehen? Nach dieser ersten Phase des Sammelns von Erfahrungen – wobei stets auch der Blick auf die Entwicklung in den Nachbarländern Schweiz und Deutschland gerichtet ist – wird eine Überarbeitung der Handlungskompetenzen notwendig sein: Welche Kompetenzen sind von der großen Mehrheit der Schülerinnen und Schüler erreichbar, welche sollten stärker angestrebt werden? Auch muss ein realistischer Stoffumfang im Inhaltskatalog definiert werden: Was ist angesichts verordneter und schulautonomer Stundenreduktionen der Kern des Kernstoffs? Oder sollte nicht umgekehrt das notwendige Minimum an Unterricht an die von außen – durch PISA, von der Wirtschaft, von weiterführenden Schulen – erwarteten Kenntnisse und Fähigkeiten angepasst werden? Vor allem muss unter breiter Mitwirkung aus der Praxis mit Unterstützung durch die universitäre Fachdidaktik ein großer Pool von Aufgaben erarbeitet und validiert werden, mit denen nachhaltige Kompetenzentwicklung gewährleistet ist.

Wird das Experiment Bildungsstandards schlussendlich erfolgreich sein? Wird sich der Aspekt der Unterrichtsentwicklung gegenüber bundesweiter Testungen durchsetzen?

## 150. Geburtstag von Carl Auer von Welsbach

Dieser Ausgabe liegt ein Plakat zu Leben und Werk von Carl Auer von Welsbach bei. Eine interessante Ausstellung mit originalen Geräten und Präparaten des Forschers kann bis Ende Juni 2009 im Österreichischen Gesellschafts- und Wirtschaftsmuseum, Vogelsangasse 36, 1050 Wien, besichtigt werden. Am 24. 2. 2009 werden die Vorträge der Fortbildungswoche in diesem Museum stattfinden, um den Teilnehmern den Besuch der Ausstellung zu ermöglichen.

## In eigener Sache

Plus Lucis braucht Ihre Beiträge. Eine bunte Vielfalt an chemischen und physikalischen Unterrichtsideen macht die Zeitschrift interessant und trägt zur Unterrichtsentwicklung bei. Dabei sind kleine „Splitter“ ebenso willkommen wie größere bewährte Entwicklungsprojekte.

## Elektronische Post

Wenn Sie zwar per eMail erreichbar sind, aber keine Ausendungen der Versandliste [pluslucis@lists.univie.ac.at](mailto:pluslucis@lists.univie.ac.at) erhalten, teilen Sie bitte Ihre eMail-Adresse an die Listenadresse mit. Die Liste dient nur dem Versand von einschlägigen Mitteilungen und ist gegen Missbrauch geschützt. Die Liste umfasst derzeit über 1000 Mitglieder und ermöglicht eine effiziente Information.

Ein erfolgreiches Jahr 2009 wünsche ich Ihnen im Namen des gesamten Vorstands

Ihr Helmut Kühnelt



## Dr. Martin Hopf

### Leiter des Österreichischen Kompetenzzentrums für Didaktik der Physik

Seit 1. September 2008 leitet Dr. Martin Hopf als Vertragsprofessor für Physikdidaktik das Austrian Educational Competence Center (AECC) Physik an der Universität Wien.

Mit der Einrichtung der AECCs für Physik, Chemie und Biologie wurde an der Universität Wien die Chance eröffnet, Naturwissenschaftsdidaktik wissenschaftlich und in Kooperation von Praxis und Forschung zu entwickeln.

Mehr zu den Aufgaben des AECC Physik ist auf der Website <http://aeccp.univie.ac.at> zu lesen.

Die Schwerpunkte des künftigen Arbeitsprogramms werden in der nächsten Ausgabe ausführlich dargestellt.

Dr. Hopf hat an der Universität München das gymnasiale Lehramt für Physik und Mathematik studiert. Nach einigen Unterrichtsjahren wurde er Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Hartmut Wiesner (Physikdidaktik) und promovierte über „Problemorientierte Schülerexperimente“.



Das AECC-Chemie plant in Kooperation mit den AECCs Biologie und Physik für den Sommer 2009 eine erste Summer School für NachwuchswissenschaftlerInnen, die im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktiken forschen und arbeiten.

## Methodische Grundlagen der fachdidaktischen Forschung

vom 8. bis 11. Juli 2009 in Spital / Pyhrn, OÖ

### Inhalte und Ziele der Summer School

Mit der 1. Summer School möchten wir Nachwuchswissenschaftler/innen bei ihrer Arbeit und der Auswahl und Anwendung fachdidaktischer Forschungsmethoden unterstützen sowie über Möglichkeiten der Publikation von Forschungsbefunden informieren. Wir möchten alle Interessierten dazu einladen, das noch offene Konzept mitzugestalten und eigene Ideen und Bedürfnisse anzumelden.

### Themen und Vortragende

ANJA LEMBENS / MARTIN HOPF: „Landkarte“ naturwissenschaftsdidaktischer Forschung

ALEXANDER RENKL (Pädagogische Psychologie): Zuspitzung der eigenen Fragestellung und Konzeption geeigneter Forschungsmethoden

MELANIE GOISAUF (Soziologie): Qualitative und Quantitative Methoden der Sozialforschung:  
Theoretische Einführung und konkrete Übungsbeispiele

### Ausgewählte qualitative Methoden in der Unterrichtsforschung:

HERBERT ALTRICHTER (Erziehungswissenschaft): Einführung in die Grundlagen der Aktionsforschung

HELGA STADLER (Fachdidaktik Physik): Einführung in die Grundlagen systematischer Videoanalyse

### Weitere Themen:

- rechtliche Rahmenbedingungen empirischer Erhebungen im Kontext Schule
- Einblicke in SPSS
- Einblicke in Programme zur Auswertung von qualitativen Daten: Videograph, Maxqda
- Einblicke in Literaturverwaltungsprogramme: EndNote

Es wird für die Teilnehmer/innen ausreichend Zeit geben, um sich untereinander und mit den Vortragenden über die eigenen Forschungsfragen auszutauschen.

### Zielgruppe

Die Summer School richtet sich an alle in der Fachdidaktik der Chemie, Biologie und Physik forschenden Nachwuchswissenschaftler/innen (Diplomanden, Dissertanten) in Österreich.

Vertiefte Methodenkenntnisse sind nicht Voraussetzung, sondern Ziel der Veranstaltung.

### Teilnahmegebühr und Übernachtungsmöglichkeit

Die Kosten für Referentinnen und Referenten sowie die Seminarräume übernimmt das AECC-Chemie.

Die Kosten für Anreise, Übernachtung und Verpflegung müssen von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern oder von den sie entsendenden Institutionen getragen werden.

### Information und Anmeldung

PROF. DR. ANJA LEMBENS

Sekretariat AECC Chemie: Heidi Ratz

heidi.ratz@univie.ac.at

Tel: 01-4277-71201

Fax: 01-4277-9712

<http://aeccc.univie.ac.at>

Bitte um Anmeldung mit Angabe des Diplom- oder Dissertationsthemas bis zum 28. Februar 2009.



# Austrian Educational Competence Centre Chemistry

## Unterricht als Herausforderung

Die Herausforderungen, mit denen sich Lehrer/innen heute in den Schulen konfrontiert sehen, gehen weit über das reine Weitergeben von Fachwissen hinaus. Dass eine fachwissenschaftliche Basis das Fundament für gelingenden Unterricht (in welcher methodischen Ausprägung auch immer) bildet, ist ebenso selbstverständlich, wie dass dieses keineswegs ausreicht, um einen modernen und kompetenzorientierten Unterricht gestalten zu können. Das hierfür nötige Rüstzeug kann nur durch eine aktive und fundierte Beschäftigung mit bildungstheoretischen, erziehungswissenschaftlichen, psychologischen, pädagogischen und fachdidaktischen Erkenntnissen in der Auseinandersetzung mit der schulpraktischen Realität erworben werden. In der Ausbildungsphase an den lehrer/innenbildenden Hochschulen sind Angebote hierzu zum Teil noch relativ dünn gesät. Nicht selten führt das dabei praktizierte Nebeneinander von Theorie und Praxis zu trägem Wissen, auf das in Praxissituationen nur schwer zurückgegriffen werden kann.

## Zum Status Quo

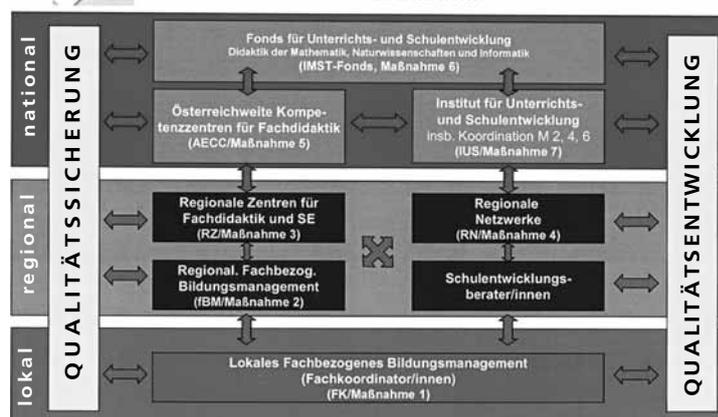
Die Erkenntnisse fachdidaktischer Forschung finden jedoch überall auf der Welt nur langsam – zu langsam – ihren Weg in den Unterrichtsalltag, um dort wirksam werden zu können. Die Ergebnisse werden in Journalen veröffentlicht, zu denen Lehrer/innen üblicherweise keinen Zugang haben und sind in einer schwer verständlichen Sprache verfasst; so manche Publikation wird als praxisfern kritisiert.

## Handlungsbedarf

Im Rahmen von IMST<sup>2</sup> und im Nachgang von PISA 2003 wurden verschiedene Maßnahmen für ein nachhaltiges Unterstützungssystem für den Österreichischen Mathematik-, Naturwissenschafts- und Informatikunterricht erarbeitet. Eine von sieben zentralen Maßnahmen ist die Einrichtung von nationalen Fachdidaktikzentren. Ende 2005 konnte daraufhin zwischen dem damaligen Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (bm:bwk) und der Universität Wien eine Vereinbarung zur Einrichtung von drei naturwissenschaftsdidaktischen nationalen Kompetenzzentren für die Schulfächer Biologie, Chemie und Physik getroffen werden. Die Kompetenzzentren sind seither im Aufbau und haben sukzessive ihre Arbeit aufgenommen.



**IMST-Unterstützungssystem**  
Innovations in Mathematics, Science and Technology Teaching  
Prinzipien: Evaluation und Gender Sensitivity & Gender Mainstreaming  
Stand: Jänner 2007



Einbettung in das IMST3-Unterstützungssystem

## Das AECC-Chemie-Team



**Univ. Prof. Dr. Anja Lembens**  
Leitung  
anja.lembens@univie.ac.at

**Univ. Prof. Herbert Ipsner**  
Studienprogrammleitung Lehramt Chemie  
Stellvertretende Leitung

**Mag. Gerhard Kern**  
gerhard.kern@univie.ac.at

**Dr. Christa Koenne**  
christa.koenne@univie.ac.at

**DI Mag. Brigitte Koliander**  
brigitte.koliander@univie.ac.at

**Dr. Christoph Luef**  
christoph.luef@univie.ac.at

**Mag. Rosina Steininger**  
rosina.steininger@univie.ac.at

**Heidi Ratz**  
Sekretariat

**Mag. Siegfried Reisinger**  
Homepage

## Kernaufgaben des österreichischen Kompetenzzentrums für Didaktik der Chemie

### Forschung

- Angewandte und grundlagenorientierte fachdidaktische Forschung, insbesondere Unterrichtsforschung mit Reflexion der Grundlagen, sowie Entwicklung und deren Bezug zur Schulpraxis

*Dissertationen | Habilitationen | Standards | Lehrer/innen-Bildung*

### Verbreitung

- Sichtbar- und Nutzbarmachen von Ergebnissen der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Unterstützung der Schulpraxis
- PR-Tätigkeit zur Stärkung des Selbstverständnisses und der Gewichtung der Fachdidaktiken – Kontakte zu Wirtschaft und Industrie

*Newsletter | Kongressbeiträge | Zukunftskonferenz | Fortbildungswoche | Chemie-Tage*

### Lehreraus- und -fortbildung, Qualifizierung

- Systematische Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses bzw. von forschungsinteressierten Lehrer/innen
- Erarbeitung von Standards und Qualifizierungsprogrammen in der Lehrer/innenbildung und Hochschuldidaktik
- Erarbeitung von Anreizsystemen für Lehrer/innen zur Mitwirkung an fachdidaktischer Forschung und Entwicklung

*Diplomanden-Dissertanten-Seminar | Fachdidaktik-Tage | Fortbildungswoche | Chemie-Tage | Summerschool | Projektseminar | Lehrgang Fachbezogenes Bildungsmanagement | Mitarbeit im PFL-Lehrgang (Universitäts-Lehrgang „Pädagogik und Fachdidaktik für Lehrer/innen der Naturwissenschaften“)*

### Kooperation, Kommunikation und Unterstützung

- Impulse zur Vernetzung der österreichischen Chemiedidaktiker/innen sowie zur Kooperation mit den Didaktiken der anderen Fächer
- Interdisziplinäre Kommunikation zwischen unterrichtsrelevanten Disziplinen (Fachwissenschaft, Pädagogik, Psychologie, Soziologie etc.)
- Beratung und Begleitung nationaler Entwicklungen (Lehrpläne / Standards) und internationaler Programme (PISA) mit Integration der Erkenntnisse in die Lehrer/innenbildung – internationale Orientierung und Zusammenarbeit
- Unterstützung der Kooperation zwischen den Pädagogischen Hochschulen und Universitäten
- Mitarbeit bei IMST3, insbesondere bei der Ausbildung der fachbezogenen Bildungsmanager/innen

*Kongressbeiträge | Zukunftskonferenz | IMST-Schwerpunktkoordination | Sparkling Science | Mitarbeit bei PFL | Workshop of Excellence | Unterrichtswerkstatt | Fachdidaktik-Tage | Positionspapier zu Lehrer/innen-Bildung*

### Infos und Kontakt:

<http://aeccc.univie.ac.at/>

[heidi.ratz@univie.ac.at](mailto:heidi.ratz@univie.ac.at)

Tel. 0043-1-4277-71201 Fax 0043-1-4277-9712



## Was leistet das AECC Chemie?

### Laufende Aktivitäten (Auswahl)

- Kooperation und Vernetzung auf internationaler Ebene
- Teilnahme an nationalen Veranstaltungen und internationalen Kongressen
- Fachdidaktik-Symposien in Zusammenarbeit mit den anderen AECC's
- Betreuung von Diplomarbeiten, Dissertationen und Habilitationen (laufende Arbeiten siehe Homepage)
- Forschungsbasierte Anregungen zur Unterrichtsgestaltung
- Unterrichtswerkstatt (1x monatlich für Lehrkräfte mit wenig Unterrichtserfahrung)
- Planung und Organisation der Chemiedidaktik-Treffen im Rahmen der IMST-Herbsttagungen
- Mitarbeit an der Entwicklung von Standards sowie prototypischen Beispielaufgaben
- Kooperationen mit den Pädagogischen Hochschulen
- Kontakte zu anderen Organisationen (IMST, MNI, AECC's, FeLP, VCÖ, GÖCh, EuCheMS etc.)
- Planung und Durchführung der Kurse im Modul Fachdidaktik des Universitätslehrganges Fachbezogenes Bildungsmanagement in Zusammenarbeit mit den anderen AECC's
- Mitarbeit im PFL-Lehrgang

Viele dieser Aufgaben sind nur in Kooperation mit in den Schulen tätigen Kolleg/innen zu bewältigen, die als Partner/innen in Augenhöhe an Forschungs- und Entwicklungsprozessen teilhaben. Wir sind davon überzeugt, dass eine zukunfts-taugliche Weiterentwicklung des Chemieunterrichts umso erfolgreicher ist, je besser die Zusammenarbeit von Praxis und Forschung gelingt. Das bedeutet auch, dass wir als MitarbeiterInnen eines nationalen Fachdidaktikzentrums Anregungen aus der Praxis gerne aufnehmen.

Das AECC-Chemie-Team

# Drei-Phasenmodell zur Steigerung der Attraktivität der NAWI-Fächer



Angelika Fussi

## Ausgangssituation

Die Notwendigkeit, die Attraktivität des naturwissenschaftlichen Unterricht zu erhöhen und der geringe Zustrom zu den technischen Berufen veranlassten mich im Schuljahr 2006/2007 das IMST/MNI-Projekt unter dem Titel „Handlungs- und produktorientierter Unterricht unter dem Aspekt der Motivation und Nachhaltigkeit betreffend die Berufsorientierung und Berufsfindung“ durchzuführen. Diesem Projekt folgt nun das IMST/MNI-Nachfolgeprojekt, in dem das Dreiphasenmodell unter dem Jahresthema „Umweltschutz mit Energie und Lärm“ in Kooperation mit der Montanuniversität Leoben/Institut für Elektrotechnik umgesetzt wurde.

## Durchführung des Projekts nach dem Drei-Phasenmodell

Das Projekt erfolgt nach dem Drei-Phasenmodell unter der Wahl eines Jahresthemas mit einem naturwissenschaftlichen Schwerpunkt:

- Phase 1 – Anknüpfen an bekannte Inhalte (6. Schulstufe)
- Phase 2 – Grundlagen und Zusammenhänge (7. Schulstufe)
- Phase 3 – Weiterführung und Anwendung (8. Schulstufe)

## Der Unterricht nach dem Drei-Phasenmodell

sieht für jede Schulstufe ab der 6. Schulstufe

- ein Projekt vor,
- in dem unter Einbezug aller curricularen Vorgaben
- fachverbindend und/oder fachübergreifend
- teamorientiert und arbeitsteilig
- ein bestimmtes Produkt erarbeitet wird.

Demnach durchlaufen alle Schülerinnen Schüler in ihrer Schullaufbahn

### **drei „naturwissenschaftliche Phasen“ mit einer thematischen Schwerpunktsetzung.**

Am Gesamtprojekt waren über 230 Schüler/innen und zahlreiche Pädagog/innen, sowie zwei universitäre Partner (Montanuniversität Leoben und Alpen-Adria Universität Klagenfurt) involviert. Die Beteiligung am Projekt erfolgte durch die Beschäftigung mit dem Projektthema „Umweltschutz mit Energie und Lärm“ in den naturwissenschaft-

Dipl.-Päd. Angelika Fussi, Hauptschule II und Realschule Feldbach,  
eMail: angelika\_fussi@gmx.net

lichen Gegenständen Physik, Mathematik, Informatik und Biologie. Fachübergreifend und fachverbindend wurde neben dem naturwissenschaftlichen Unterricht in den Gegenständen Musik, Bildnerische Erziehung, Religion, Werkerziehung, Deutsch und Englisch an der Produktgestaltung im arbeitsteiligen Verfahren gearbeitet.

## Umweltschutz mit Energie und Lärm

Unter diesem Jahresthema schufen die Schüler/innen mit ihren Lehrer/innen Produkte:

- Lärmbalkenanzeigen, Ziffernanzeigen und Solar-Glockenspiele
- Malereien und Exponate für den Werkkatalog „GehörLOS“
- Elektrokofferbau für den Eigengebrauch
- Physikkalender 2009 „Music, Sound and Noise“ (Schwerpunkt: Akustik)
- Bühnenproduktion „Klang im Bild“
- Energiestraße und Klangstraße, Multimediapräsentationen, Postersession
- Charity-Aktion mit der Vernissage „Sound at an Exhibition“

## Physik nach dem Drei-Phasenmodell

### Phase 0 – Unverbindliche Übung

#### „Forschen und Experimentieren“ (5. Schulstufe):

Im Schuljahr 2007/08 besuchten 23 Schüler/innen (20 Knaben und 3 Mädchen) diese Übung.

#### Highlights in diesem Schuljahr:

Schüler/innen experimentierten mit Volksschüler/innen am Tag der offenen Tür.

**ProTECH-Tag am 19. Mai 2008:** Die Schüler/innen der 2 B und der UVÜ experimentierten entlang der Energie- und Klangstraße mit den Eltern und rund 90 Volksschüler/innen.

### Phase 1 – Anknüpfen an bekannte Inhalte (6. Schulstufe)

**Jahresthema:** Musik, Schall und Lärm –  
Music, Sound and Noise

- Freiarbeiten/Referate zu einem Thema aus der Akustik
- Textauszüge aus den Freiarbeiten für den Physikkalender der 2009 „Music, Sound and Noise“

- Anfertigung von Skizzen zum Thema (z.B.: Schallaufzeichnung, Ohr, Stimme) für den Kalender 2009
- Aufbau einer Klangstraße für die Abschlusspräsentation und für den ProTECH-Tag

### Phase 2 – Grundlagen und Zusammenhänge (7. Schulstufe)

**Jahresthema:** Petroleum, Eau de Cologne und Silizium  
Petroleum, Eau de Cologne and Silicium

- Experimenteller Unterricht – Auf die Aktivität der SchülerInnen wird im Physikunterricht großer Wert gelegt, was durch die Gruppengröße von 14 Schüler/innen in dieser Jahrgangsstufe optimal möglich war. Es wurden mit den Schüler/innen Versuchsreihen mit dem Schwerpunkt „Elektrischer Strom“ durchgeführt. Die Schüler/innen konnten in Alleinarbeit bzw. in Partnerarbeit die Versuche durchführen.
- Der Elektrokoffer mit dem Zweck, Jugendlichen das Experimentieren zu Hause und ein Nachvollziehen von Versuchen in der Freizeit zu ermöglichen, war der Grundgedanke dieses IMST/MNI-Projekts. Dieser Gedanke wurde im Vorjahr für 109 Schüler/innen, in diesem Jahr für 57 Schüler/innen in der 7. Schulstufe Wirklichkeit. Jede Schülerin und jeder Schüler erstellte sich einen Elektro-Experimentierkoffer. Dieser Koffer beinhaltet 28 Grundversuche zum Elektrischen Strom.

### Phase 3 – Vertiefung und Anwendung (8. Schulstufe)

**Jahresthema:** Umweltschutz mit Energie und Lärm  
Environmental Protection with Energy and Noise

#### Schwerpunkt 1: Energie

- Freiarbeiten zur Elektrizität (Berufsfeld rund um die Elektrizität, Elektromagnetismus und Induktion, Motor und Generator, Transformator, Umwandlung bzw. Gewinnung elektrischer Energie, mit Energie haushalten, Energie sparen);
- PowerPoint-Präsentationen und Poster zu den Freiarbeiten
- Aufbau einer Experimentier-Energiestraße
- Arbeiten mit dem Oszilloskop
- Modell-Versuche zum Elektromagnetismus, zur Induktion und Solarenergie

#### Schwerpunkt 2: Lärm sichtbar machen

Die Fertigung von 4 Lärmbalkenanzeigen im Werkunterricht mit Dipl. Päd. Gerhard Walter in Kooperation mit der Montanuniversität Leoben / Institut für Elektrotechnik im Rahmen der BMWF Aktion ProVision.  
Betreut und wissenschaftlich begleitet von o. Univ.-Prof. Dr. techn. Dipl.-Ing. Helmut Weiß

Die Schüler/innen wirkten an der mechanischen und elektrischen Gerätefertigung nach Vorgabe einer bestehenden Schaltung mit und lernten den Umgang mit dem Multimeter. Sie eigneten sich Fertigkeiten an:

- Verdrahtung, Ablängen, Löttechnik,
- Designen, Anreißen, Bohren, Feilen,

- Zusammenschalten und in Betrieb setzen der Lärmbalkenanzeige.
- Inbetriebnahme, Fehlersuche samt Entwicklung von Problemlösestrategien



Univ.-Prof. Dr. Weiß und Dipl.-Päd. Gerhard Walter mit den Schüler/innen beim Lärmbalkenbau; Besuch von Mag. Josef Schellenbach in der Hauptschule II und Realschule Feldbach

Weitere Inhalte, die sich Schüler/innen aneignen konnten, waren das Wissen über Schallwellen, Schallausbreitung, Schallgeschwindigkeit, Frequenz, Schalldämmung, Logarithmisches Lautstärkemaß, Lärmpegel, Mikrophon, Erschütterungssensor, Oszilloskop (akustische Signale sichtbar machen und aufzeichnen), elektronische Bauteile.

### Fächerverbindendes vernetztes Lernen

#### Deutsch und Physik (7. und 8. Schulstufe)

- Referate zum Jahresthema „Energie“ in Partnerarbeit
- Einstudieren des Bühnenstücks „Klang im Bild“ von Dipl.-Päd. Johanna Wolf und Guido Kowatsch
- „Stille – Gedichte“

#### Informatik (7. – 9. Schulstufe)

Im Informatikunterricht wurde das Datenmaterial aus der Bildnerischen Erziehung, dem Werk-, Physik- und Deutschunterricht zu Produkten verarbeitet:

- Charity - Werkkatalog „GehörLOS“
- Layout des Physikkalenders 2009 „Music, Sound and Noise“
- Programmfolder für den Präsentationsabend, Diaschau zum Projektlauf, Multimediaschau, Technik bei der Abschlusspräsentation, audioakustische Präsentation „Laut – Leise, Dunkel – Hell“

#### Englisch und Physik (6. – 8. Schulstufe)

- Englisch als Arbeitssprache-Vokabular zu Grundgrößen und Formelzeichen und zu Abkürzungen, beispielsweise LED, LDR, NTC.

#### Mathematik (7. Schulstufe)

- Berechnungen zum Ohmschen Gesetz
- Lärm auf der Autobahn und seine Auswirkungen – Recherchieren im Internet

#### Biologie und Englisch (7. – 8. Schulstufe)

- Das Ohr – The Ear
- Lärm und seine Auswirkungen

### **Werkerziehung (6. – 8. Schulstufe)**

- Zuschnitte der Materialien für den Elektrokoffer
- Binden der Charity-Aktionskataloge „GehörLOS“ und des Physikkalenders 2009
- Solar-Glockenspiele, Ziffernanzeige, Lärmbalkenbau (ProVision, Montanuniversität Leoben)

### **Religion (7. – 8. Schulstufe)**

- Sensibilisierung für das „Anders sein“, Umgehen mit Behinderung
- Begegnung mit Herrn Hans Neuhold (Präsident des Schwerhörigenbundes) im Klassenzimmer

### **Musikerziehung (6. – 8. Schulstufe)**

- Werkerarbeitung – Bilder einer Ausstellung von Modest Mussorgsky, Instrumente im Selbstbau
- Regie und musikalische Darbietungen „Klang im Bild“

### **Bildnerische Erziehung (6. – 7. Schulstufe)**

- Assoziationen zu Geräuschen - Acrylmalereien
- Wir sind in Einklang – Malen mit Wasserfarben in Partnerarbeit
- Digitale Bildcollage zu Mussorgskys Werk „Pictures at an Exhibition“
- Kulisse „New York“
- Das außergewöhnliche Ohr – Bühnendekoration

## **IMST-Projektabschlusspräsentation „Music, Sound and Noise“**

Schüler/innen präsentierten am 15. und 16. Mai 2008 im Volkshaus Feldbach ihren selbst zusammengestellten Physikkalender 2009 „Music, Sound und Noise“, eine Klang- und Energiestraße ...



Eine Station entlang der Klangstraße

... und zeigten ihr schauspielerisches Talent in der szenischen Collage „Klang im Bild“.



Szene aus „Klang im Bild“



Schüler/innen präsentieren ihre Produkte

Auch in diesem Jahr konnten Schüler/innen ihren selbst erstellten Elektrokoffer, der über den IMST/MNI-Fonds finanziert wurde, entgegennehmen. In Kooperation mit der Montanuniversität Leoben, dem Institut für Elektrotechnik, Prof. Dr. Dipl.-Ing. Helmut Weiß konnten die 4. Klassen die im Werkunterricht selbst gefertigten Lärmbalkenanzeigen vorführen. Schülerwerke aus der Bildnerischen Erziehung und Exponate aus dem Werkunterricht waren Blickfänge dieser Präsentation. Sie werden von 16. September bis 10. Oktober 2008 in der Ausstellung „Sounds at an Exhibition“ in der Volksbank Feldbach zugunsten eines hörbehinderten Kindes zum Kauf angeboten. Einen Überblick zu diesen Werken bietet der Charity-Werkkatalog „GehörLOS“.

### **Mitwirkende beim IMST-Projekt**

#### **UMWELTSCHUTZ mit ENERGIE und LÄRM**

Schüler/innen aus der 5. - 9. Schulstufe, HDir. Dipl.-Päd. Stefan Berenyi, Dipl.-Päd. Anna Braunstein, Dipl.-Päd. Brigitte Brückler, Dipl.-Päd. Angelika Fussi, Dipl.-Päd. Olga Graf, Dipl.-Päd. Maria Kalcher, HOL Edith Kiefer, Dipl.-Päd. Guido Kowatsch, Dipl.-Päd. Willibald Kurtz, Dipl.-Päd. Mag. Dorothea Moick, Dipl.-Päd. Gabriele Preininger, HOL Johanna Sieberer, Dipl.-Päd. Leonhard Spiegl, Dipl.-Päd. Maria Steiner, SR ROL Johann Steinreiber, Dipl.-Päd. Anneliese Orel, Dipl.-Päd. Thomas Orel, Dipl.-Päd. Sabine Reisinger, Dipl.-Päd. Ulrike Pammer, Dipl.-Päd. Gerhard Walter, Dipl.-Päd. Erwin Wolf, Dipl.-Päd. Johanna Wolf u.a.

# Unsere Uhren gehen falsch!



## Highlight mit Sonnenuhren in Technischer Werkerziehung

Sylvia Srabotnik

Mit dieser lapidaren Behauptung an der Tafel überraschte ich eine neu übernommene Lerngruppe in Technischer Werkerziehung, die sich aus Mädchen und Burschen zweier typengemischter 4. AHS-Klassen zusammensetzte, am Beginn des Unterrichtsjahres 2007/08. Die Provokation löste erwartungsgemäß Verwunderung aus und schon bald entbrannte eine angeregte Diskussion, die uns ohne Umschweife zu Sonnenuhren, „natürlicher“ Zeitmessung und verschiedenen „Gangarten“ von Zeitmessinstrumenten führte.

Damit gelang die Initialzündung für das im Trägerfach ganzjährig durchgeführte Projekt „Sonnenuhren“ als Teil des komplexen Themenbereichs „Umbra docet. Der Schatten lehrt?“ aus Bildnerischer Erziehung, an dem sich phasenweise weitere Fächer mit den Subthemen Licht, Schatten und Zeit beteiligten. „Umbra docet“ ist mehr als ein oft zitierter lateinischer Sinnspruch auf Sonnenuhren. Die im Titel versteckte Frage weckte Neugier und regte zu eigenständigen Beobachtungen, Forschungen und weiterführenden Fragen an:

- Wo begegnen uns Schatten werfende Objekte?
- Unter welchen Bedingungen treten Schatten auf?
- Welchen Nutzen bringt uns die Wahrnehmung von Schatten im Alltag?
- Mit welchen Methoden lassen sich Schatten beobachten und aufzeichnen?
- Was vermag die Auseinandersetzung mit Schatten zu lehren?
- Schattenwerfer<sup>1)</sup> auf Sonnenuhren und die Wissenschaft von der Gnomonik<sup>2)</sup>

Auf diese Weise wurde das Thema „Licht“ von hinten aufgezäumt und ließ uns unvermittelt in das Projekt einsteigen.

### Themenwahl und Intentionen

Die Gnomonik ist nicht explizit im Lehrplan der Technischen Werkerziehung enthalten, verbindet jedoch in idealer Weise alle abzudeckenden Bereiche: Architektur, Technik und Design. Orientiert an der Lebenswelt der SchülerInnen

OStR. Prof. Mag. Sylvia Srabotnik, Wiedner Gymnasium, Sir Karl Popper-Schule, 1040 Wien, [ssrabotnik@popperschule.at](mailto:ssrabotnik@popperschule.at)

<sup>1)</sup> gnomon (griech. Weiser, Zeiger) – Der Schattenstab ist das älteste bei Babyloniern, Chinesen, Inkas und Griechen benutzte Gerät zum Messen der Sonnenhöhe. Die einfachste Form der Sonnenuhr ist ein senkrecht auf horizontaler Unterlage stehender, Schatten werfender Stab.

<sup>2)</sup> Gnomonik - Wissenschaft von Sonnenuhren

beschritt ich damit pädagogisch-didaktisches Neuland, um die Ressourcen des Faches mit human- und naturwissenschaftlichen Inhalten zu bündeln und meine beruflichen und privaten Interessen – Kunst, Kultur, Technik und Philosophie – Sinn stiftend mit den Bildungs- und Erziehungszielen der AHS zu verschmelzen. Meine Herausforderung bestand darin, Methoden zu erarbeiten, die das Interesse an astronomischen Sachverhalten wecken und schwer fassbare Inhalte für eine 8. Schulstufe be-greif-bar werden lassen.

Mit der Unterrichtsentwicklung wollte ich exemplarisch aufzeigen, wie SchülerInnen für technische Inhalte zu begeistern und was diese zu leisten imstande sind, wenn sie Lernangebote annehmen, ihren Interessen entsprechend gefördert werden und die zur Selbstverwirklichung erforderlichen Spielräume – im wörtlichen und übertragenen Sinn – erhalten und für sich zu nützen lernen. Als LehrerInnen- aus- und -fortbildnerin (Arbeitsgemeinschaftsleiterin der Technischen Werkerziehung für Wien und Betreuungslehrerin für Studierende und PraktikantInnen) bin ich bestrebt, die Akzeptanz des beliebten Faches in der Öffentlichkeit zu heben und technisch wie naturwissenschaftlich potenten Nachwuchs auf allen Ebenen heranzubilden, um das hohe technische Niveau unserer Gesellschaft auch in Zukunft zu sichern. Denn ein eklatanter Mangel an TechnikstudentInnen und der dringende Bedarf an Fachleuten stehen in krassem Widerspruch zum ursprünglichen Interesse und einschlägigen Begabungen der SchülerInnen.

Der Werkstattcharakter des Faches ermöglicht eine intensive Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Teilproblemen und deren visuelle, haptisch-räumliche Darstellung in Denk- und Handlungsmodellen, die zu einem tieferen Verständnis ausgewählter Inhalte führen. Nach meiner Auffassung einer höheren Allgemeinbildung darf die Einbettung der Technik in humanwissenschaftliche Aspekte ebenso wenig fehlen, da jede Erfindung durch Gebrauch Spuren im Lebensrhythmus, in der Auffassung vom Leben und in der Lebensweise einer Kultur zeichnet. Im technisch-kreativen Bereich gestatten spezielle Transfermöglichkeiten das Übertragen von Erfahrungen und Kenntnissen auf andere Bereiche, sodass über die Entfaltung der Kreativität zugleich das kreative Moment im wissenschaftlichen Denken gefördert werden kann. Kreatives Lernen geht nicht ausschließlich vom Lernerfolg aus. Es orientiert sich an Lernverhaltensformen wie aktives und selbständiges Tun und kreativen Äußerungen bei der Problemsuche, Produktion von Ideen und der Einschätzung von Lösungsalternativen.

## Inhaltliche Aspekte

Sonnenuhren sind aufschlussreiche und bedeutende ästhetische Kulturdokumente früher menschlicher Beobachtungs- und Erfindungsgabe, die nicht nur zum Verständnis von Alltagsphänomenen beitragen, sondern auch frühere Epochen und fremde Kulturen in einem anderen Licht erscheinen lassen. Neben den ersten Werkzeugen dürfte die Sonnenuhr eine der ältesten Erfindungen des Menschen sein, die wie der Hammer oder einfache Hebel noch heute funktionieren. Das Spiel des Lichtes macht den Ablauf kosmischen Geschehens sichtbar und führt auf augenscheinliche Weise zum Ursprung des Zeitmaßes zurück. Der frühe Mensch – in seinem Wirken und Werken völlig abhängig vom Tagesgang der Sonne – hatte rasch gelernt, den Wanderweg des Schattens durch feste Markierungen zu kennzeichnen und damit Tages- und Jahreszeit abzulesen – in allen Erdteilen und Kulturen.

In der naturhaften Ursprünglichkeit liegt der besondere Reiz und ideelle Wert eines Sonnenuhrzifferblattes, über das der Schatten eines Stabes nach eigenen Gesetzen hinweg zieht. Deshalb erfordert das Betrachten einer Sonnenuhr verglichen mit uns vertrauten Chronometern etwas geistige Arbeit. Das Thema Zeit kann kaum anschaulicher erarbeitet werden. Der körperlich-sinnliche Zugang zur Welt macht den Menschen im Mittelpunkt der Zeitmessung erlebbar und das Verstreichen von Zeit anhand des Wanderweges von Licht und Schatten mit allen Sinnen bewusst wahrnehmbar. Je nach Typus und Konstruktion können Sonnenuhren verschiedene Zeitangaben machen: Die Wahre Ortszeit (WOZ)<sup>3)</sup> orientiert sich am scheinbar unregelmäßigen „Gang“ der Sonne und galt noch zu Goethes Zeiten. Sie unterscheidet sich von der für eine Zeitzone offiziellen „Mittleren Ortszeit“ (MOZ)<sup>4)</sup>. Aber auch diese aus dem Streben nach Vereinfachung bewusst erzeugte Ungenauigkeit der Zeitmessung nach einer mittleren, „gedachten“ Sonne mit gleichförmig angenommener Bewegung löste nicht alle Probleme. Als die XII-Uhr-Linien der Wahren Ortszeit durch die Achterschleife<sup>5)</sup> der Mittleren Ortszeit ersetzt oder ergänzt wurden, blieben dennoch die Zeitunterschiede von Ort zu Ort – ein Umstand, der bei der Fahrplangestaltung seit der Erfindung der Eisenbahn zu erheblichen Schwierigkeiten führte. 1893 wurde das Problem durch eine künstliche Gleichschaltung der Uhren für bestimmte Zeitzonen umgangen, nach denen das Zeitquantum alle 15 Längengrade um 1 Stunde springt<sup>6)</sup>. Seither unterscheidet sich die Wahre Ortszeit von den gesetzlich vereinbarten Zonenzeiten, wie z. B. der Mitteleuropäischen Zeit (MEZ), die der Mittleren Ortszeit des 15. Längengrades Ost (Görlitz-Gmünd) entspricht.

<sup>3)</sup> Die Wahre Ortszeit richtet sich nach dem Kulminationspunkt der Sonne um 12 Uhr im Zenit (Wahrer Mittag).

<sup>4)</sup> Zum Einrichten mechanischer Zeitmessgeräte auf Kirchtürmen wurden weiterhin Mittagsuhren (WOZ) verwendet. 1842 wurde am Straßburger Münster eine Sonnenuhr zur Gangkontrolle der Turmuhr angebracht!

<sup>5)</sup> Die Stundenlinien auf den Zifferblättern von Sonnenuhren können so gestaltet sein, dass sie unmittelbares Ablesen der um die Zeitgleichung korrigierten Zeit erlauben (Analemma).

<sup>6)</sup> Da sich der Verlauf der Zeitzonen nicht nur an geografischen, sondern auch an praktischen und politischen Vorgaben orientiert, kann die Differenz der gesetzlichen Zeit zwischen zwei Orten auch größer oder kleiner als die Ortszeitdifferenz sein.

Nur an 4 Tagen im Jahr (16. April, 15. Juni, 1. September und am 26. Dezember) stimmen MOZ und MEZ überein, da beide Zeitmessungen zusammenfallen. Die sonst wirksame Differenz zwischen Wahrer und Mittlerer Ortszeit wird in der Zeitgleichung ausgedrückt und kann maximal 16,4 bzw. -14,3 Minuten betragen<sup>7)</sup>. Mit der Einführung der Sommerzeit haben wir uns von der natürlichen Zeitmessung einen weiteren Schritt entfernt. Die Mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ) ist der „Normalzeit“ (MEZ) um eine Stunde voraus und in den meisten europäischen Ländern von Ende März bis Ende Oktober gültig. Die jährliche zweimalige Zeitumstellung lässt uns spüren, welchen Einfluss das körperliche Zeitempfinden auf unseren Lebensrhythmus nimmt.

Das aus heutiger Sicht scheinbare „Falschgehen“ von Sonnenuhren verglichen mit dem gleichmäßigen „Gang“ der Zahnräder mechanischer Uhren führt zur Beschäftigung mit Zeitdifferenz, individuellem Zeitempfinden, der Zeitauffassung verschiedener Epochen und Kulturen und zur Relativität des Zeitbegriffs.

## Maßnahmen und Methoden

Selbständigkeit und Selbsttätigkeit sind Bestandteile jeder Problemlösung und des verbundenen Erkenntnisgewinns, weshalb ich Wissensinputs auf ein unverzichtbares Maß beschränkte und die Informationsbeschaffung durch SchülerInnen in die laufende Unterrichtsgestaltung einbezog. Dieser Aspekt mit Angeboten und Anregungen zum Probieren und Experimentieren versprach einen spannenderen und interessanteren Unterricht für alle Beteiligten, zumal er von der Lerngruppe mitgetragen wurde. Der von verschiedenen Materialien ausgehende Reiz weckte Lust auf Berührung und Bearbeitung, ein Wahrnehmungsangebot, das



Abb. 1: Der vom Material ausgehende Reiz spricht taktile Lerntypen besonders an ...

besonders den Tastsinn und die oft vernachlässigten taktilen Lerntypen anspricht, die sich im Wahlfach Technische Werkerziehung erwartungsgemäß zahlreich finden.

Anstatt detaillierte Anleitungen anzubieten, die zu passivem Verhalten und unreflektiertem Tun verleiten, lag das Hauptaugenmerk auf dem eigenständigen Lösen von Problemstellungen, die ein Ausbrechen aus alten Denkmustern bewirken und kreative Denk- und Handlungsstrategien in Gang setzen. Offenheit und Neuheit von Problemsituationen forderte zu aktiver Auseinandersetzung mit wider-

<sup>7)</sup> Die täglichen Differenzen lassen sich feststellen, indem man die Wahre Zeit der Sonne von der Mittleren Zeit der Räderuhren abzieht (MZ – WZ).

sprüchlichen Situationen heraus. Selbständiges Umsetzen von Wissen in Tätigkeit und Kreativitätstechniken sollten zur Problemlösungskompetenz führen, der Fähigkeit, Probleme schnell erkennen, definieren, brauchbare Lösungen aufspüren, Lösungsalternativen entwickeln und Entscheidungen erfolgreich treffen zu können. Erfolgsnachweise und Kommunikation kurbeln die Motivation an.

Wer Neues wagt, muss und darf auch Fehler machen! Eine veränderte Einstellung ließ diese als wertvolle Hinweise auf noch „Fehlendes“ gelten. Denn ein Lernen aus Fehlern ist effizienter als jede andere Lernform. Mitunter brachte ein „produktiver Irrtum“ entscheidende Anregungen für den weiteren Lernvorgang oder die richtige Lösung. Bei individuellen Problemen befähigte Hilfe zur Selbsthilfe. Dem persönlichen Gespräch kam dabei besondere Bedeutung zu.

Die Konzeptentwicklung schloss das Finden von Lern- und Lösungswegen durch Aneignung systematischer Vorgangsweisen (Methoden und Werkzeuge, Checklisten für die Selbstorganisation benötigter Materialien oder Unterlagen), Wahrnehmung aus verschiedenen Perspektiven und Herstellen neuer Querverbindungen ein – Fähigkeiten, die im Idealfall zum selbständigen Erwerb neuer Kenntnisse und Fertigkeiten führen. Besonders bewährte sich die Dokumentation individueller Aufgabenbewältigung durch Skizzen von Einfällen für geeignete Hilfsmittel, Messergebnisse, Berechnungen, Konstruktionen oder Fotografien.

Das Prinzip der Offenheit für persönliche Schwerpunktsetzungen und innere Differenzierung entspricht einer adäquaten Förderung aller SchülerInnen, indem sie persönlichen Neigungen nachgehen und individuelle Ziele verwirklichen dürfen. Die breit gefächerten Interessen und Fähigkeiten der Lerngruppe unterstützte weiters die Gliederung der Arbeitsaufträge in ein Pflichtprogramm und Anregungen für Alternativ- und Ergänzungsaufträge, deren Schwierigkeitsgrad ohne Grenze nach oben offen blieb. Indem die SchülerInnen zwischen „müssen“, „können“, „dürfen“ und „wollen“ differenzierten, variierten die konkreten Lerninhalte im selbst zu wählenden Umfang, Anspruch und Bearbeitungsmodus. Werden leistungsdifferenzierte Angebote angenommen, profitieren (Hoch-)Begabte davon mehr als andere. Zwischengeschaltete Selbstevaluationen über persönliche Ressourcen (z. B. ein Schwächen-Stärken-Profil) verbesserten die Lernerfolge und Selbsteinschätzung aller SchülerInnen, besonders jene der Unsicheren.

Für die vertiefende Bearbeitung selbst gewählter Themen organisierte ich eine Freiarbeitsphase, die den SchülerInnen Gelegenheit bot, technische Wissens- und Lernfelder nach individueller Interessenslage mit anderen Bereichen zu verbinden, z. B. Entschlüsselung von Chronogrammen auf Sonnenuhren, Berechnungen der Sonnenzeit des Mondes, Stundenteilung des Tages, Zeitrechnung verschiedener Kalender, Sonnenkulte, Farbherstellung in der Antike, Nachtsichtgeräte, Neonwerbung u.v.a. Die eigenverantwortliche Organisation sprach Begabte und Hochbegabte an und eröffnete ihnen neue Perspektiven für künftige Studien.

## Aufbau und Inhalt der Arbeitsaufträge

Das Planen, Konstruieren und Bauen von Sonnenuhren erfordert fachspezifische Kenntnisse der „Astronomie des Alltags“. Zumal OberstufenschülerInnen, aber auch Erwachsene, oft sehr wenig über den scheinbaren Tages- und Jahreslauf der Sonne wissen, führten meine Interessen zur Forschungsfrage, durch welche Methoden sich Grundlagen der Gnomonik an 13- bis 14- jährige SchülerInnen herantragen lassen.

Als Arbeits- und Lernmittel bieten Sonnenuhren eine Fülle von Möglichkeiten für die Selbsttätigkeit der SchülerInnen, bei der sie durch Beobachten, Messen, Tüfteln und Probieren spielend lernen und eine Reihe von Schlüsselqualifikationen für das Schulleben, ein Studium oder den Beruf, aber auch für das künftige Privatleben erwerben und trainieren können. Langzeitarbeit mit Sonnenuhren fördert Ausdauer, Geduld und Exaktheit – Qualitäten, die auch anderen Fächern zu gute kommen – und vermag damit einen bedeutenden Beitrag zur Persönlichkeitsbildung und Lebensbewältigung zu leisten.

Das Technikprojekt sah individuelle Erfahrungen beim Erproben von Kreativitätstechniken und selbständiger Planung von der Idee bis zur realen Umsetzung ästhetisch-funktionaler Produkte vor. Das Grundkonzept berücksichtigte fachliche und persönliche Anforderungen, bei deren Durchführung im Wesentlichen folgende Schritte zu bewältigen waren:

- Versuche mit Licht und Schatten
- Zifferblattkonstruktion und Planung verschiedener Sonnenuhrtypen
- Finden von Lösungswegen und Methoden für Problemstellungen mit steigendem Schwierigkeitsgrad
- Reflexion von „Irrwegen“ und erfolgreichen Problemlösungen
- Bearbeitung verschiedener (teilweise frei zu wählender) Materialien unter fachgerechtem Einsatz von Werkzeugen und Maschinen
- Funktionstests der entwickelten Sonnenuhrmodelle

Schrittweise aufbauende Herausforderungen und eine Gliederung des Projektablaufs in drei Phasen erwiesen sich sinnvoll: Die Erkundungsphase konzentrierte sich auf verschiedene Methoden der „Aufzeichnung“ beobachteter Alltagsphänomene. In der zweiten Phase der Grundlagenvermittlung wurden erste Problemlösungsversuche unternommen, Wissen in Tätigkeit umgesetzt und bei der Anfertigung einfacher Modelle vertieft. Die dritte Phase war komplexen Aufgaben mit stark individueller Note, unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad und der Selbstverwirklichung der SchülerInnen gewidmet.

Die einzelnen Problemstellungen hatten Aufforderungscharakter, dienten der Informationsverarbeitung, führten zur kritischen Bewertung der eigenen Produkte und reichten über positive Verstärkung bis zu Transfermöglichkeiten.

## Erkundungsphase

Bei der Alltagswahrnehmung ansetzend regte ich zu Beobachtungen und Messungen von Schatten an, die den Einfluss von Licht auf unsere Körper- und Raumwahrnehmung belegen. Die erste Aufmerksamkeit galt dem Erkunden des Sonnenstands und dessen Auswirkungen auf Schattenlänge und Schattenform. Soweit es die Wetterlage im Herbst noch zuließ, wurden diese Aktivitäten im nahe gelegenen Park durchgeführt. Einige setzten das gegenseitige Vermessen des eigenen Körperschattens in den Pausen sonniger Schultage fort und hielten die Daten mit Angabe der Tageszeiten in einer Tabelle fest. Andere beobachteten die Besonnungszeit bestimmter Fenster (in der Schule oder daheim) oder zeichneten Objektschatten im Tagesverlauf auf. Je nach selbst gewählter Aufgabe erprobten die SchülerInnen hierbei einfache Techniken der Problemlösung.



Abb. 2: Schachfigur Objektschatten im Tagesverlauf (fotografische Aufzeichnung)

Um nähere Zusammenhänge über astronomischer Alltagsphänomene klären und allenfalls Wissenslücken schließen zu können, erhob ich relevante Vorkenntnisse (Tagbogen, Sommer- und Wintersonnenwende, Tag- und Nachtgleiche, Sonnendeklination etc.) und übte den richtigen Gebrauch geografischer und astronomischer Fachtermini. Einzelne Interessierte recherchierten eigenständig weitere relevante Fakten und entdeckten bereits in dieser Projektphase persönliche Potentiale, die sie zu selbständigen Leistungen mit sukzessiv steigendem Niveau ansprachen und zur Vertiefung persönlicher Interessen befähigten.

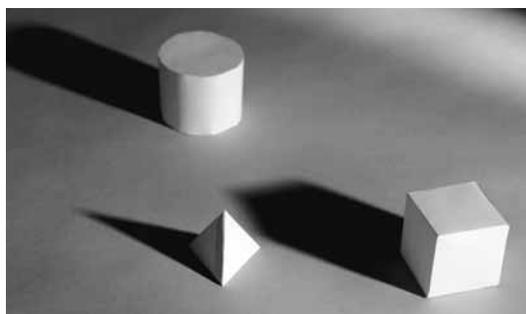


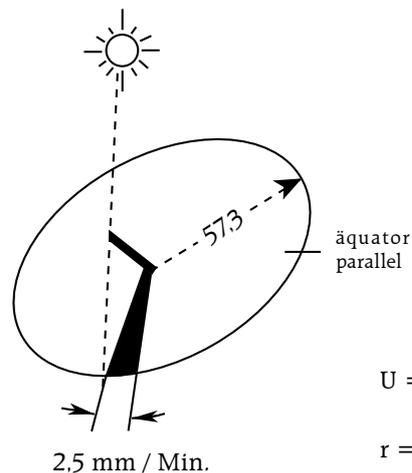
Abb. 3: Fotografische Licht- und Schattenstudie: Versuchsanordnung verschiedener Körper

Veränderungen des Tagbogens der Sonne im Jahresverlauf waren unmittelbar während der Unterrichtszeit am späten Nachmittag wahrzunehmen. Einflüsse von Körper, Raum und Licht auf den Schattenverlauf demonstrierte ich anhand von Stäben als Schattenwerfer auf flache, verschieden gerichtete und gekrümmte Flächen. Zur weiteren Veranschaulichung von Tages- und Jahreszeiten dienten eine Styropor-

kugel (Sonne), der Globus und ein Scheinwerfer zur Simulation im verdunkelten Werkssaal. Auf diese Weise konnten die SchülerInnen mitverfolgen, dass der Terminator (Licht-Schatten-Grenze) über die Oberfläche einer Kugel wandert wie auf unserem Planeten. Erforderliche Inputs wurden mit reichhaltigem Bildmaterial belegt und die Unterrichtserträge mit Skizzen in der Projektmappe festgehalten: Der Schattenwerfer einer Sonnenuhr – meist ein Polstab oder Polfaden - muss parallel zur Erdachse, der Verbindungslinie der beiden Pole, ausgerichtet sein. Die Zeigerachse ist unter dem Winkel  $\phi$  der Erdachse geneigt und liegt bei Stabzeigern in der Mitte des Querschnittes, bei massiven Zeigern unmittelbar auf der Schatten erzeugenden Kante. Das Gnomon dringt im Zeigerfußpunkt F in die Zifferblattfläche ein, wo die Stundenlinien strahlenförmig zusammenlaufen.

## Grundlagen der Gnomonik und Umsetzung

Die erworbenen Kenntnisse waren beim Bau einfacher Sonnenuhrmodelle anzuwenden. Für das instruktive Modell einer Kugel Sonnenuhr standen Styroporkugeln, Holzstäbe, Sperrholzplatten und Holzreste als Ausgangsmaterialien zur Verfügung.



$$U = 2 r \pi \quad r = \frac{U}{2 \pi}$$

$$r = \frac{360 \text{ cm}}{2 \pi} = 57,3 \text{ cm}$$

Abb. 4: Wanderweg des Schattens: Der Schatten wandert bei einer äquatorialen Sonnenuhr pro Stunde um  $15^\circ$ . Auf einem Kreis von 360 cm Umfang wandert er mit 2,5 mm/Minute

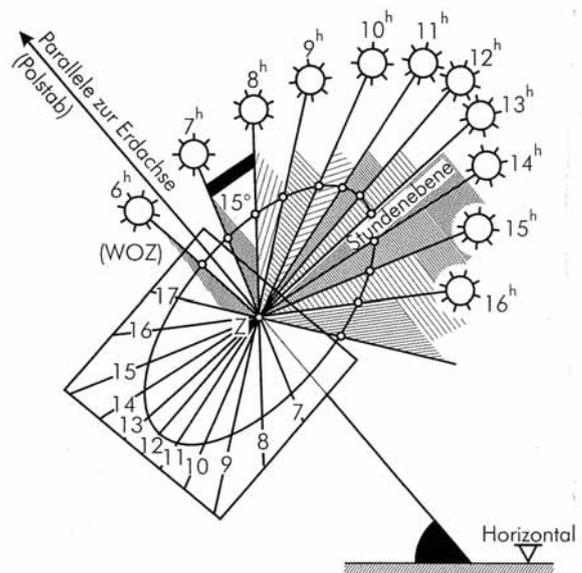


Abb. 5: Stundenebenen

## Bau einer Kugel- oder Globussonnenuhr

(Problemstellungen und Lösungen)

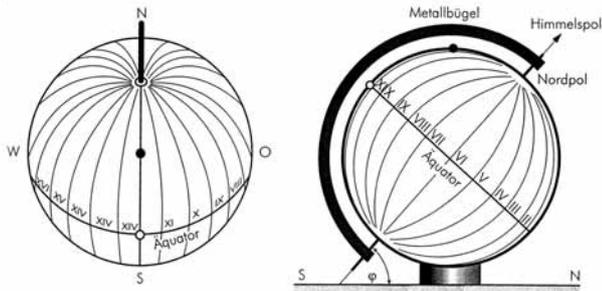


Abb. 6: Kugel- und Globussonnenuhr

- 1. Durchbohre** die Kugel exakt von Pol zu Pol und erfinde eine Vorrichtung, um die Polachse im Neigungswinkel der Erdachse auf einer Grundplatte zu montieren – eine Schrägbohrung im Montagebrett ist zu vermeiden! Fertige dazu Werkskizzen und einen genauen Plan im M 1:1 (cm) an. *Interessante Lösungen waren z. B. Auflager (Holzquader) mit gefeilter oder gebohrter Nut für den Holzstab, wobei die Neigung durch Absägen eines Keils im erforderlichen Winkel hergestellt wurde, oder eine gefräste Mulde, in der die Styroporkugel zu liegen kam, mit Bohrung zum stabilen Fixieren der Erdachse.*
- 2. Erfinde** eine Hilfsvorrichtung, um auf dem Äquator im präzisen Abstand von 15-gradigen Stundenwinkeln die vollen Stunden zu markieren und die Meridiane zu kennzeichnen. Der XII-Uhr-Meridian ist hervorzuheben. *Kreisberechnungen aus Mathematik waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht bekannt, weshalb die meisten empirische Methoden durch Abmessen des Äquatorumfangs mit Papierstreifen oder Faden bevorzugten. Einige teilten die Gesamtlänge in 24 gleich große Teile oder halbierten und viertelten den Faden. Manche markierten die ermittelten Abschnitte auf dem Äquator mit farbigen Stecknadeln und spannten schwarze Nähseide zwischen den Köpfen als Stundenmeridiane von Pol zu Pol. Andere drückten die Meridiane mit einem gebogenen Draht ein und zogen die Rillen farblich nach. Ein mathematisch Hochbegabter fertigte eine dreidimensionale Karton-Schablone mit 15°-Winkelabstand zum Anlegen und Zeichnen der Meridiane auf der Kugeloberfläche an.*
- 3. Entwirf** eine passende Form der Montageplatte aus Sperrholz (mit Themen- und Proportionsbezug) und fertige Werkskizzen und Plan im M 1:1 (cm) an. *Die Montageplatten nahmen die Form eines Auges, eines kreisförmigen Ausschnitts der Erdoberfläche, eines Stufentempels in Anlehnung an die Kultur der Maya oder einer Initiale des Namens an.*



Abb. 7: Kugel- oder Globussonnenuhr  
Schülerarbeit

## Funktionstest der Kugel- oder Globussonnenuhr

(Anweisungen und Lösungen)

Erkunde die „Aussagekraft“ deiner Kugel- oder Globussonnenuhr. Notiere deine Beobachtungen in der Projektmappe und fertige nach Möglichkeit eine Fotoserie an, mit der du den Schattenverlauf zu unterschiedlichen Besonnungszeiten dokumentierst.

- 1. Richte** den XII-Uhr-Meridian deiner Kugel- oder Globussonnenuhr an einem Sonnen beschienenen Platz mit dem Kompass in der N-S-Ebene aus. *Ein beim Nordpol herausragender Stab als Schattenwerfer ermöglicht eine stündliche Zeitablesung.*
- 2. Ersinne** Möglichkeiten zur Simulation der Sonneneinstrahlung, falls sich die Sonne nicht zeigen sollte. Ermittle durch systematische Beobachtungen, wie der Terminator über die Kugeloberfläche wandert. *Um 12 Uhr Wahrer Ortszeit (WOZ) verläuft der Schatten entlang der Meridiane, sonst schräg über die Kugel.*
- 3. Beachte**, dass die Stundeneinteilung auf dem Äquatorkreis jedem 15. Längengrad der Erdoberfläche entspricht. Welche aufschlussreichen Einblicke in die Beleuchtungsverhältnisse der Erde kann eine derartige Uhr vermitteln? *Dieser Sonnenuhrtyp zeigt den jeweiligen Sonnenauf- und Sonnenuntergang, den Wahren Mittag sowie einen unscharfen Dämmerungsbereich.*
- 4. Vergleiche** deine Ergebnisse mit jenen deiner MitschülerInnen.

### Freiwilliger Ergänzungsauftrag: Globussonnenuhr

- a) Bringe zur leichteren Zeitmessung an beiden Polen des Globus einen drehbar befestigten Metallbügel an. *Wo der Schatten am kürzesten ist (unter dem Bügel), ist Mittag.*
- b) Bringe auf dem Äquator alle 15° einen kleinen Stift (Dübel) an. *Auch hier ist der kürzeste Schatten für die Zeitablesung maßgeblich.*

### Vergleich von Kugel- und Globussonnenuhr

(Erkenntnisse)

- Dieser Uhrentyp gibt Aufschluss über die Beleuchtungsverhältnisse der Erde und veranschaulicht den täglichen Zeitablauf von Sonnenauf- bis -untergang.
- Die Vormittagsstunden liegen auf der östlichen, die Nachmittagsstunden auf der westlichen Seite. Wo die östliche Schattengrenze verläuft, „geht die Sonne unter“, bei der westlichen „geht sie auf“. Der unscharfe Schatten entspricht der Dämmerungszone auf der Erde, die in unseren Breiten ca. 500 km breit ist.
- Hält man vor die Globussonnenuhr einen kleinen Stab so, dass er über die beiden Pole zeigt, gibt ein gerade ver-

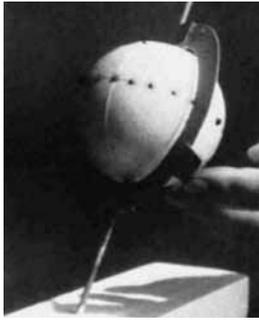


Abb. 8: Kugelsonnenuhr mit beweglichem Zeiger (Stundenmarken am Äquator)

laufender Schatten Auskunft, an welchen Orten der Erde Wahrer Mittag ist. Durch Abzählen der Stundenmarken ist ein Zeitvergleich bestimmter Orte mit dem eigenen Ortsmeridian möglich.

- Nach dem Prinzip der äquatorialen Sonnenuhr muss der Pol zum Himmelspol weisen, die Lage des Erdäquators stimmt dann mit der Ebene des Himmelsäquators<sup>8)</sup> überein. Liegt der eigene Längsmeridian in der Ebene des Meridians (Nord-Süd-Linie), zeigt der Beobachtungsort – ev. mit besonderer Markierung – zum Scheitelpunkt (Zenit). Bei einer Kugelsonnenuhr ohne topografische Angaben muss auf dem Äquator eine Zeiteinteilung angebracht werden. Die 15°-Meridiane auf dem Äquatorkreis entsprechen den Stundenlinien einer äquatorialen Sonnenuhr, wobei geografische Längendifferenzen in Zeitdifferenzen umgewandelt werden. Dieser Sonnenuhrtyp ist nur ein halbes Jahr (im Sommer der nördlichen Hemisphäre) in Funktion.

Zu den Tagundnachtgleichen verläuft der Terminator entlang der Längskreise (meridional), sonst in einer schräg gekrümmten Kurve, welche die Längskreise unter einem mehr oder weniger großen Winkel schneidet. Die größte Schräge wird an den Sonnwendtagen erreicht. Im Laufe des Jahres verschiebt sich die Schattengrenze allmählich über die Pole. Am 21.6. (Nord-sommer) liegt die gesamte Polkappe in der Sonne (Polartag), die südliche Polkappe hingegen im Schatten (Polarnacht), am 21.12. sind die Verhältnisse umgekehrt.

- Zu den Tagundnachtgleichen verläuft der Terminator entlang der Längskreise (meridional), sonst in einer schräg gekrümmten Kurve, welche die Längskreise unter einem mehr oder weniger großen Winkel schneidet. Die größte Schräge wird an den Sonnwendtagen erreicht. Im Laufe des Jahres verschiebt sich die Schattengrenze allmählich über die Pole. Am 21.6. (Nord-sommer) liegt die gesamte Polkappe in der Sonne (Polartag), die südliche Polkappe hingegen im Schatten (Polarnacht), am 21.12. sind die Verhältnisse umgekehrt.

### Das Äquatoriale Zifferblatt

Den Abschluss der Grundlagenvermittlung bildete die Konstruktion des Ausgangszifferblattes für die Messung der Wahren Ortszeit (WOZ). Jedes Zifferblatt ist die Schnittfigur einer ebenen oder gekrümmten Zifferblattfläche mit den im Raum liegenden gedachten Stundenebenen. Man kann sich dieses Zifferblatt als gedachten Schnitt durch den Äquator vorstellen, bei dem die Flächenprojektion eine Auffächerung der Stundenlinien im jeweiligen Winkel von 15° ergibt. Eine volle Umdrehung der Erde um 360° dauert einen Tag von 24 Stunden (1.440 Minuten). Die Ortszeit zweier Orte, die im Gradnetz der Erde einen Abstand von 15 Längengraden aufweisen, differiert daher um 1 Stunde (60 Minuten). Wien liegt auf dem 15. Meridian (geografische Lage: 15° 00' ö. L.) und damit von Greenwich um mehr als eine Stunde verschoben.

Anhand der einzelnen Stundenebenen, die wie die Seiten eines aufgeschlagenen Buches liegen, kann das Prinzip Sonnenuhr gut erfasst werden. Beim äquatorialen Zifferblatt ist die Projektionsrichtung die Richtung der Erdachse an jedem beliebigen Ort der Welt. Der Zeiger liegt erdachs-

<sup>8)</sup> Als Himmelsäquator wird die Schnittlinie der scheinbaren Himmelskugel mit einer senkrecht zur Himmelsachse (Polachse) stehenden Ebene – der Äquatorachse – bezeichnet.

parallel, wenn er in der Nord-Süd-Ebene unter dem Winkel gegen die Horizontale geneigt ist.  $\varphi$  ist die geografische Breite eines Ortes und beträgt für Wien etwa 48°.

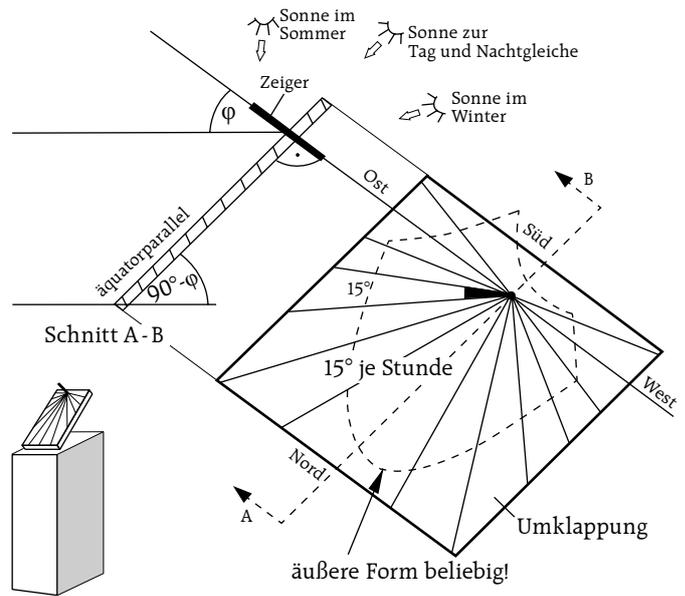


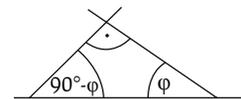
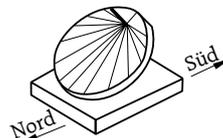
Abb. 9: Äquatorparalleles Zifferblatt: Typische Auffächerung der Stundenlinien

### Äquatorparalleles Zifferblatt

- a) Ausgangszifferblatt für alle anderen Zifferblattkonstruktionen
- b) Sonne beschreibt ihre Bahn zur Tag-Nachtgleiche entlang des Himmelsäquators in 24 Std, also

$$\frac{360^\circ}{24} = 15^\circ \text{ je Stunde}$$

- c) äquatorparalleles Zifferblatt stets nach Norden geneigt
- d) Neigungswinkel gegen die Horizontale stets  $90^\circ - \varphi$ , Zeiger erdachsparallel – rechtwinklig zur Zifferblattebene



- e) zeigt auf Oberseite nur im Sommer- auf Unterseite nur im Winterhalbjahr (zur Tag-Nachtgleiche Streiflicht) die Stunden.

### Bau einer Würfelsonnenuhr

Zur Vorbereitung dieses Sonnenuhrtyps ermittelten die SchülerInnen die geografische Breite bestimmter Standorte in Wien (Schule, Wohnung) und des Bundesgebiets in elektronischen Atlanten. Die Mädchen der Werkgruppe wurden unter [www.googleearth.at](http://www.googleearth.at) und [www.geoland.at](http://www.geoland.at) rasch fündig.

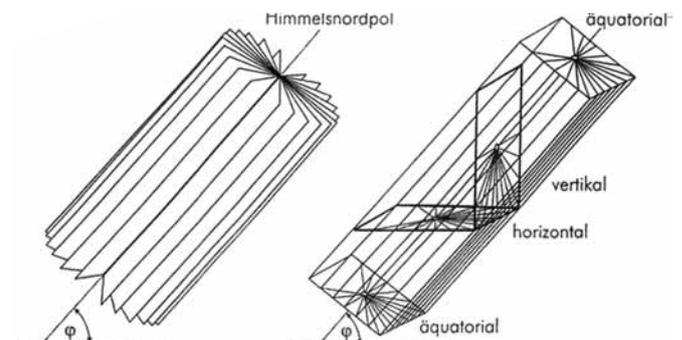


Abb. 10: Konstruktionsschema für verschiedene Zifferblattarten

Das Horizontalzifferblatt und die vertikalen Süd-, Ost-, West- und Nordzifferblätter sind Varianten des Ausgangszifferblattes, die für eine Würfelsonnenuhr (Standort Wien) konstruiert wurden. Dieser Uhrentyp nützt alle Flächen, um ganzjährig die Wahre Ortszeit anzuzeigen. Das Modell demonstriert, dass der Winkel des Gnomons auf allen Würfelflächen unverändert bleibt, sich jedoch Zifferblätter und Anbringung des Schattenwerfers von der Süduhr unterscheiden.

Bei vielen Vertikalsonnenuhren weicht die Zifferblattfläche von der Ost-West-Richtung ab. Die Besonnungsdauer und der damit zusammenhängende Funktionsbereich an abweichenden Wänden liegt zwischen dem beginnenden und endenden Streiflicht. Deshalb beschränkt sich die „Arbeitszeit“ einer Norduhr auf das Sommerhalbjahr und reicht in unseren Breiten von Sonnenaufgang bis kurz nach 7 Uhr und von kurz vor 16 Uhr bis zum Sonnenuntergang. Den astronomischen Verhältnissen zufolge ist die Ostuhr eine Vormittagsuhr, die spiegelbildliche Westuhr eine Nachmittagsuhr. Beleuchtungssimulationen für die Funktionstests ersetzen das im Winter fehlende Sonnenlicht.

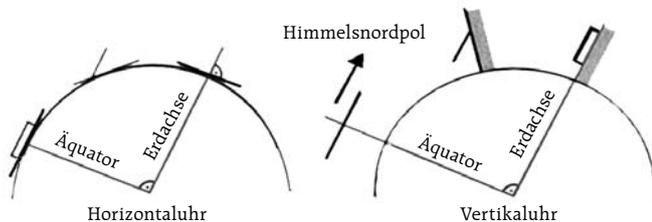


Abb. 11: Horizontal- und Vertikaluhr:  
Die Zeigerwinkel sind erdachsparell

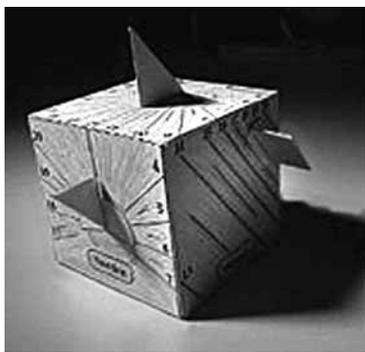


Abb. 12: Würfelsonnenuhr:  
Umsetzen von Wissen in  
Tätigkeiten

## Selbstverwirklichungsphase

### Tischsonnenuhr mit abweichenden Zifferblättern

Die Gestaltung einer Tischsonnenuhr als freie Plastik aus Speckstein stellte bereits höhere Anforderungen an Selbständigkeit und Problemlösung. Für die Nutzung am Wohnstandort (z. B. am Schreibtisch vor dem Fenster) konzipiert sollte sie die Forderung erfüllen, durch minimale Materialentfernung möglichst viel des ursprünglichen Volumens zu erhalten. Das individuelle Design dieses Modells sollte ästhetische Ansprüche erfüllen und durch selbständige Konstruktion abweichender horizontaler oder vertikaler Zifferblätter – auch auf gekrümmten Flächen – die Funktionsfähigkeit gewährleisten. Bei der Formgebung des Steins mussten daher Gebrauchszweck und Gestaltungswille in

Einklang gebracht werden. Jene Details, die sie für ihre persönlichen Vorhaben benötigten, sollten die SchülerInnen durch Experimente, Recherchen etc. selbst herausfinden. Zur Unterstützung legte ich einen Ordner mit weiterführenden Materialien auf, der schematische Darstellungen und Kurzerläuterungen, aber keine übertragbaren Fertiglösungen enthielt.

Nach der geglückten individuellen Zifferblattkonstruktion war Erfindergeist gefragt, um Möglichkeiten einer genauen Übertragung auf den frei geformten Stein zu ersinnen. Einige SchülerInnen entschieden sich für das Einvisieren der Konstruktion, die sie in Plexiglas geritzt oder auf Folie kopiert hatten. Dabei bildet das Licht eines Scheinwerfers die Stundenlinien der vorbereiteten Zifferblätter als verzerrte Schattenprojektion auf den geneigten und gewölbten Flächen des glatt geschliffenen Steins ab.

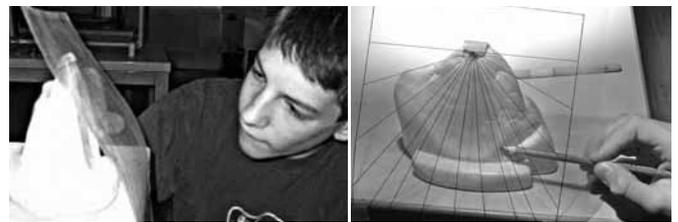


Abb. 13, 14: Einvisieren des Zifferblattes auf die Form des Steins

### „Astronomische Höhenflüge“ eines Hochbegabten

„Diese Methode ist mir zu wenig genau!“ - Ein Schüler, der das Unterrichtsangebot seit Beginn zur Vertiefung seiner naturwissenschaftlichen Neigungen nützte und bereits die Eigenverantwortung für seinen Lernprozess übernommen hatte, wollte sich nicht damit abfinden, dass „die Beleuchtungswinkel der Sonne doch nicht exakt simulierbar sind“. Jener hatte inzwischen sein Interesse an der Astronomie und seine Vorliebe für analemmatische Zifferblätter<sup>9)</sup> entdeckt und sich durch Studium bereit gestellter Literatur sowie selbst organisierter Skripten auf diesen Typ Sonnenuhr spezialisiert. Zunächst noch um Erlaubnis fragend, plante er zusehends die Betätigungsfelder für die Werkstunden selbst und koordinierte sie mit seinen persönlichen Fortschritten, indem er mit mir auch außerhalb des Unterrichts Kontakt hielt. Als hochbegabter Mathematiker eignete er sich die erforderlichen Kenntnisse an, um über umfangreiche Berechnungen zu einer Zifferblattkonstruktion zu gelangen, die mehrere Funktionen erfüllt. Während seine MitschülerInnen empirische Methoden bevorzugten und kreativ improvisierten, erstellte er – größtenteils in den Werkstunden – aufwändige Excel-Tabellen am PC. Daraus „baute“ er in seiner Freizeit ein Computerprogramm, das bei Eingabe der geografischen Daten, des Kalenderdatums und von Normal- oder Sommerzeit im Hintergrund interpolierte Kurven zeichnet. Auf diese Weise schuf er ein Zifferblatt, das nicht nur die Ablesung der Wahren Ortszeit, sondern – die unterschiedlichen Tagbögen der Sonne einbeziehend – auch der exakten Tageszeit nach Datum ermöglicht.

<sup>9)</sup> Bei einer analemmatischen Sonnenuhr (Bodensonnenuhr) muss ein senkrechter, verstellbarer Schattenwerfer nach dem Datum eingestellt werden. Als Zeitmarken dienen Stundenpunkte (keine Linien), die auf einer Ellipse liegen.

## Zifferblatt (Analematisch)

Punktuelle Zeitablesung – Das Ende des Schattens zeigt Zeit und Datum an.  
Datum: Horizontale Linien, Uhrzeit: Analemmata (Achterschleifen)

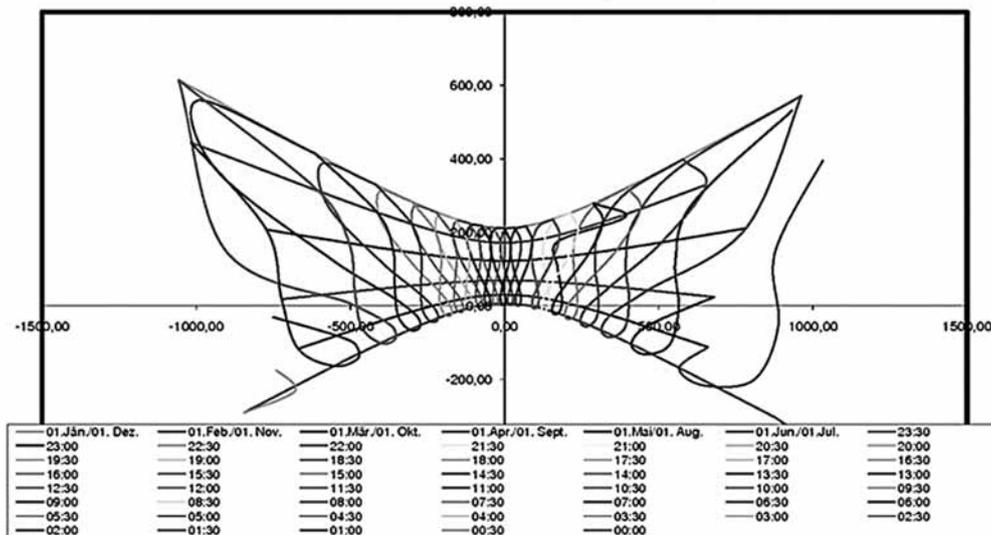


Abb. 15: Schülerarbeit  
Die Zifferblatt-Konstruktion basiert auf eigenständigen Berechnungen für ein innovatives Computerprogramm, das auch gnomonischen Laien ermöglicht zu Zifferblättern für jeden beliebigen Standort der Erde zu gelangen.  
[www.wiedhergymnasium.at/umbradocet/](http://www.wiedhergymnasium.at/umbradocet/)

Mit dem Computerausdruck des selbst generierten Programms in der Hand erörterte er mit mir Möglichkeiten der genauen Übertragung seiner Konstruktion auf den Stein und perforierte die Konstruktionslinien mit einer Radierfeder.

Nicht nur für die „Naturwissenschaftler“, sondern auch für ästhetisch Anspruchsvolle entwickelte sich dieser Gestaltungsauftrag zum „Highlight“. Ein Mädchen hob die auf dem Stein gravierten Stundenlinien mit (wasserfester und lichtechter!) roter Tusche und Feder optisch hervor und nahm letzte Korrekturen an der Steinoberfläche durch Nassschleifen vor. Ein weiterer Schüler verwendete einen Goldlackstift, der mit der Färbung des Steins harmoniert, ein anderer benutzte Kupferdrähte, deren Farbe die Marmorierung des Steins betonte usw.

Um das Loch für den Schattenwerfer (Holzstab, Metallrohr etc.) im richtigen Neigungswinkel in den Stein zu bohren und die senkrechte Bohrrichtung der Standbohrmaschine zu umgehen, hatte ein weiterer Schüler nach längeren Beratungen in den Gruppen eine geniale Idee: Er löste die Befestigungsschrauben der waagrechten Auflagefläche für Werkstücke, kippte und fixierte sie in Schräglage. Den Neigungswinkel hatte er aus Winkel  $\phi$  und dem rechten Winkel des Bohrers durch die Winkelsumme von Dreiecken unter Beachtung des aus statischen Gründen um  $180^\circ$  gewendeten

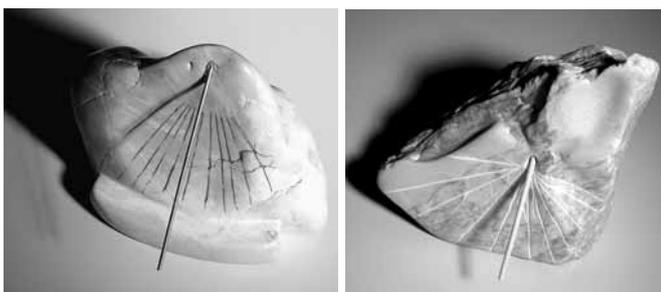
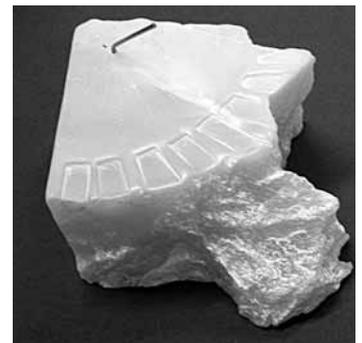


Abb. 17: Beispiele von Tischsonnenuhren im Einsatz

Steins ermittelt. Eine Barriere am unteren Ende der schiefen Ebene verhinderte ein eventuelles Abrutschen des Steins.

Ablauf und Ergebnisse dieser Projektphase zeigten deutlich, dass die „Kreativen“ mit technischer Begabung die Herausforderung, eigenständige Lösungen suchen, probieren und individuelle Wege beschreiten zu dürfen, begeistert annehmen.



Anzeichen für eine bewusste Wahrnehmung astronomischer Gegebenheiten im Alltag der SchülerInnen zeigten Äußerungen zu aktuellen Anlässen, wie der während der Osterferien erlebten Tag- und Nachtgleiche und Bemerkungen wie: „Die Sonne wird schon um 6 Uhr morgens sichtbar“. Solche Gelegenheiten nützte ich für Zusatzinformationen, wie z. B. über die ethymologische und kulturhistorische Bedeutung tradierter Feste: Ostern ist ein Sonnenfest, bei dem der Frühlingsbeginn mit der am Ostpunkt „aufgehenden“ Sonne gefeiert wird. Entsprechend geht das Weihnachtsfest auf die Wintersonnenwende zurück, die von den Römern am 25. 12. gefeiert wurde.

Bei der eine Woche später vorgenommenen Umstellung der Uhren auf die Sommerzeit wurde Zeit als relative Dimension bewusster als zuvor erlebt.

### Tragbare Sonnenuhren

Bei der Abschlussarbeit waren Konzept, Material, Bearbeitungstechniken und Schwierigkeitsgrad frei zu wählen. Hauptziel war die Verinnerlichung und Festigung der im Projektjahr erworbenen Kenntnisse. In den Bau einer tragbaren Sonnenuhr sollten der individuelle Wissenszuwachs

einfließen und gewonnene bzw. vermehrte Fähigkeiten und Fertigkeiten angewendet werden. Alle erforderlichen Maßnahmen, die den Einsatz der Uhren an mindestens zwei Standorten gewährleisten, waren zu treffen und der Einbau von Mini-Kompassen zum leichteren Gebrauch der Uhren in das Gesamtkonzept mit einzubeziehen. Dabei würde sich herausstellen, was einzelne SchülerInnen tatsächlich gelernt hatten, inwieweit sie ihr Wissen eigenverantwortlich umsetzen können und bei wem welche Zuwächse in welchem Maß verfügbar seien.

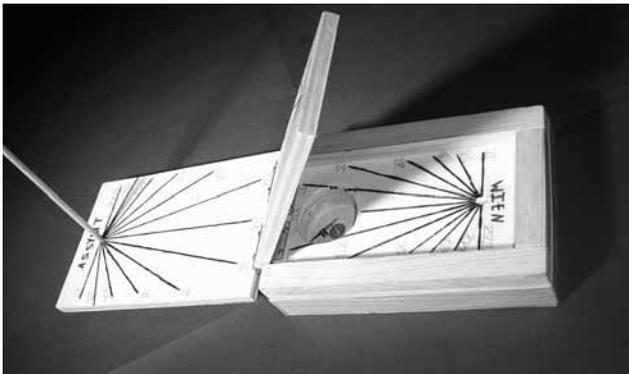


Abb. 17: Klappbares Uhrenmodell mit 4 Horizontal- und Vertikalzifferblättern (Brandmalerei)

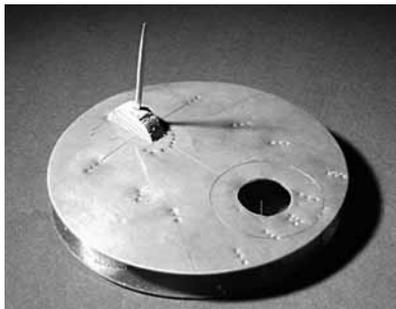


Abb. 18: Taschensonnenuhr aus gestanzten Kupferronden mit schwenkbarem Zeiger

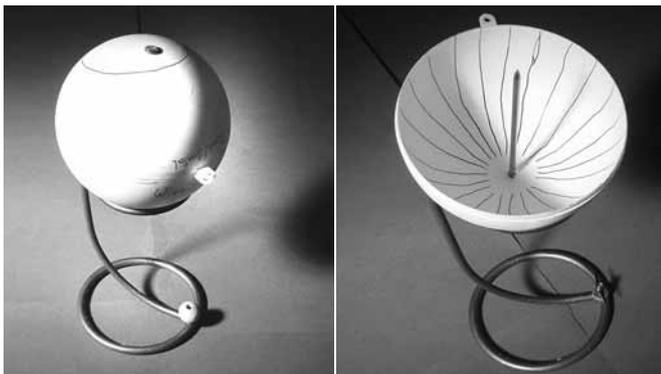


Abb. 19, 20: Skaphe (Hohlflächensonnenuhr, Plexiglas): Beim Transport wird die Kompassnadel in der verschlossenen Kugel verstaut, bei der Zeitmessung anstelle der abnehmbaren Holzkugel am Fuß angebracht.

Um den ideellen Wert für die „Erfinderin“ bzw. den „Erfinder“ des Designs zu erhöhen, war ein weiteres Hauptaugenmerk auf die Gestaltung nach eigenen ästhetischen Ansprüchen zu richten. Die handlichen Sonnenuhren aus Holz, Metall oder Plexiglas sind je nach Wunsch für Wien und Städte innerhalb oder außerhalb Europas konzipiert und wurden

mit mehreren, variabel einsetzbaren oder drehbar gelagerten Zeigern ausgestattet. Je nach Typus, Größe und Material wurden die Zifferblätter in unterschiedlichen Techniken hergestellt: Brandmalerei, Aluminiumgravur, Zinkätzung, Stanzen von Kupferronden usw. Die Ergebnisse boten den willkommenen Anlass, produkt- und benutzerorientierte Designanalysen vornehmen zu lassen.

## Dokumentation und Präsentation

Zu den herausragenden Leistungen zählen auch die Gestaltung einer Projekt-Homepage und einer Broschüre. Der hohe Aufwand zur Verbreitung der Unterrichtsentwicklung und der Ergebnisse, auf welche die SchülerInnen zu Recht stolz sind, verweist auf einen erfolgreichen Projektabschluss. Die Dokumentation belegt quasi als „Projekt im Projekt“ Aktivitäten, die größtenteils außerhalb des Unterrichts gesetzt wurden, und in dem der Erwerb wesentlicher Fähigkeiten – selbständige Organisation, Planung und Umsetzung – durch das „Medienteam“ nochmals unter Beweis gestellt wurden. Ein weiteres Team bestritt die öffentliche Schlusspräsentation im Festsaal und eine Ausstellung mit Spezialführungen für andere Schulklassen, Eltern, das Lehrerkollegium etc. am vorletzten Schultag.

## Reflexion und Ausblick

Die Technische Werkerziehung eignet sich wie kein anderes Fach als sinnvolle Ergänzung zum Verständnis naturwissenschaftlicher Inhalte. Hier wie dort unterstützt eine klare Unterscheidung zwischen Alltags-, Fach- und Wissenschaftssprache die konkrete Begriffsbildung. Im Technikunterricht ist Gelegenheit gegeben, erworbenes Wissen exemplarisch zu vertiefen, ihm unter fachkundigem Einsatz unterschiedlicher Technologien sichtbare Gestalt zu verleihen und damit Möglichkeiten wie Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozesse ans Tageslicht zu befördern. Zu den im Fächerkanon einzigartigen Vorzügen der Fachinhalte zählt, bei der Behandlung schwer fassbarer Fakten menschliche Dispositionen in überschaubare Dimensionen umzuwandeln und dadurch mit allen Sinnen begreifbar zu machen.

Der Neuigkeitsgrad des Themas löste hohe Sachmotivation aus, die das Finden neuer Phänomene durch abwechslungsreiche Verfahren zum Entdecken von Unerwartetem und Unbekanntem über ein ganzes Schuljahr attraktiv erscheinen ließ. Der konstruktive Umgang mit Natur, Technik und Ästhetik in Praxis und Theorie weckte ebenso das Interesse für geografische, physikalische und astronomische Zusammenhänge wie für kulturhistorische Hintergründe.

Ursächliche Zusammenhänge der geografischen Lage bestimmter Orte der Erde mit der Sonnenzeit im Jahresverlauf und dem Klima wurden als bestimmender Faktor von Lebensbedingungen verschiedener Regionen erkannt. Die Technik bietet dem Menschen wertvolle Hilfe, wirksame Lebens- und Überlebensstrategien zu entwickeln. Somit befähigt technisches Verständnis zur leichteren Bewältigung

vorgefundener oder sich verändernder Gegebenheiten. Wer seine persönlichen Potentiale kennt, kann nutzbringende Methoden auch im Alltag einsetzen. Dazu bedarf es geistiger Anstrengungsbereitschaft und Kondition, in die ebenso Zeit investiert und Übungen absolviert werden müssen wie für den Aufbau körperlicher Fitness. Diese Forderung trifft v. a. für den Bereich technischer Aufgabenstellungen und das Lösen erkannter Probleme zu. Besonders hatten sich die teilweise freie Wahl von Technologien und Fertigungstechniken und differenzierte Lernangebote bewährt. Die Verknüpfung technischer Bereiche mit persönlichen Interessen boten vielfältige Möglichkeiten zur individuellen Entfaltung und Weiterbildung und führte bei einigen SchülerInnen zu einer Vertiefung im Bereich der Mathematik, Physik und / oder der Astronomie, die bis zur Bewältigung selbst gewählter Forschungsziele reichte. Der Anspruch, Erkenntnissen und erworbenem Wissen ästhetische Gestalt zu verleihen, forderte vice versa künstlerisch und technisch Begabte zur Suche nach Formen heraus, die eine klare Sprache sprechen. Die drei Mädchen der Lerngruppe standen den Buben in keiner Weise nach und waren voll integriert. Sie arbeiteten selbständig und zielstrebig, ließen jedoch bei der Bearbeitung unterschiedlicher Materialien ein besonderes Maß an Sensibilität und Kreativität bemerken.



Abb. 22, 23: Erkundung Schatten werfender Objekte: Fotografie

Das in der Technischen Werkerziehung und Bildnerischen Erziehung einer 4. Klasse vorgesehene Training räumlichen Vorstellungsvermögens mit eigenständigen Versuchen planimetrischer, illusionistischer und realer Körper- und Raumdarstellungen konnte im Fokus der konkreten Unterrichtsentwicklung intensiver durchgeführt und damit Licht und Schatten als wesentliche Voraussetzung für die dreidimensionale Wahrnehmung ins Bewusstsein der SchülerInnen geholt werden. Das Fördern und Trainieren der Sinne für die Wahrnehmung von Alltagsphänomenen ist wesentlicher Bestandteil einer umfassenden und ganzheitlichen Persönlichkeitsbildung und stiftet Identität. Die Mehrheit der SchülerInnen signalisierte unisono Zufriedenheit mit ihren Lernfortschritten. Drei von ihnen überschritten mit ihren Denk- und Handlungsmodellen die geplanten Unterrichtsziele erheblich und erbrachten Leistungen, die meine Erwartungen weit übertrafen. Gerade, weil keine Aufgabenstellung so fest umrissen war, dass sie hätte beengen können, erweiterte ein Großteil der ProjektteilnehmerInnen nach Bedarf den individuellen Erfahrungsschatz und schwangen sich einzelne zu individuellen Höchstleistungen auf. Einer von ihnen avancierte innerhalb weniger

Wochen zum Gnomonik – Freak und entwickelte sich zum „Experten“, der sich seither in Privatprojekten „astronomischen Höhenflügen“ wie Berechnungen der Sonnenzeit des Mondes oder der Ermittlung von Planetenbahnen widmet. Damit überschritt er erheblich das ohnedies weite Feld der Gnomonik.

Der Vergleich mit den Leitlinien für mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung, nach welchen der Erwerb der Fähigkeit, den persönlichen Lernprozess eigenständig planen und Ziel orientiert umsetzen zu können bis zum Ende der Schulzeit, d. h. bis zur Matura, anzustreben ist, zeigt, welche reifen Leistungen bereits 14-Jährige zustande bringen können!

#### **Facit:**

*SchülerInnen sind zu Grenzüberschreitungen nicht nur motivierbar und fähig, sondern auch bereit, einen enormen Einsatz zur Selbstverwirklichung zu leisten, wenn sie die erforderlichen Spielräume – im wörtlichen und übertragenen Sinn – erhalten und für sich zu nützen lernen.*

*Das Bewusstmachen der Bedeutung von Licht und Zeit für den Lebensrhythmus des Menschen und seine individuelle Lebensgestaltung bleibt ein stets aktuelles Thema, das auch zur Rückbesinnung auf ein Leben im Einklang mit der Natur führen kann. Die Forschung nach weiteren innovativen Formen der Lehr- und Lernorganisation der Technischen Werkerziehung sollte zum selbstverständlichen Fixpunkt eines lebendig gestalteten Unterrichts gehören – auch im Sinne einer altägyptischen Weisheit, die bis heute nichts an Aktualität eingebüßt hat:*

*„Jede Stunde ist ein Baustein für die Zukunft.“*

## **Literatur**

- Altrichter, H. & Posch, P. (1998). *Lehrer erforschen ihren Unterricht*. Eine Einführung in die Methoden der Aktionsforschung. Dritte erw. Aufl. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Köhler Alexander (2006). *Grundlagen und Bau einer Analematischen Sonnenuhr*
- Meeus Jean (1998). *Algorithms* (2<sup>nd</sup> Edition). Willmann – Bell Inc.
- Zenkert Arnold (2005). *Faszination Sonnenuhr*. Verlag Harri Deutsch.

#### Internetadressen:

- [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de) / Dr. Otto Buchegger, 2007 Tübingen (14. 9. 2007)
- <http://www.giesen.dinet.de> (5. 11. 2007)
- <http://www.stargazing.net/kepler/sun> (7. 11. 2007)
- [www.geoland.at](http://www.geoland.at) (23.1.2008)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Sonne> (24. 11. 2007)
- [http://de.wikipedia.org/wiki/Tropisches\\_Jahr](http://de.wikipedia.org/wiki/Tropisches_Jahr) (24. 11. 2007)

# eMEHL – Entwickeln mobiler Experimente für das Hand-held-Labor



Petra Haller

## Ausgangssituation

Hand-held-Projekte eröffnen besonders Kindern und Jugendlichen aus sozial benachteiligten Familien Chancen, an der Medienwelt zu partizipieren und vom mediengestützten Lernen deutlich zu profitieren.<sup>1)</sup>

Seit Frühjahr 2006 leite ich das vom österreichischen Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur und EDUCATION HIGHWAY geförderte Projekt *PDA macht SCHULE*<sup>2)</sup> – ein Hand-held-Projekt für die Sekundarstufe 1 an der Kooperativen Mittelschule mit Schwerpunkt Informatik in Wien. In diesem Rahmen ist es dem Team von beteiligten Kolleginnen ein Anliegen, die vielfältigen Möglichkeiten des Handhelds als persönliches Lernwerkzeug auszuloten. So entstanden Lernszenarien für fächerverbindende Science- Beobachtungen und Hands-On Experimente, die als Unterrichts- und Schulentwicklungsprojekt vom IMST-Fonds gefördert und im Laufe des Schuljahrs 2006/07 durchgeführt und dokumentiert wurden. Dieses spannende Lernprojekt mit dem mobilen, drahtlosen Hand-held-Labor – kurz eMEHL – wird im Folgenden vorgestellt.

## Kurzinformation

Themen	Wenn nur der Lärm nicht wär – Lärmmessung im Schulhaus Was ist kälter? Styropor, Holz oder Eisen Licht und Schatten im Wald
Fächer	Informationstechnische Grundbildung und Physik
Zielgruppe	6. Schulstufe der Sekundarstufe I Kooperativ lernende Schüler- und Schülerinnen-Teams
Zeitaufwand	Ca. 30 Unterrichtseinheiten
Technische Voraussetzungen	1 PC/Notebook im Klassenraum mit Windows und Office XP, Active Sync, Pocket Controller Pro und Video-Beamer 1 HP iPAQ hx2790 mit WM 5.0, Bluetooth und WLAN,

Petra Haller, MSc, unterrichtet an der Kooperativen Mittelschule mit Schwerpunkt Informatik, 1160 Wien, Wiesberggasse 7.  
eMail: petra.haller@schule.at.

<sup>1)</sup> Döring/Kleeberg, 2006 | Whyley, 2006 | Stead, 2006 | Häuptle/Reinmann, 2006

<sup>2)</sup> Haller, 2005 | ebd., 2006

Technische Voraussetzungen	Sprachnotiz mit Mikrofon und Kopfhöreranschluss, CF und SD In/Out Slots, Sensing Science Software, Excel Mobile, Data on the Run 4.08 pro Schüler/in. 5 Sets Flash Logger mit je 5 Smart Q Sensoren für Lautstärke, Temperatur und Lichtstärke von Corex PC Labor mit Internet Zugang, 5 Digitalkameras
Sonstige Voraussetzungen	Vertrautheit mit dem Betriebssystem Windows Mobile 5.0, geläufige Kenntnisse von PC, Office Programmen und dem World Wide Web

## Didaktisches Konzept

Eine technische Ausstattung und deren Verwendbarkeit bringt an sich noch keine Weiterentwicklung des Lernverhaltens, vielmehr müssen adäquate didaktische Ziele erarbeitet werden. Unsere Ziele sind die Entwicklung von Fachwissen und Methoden- sowie Medienkompetenz mittels sinnvoll gestalteter mobiler Lernsequenzen, die in Verbindung zum Alltag der Schüler/innen stehen. Das Leitmotiv für die gewählten Szenarien lautete daher Staunen statt Stücken. Die Lernprozesse wurden in Form eines Lerntagebuchs und als Audio-Dateien dokumentiert.

## Drei Schwerpunktthemen wurden für das Projektjahr konzipiert:

1. „Wenn nur der Lärm nicht wär“ (Anm.: in der Schule)
  - Schallquelle, Schwingungsbilder, Arten von Schall
  - Lautstärke verschiedener Schallquellen messen
  - Maßeinheit Dezibel (dB) kennen lernen
  - Messwerte erkennen und Vergleichswerten zuordnen können
2. Was ist kälter? Styropor, Holz oder Eisen
  - Hypothese erstellen und begründen
  - Messen und wiederholen der Maßeinheit Celsius (°C)
  - Interpretieren des Messergebnisses
3. Licht und Schatten im Wald
  - Maßeinheit Lux kennen lernen (lx)
  - Beleuchtungsstärken in Abhängigkeit vom Standort messen
  - Verbale Beschreibung der Messorte und -werte

## Die mediendidaktisch relevanten Ziele waren:

- Informationen gezielt im Internet einholen
- Benutzen des Hand-helds und seiner eingesetzten Programme
- Sprachnotiz für die Audioaufnahme
- Data on the Run als Datenbankprogramm für eine Umfrage
- Sensing Science Laboratory Software für die Messwertaufzeichnung
- Excel Mobile und Excel XP für Messdatenauswertung
- Erstellen von Inhalten für die Audioaufnahmen mittels Storyboard
- Durchführen einer Schülerbefragung mittels Datenbank-Formular
- Auswerten der Schülerbefragung mittels Datenbank-Abfragen
- Dateimanagement (Dateinamen, Ordner, Dateiaustausch mittels Bluetooth)
- Sammeln der Dateien in einem Projektordner
- Kennen lernen unterschiedlicher Ländereinstellungen (Dezimaltrennzeichen und Zifferngruppierung im englischen, bzw. deutschen Betriebssystem)
- Messungen durchführen
- Auswerten und interpretieren der gewonnenen Daten
- Präsentieren der Ergebnisse auf Schautafeln und Mitmach Übungen am Hand-held-Labor

## Unterrichtsorganisation

Die Schüler/innen wurden in kooperative Langzeitteams in stabiler leistungsmäßig heterogener Zusammensetzung mit je 4-5 Lernenden eingeteilt. Jede Gruppe erhielt einen selbst gewählten Gruppennamen, der einerseits Identität stiften und andererseits uns beim Dateimanagement sowie bei der Identifizierung und Zuordnung von Sprachnotizen helfen sollte.

Aufgrund des hohen Anteils von Schülern/innen mit Migrationshintergrund verfestigen sich leicht traditionelle Rollenbilder. Daher wollten wir das Selbstvertrauen der Mädchen besonders stärken und ihre anerzogene Abwehr gegen sogenannte schwierige, technische Fächer abbauen. Damit sich die Mädchen ungestört entfalten konnten, bildeten wir bewusst reine Mädchenteams, die die gleichen Aufgaben wie die Buben ausführten.

Die Schüler/innen in den Teams hatten verschiedene Aufgaben und Rollen zu erfüllen. Abwechselnd betätigten sie sich als Interviewer/in, Reporter/in, Tonaufzeichner/in, Datenerfasser/in, Fotograf/in. So hatte jede/r im Team einen wichtigen Beitrag geleistet und mindestens einmal jede Rolle inne.

Gesprächsprotokolle – auch Sprach- oder Audionotizen – mit dem Handheld aufgezeichnet, sollten die Schüler/innen motivieren, zielorientiert zu kommunizieren und ihr Handeln und Tun verbal zu beschreiben. Beabsichtigt war, die Schwierigkeiten des schriftlichen Ausdrucks durch die Möglichkeit

der mündlichen Wiedergabe zu überwinden.

Alle Messdaten wurden mit dem Hand-held-Labor, der Sensing Science Software und den Sensoren erfasst. Die Schüler/innen lernten, das HL zu bedienen, Voreinstellungen vorzunehmen, Messungen durchzuführen, abzuspeichern und wieder aufzurufen sowie Daten auszulesen.

Als Lernbegleiter diente den Schülern/innen ein Lerntagebuch, das die notwendigen Instruktionen und Lernschritte enthielt, um mit dem neuen Medium umgehen zu können. Selbsttätig fertigten sie mit den im Team gemachten Fotos eine Fotostory an und legten diese ihrem Lerntagebuch bei. Ebenso verfahren sie mit den Messdaten, die einen beschreibenden Text erhielten.

**Projektunterricht** ist ein wesentliches Merkmal der Kooperativen Mittelschule und wird daher bei der Planung und Organisation seitens der Schulleitung unterstützt. So konnten wir drei aufeinander folgende Projektstage einrichten, die insbesondere für das umfangreichere Thema *Wenn nur der Lärm nicht wär* genutzt wurden. Für die Themen *Was ist kälter? Styropor, Holz oder Eisen*, bzw. *Licht und Schatten im Wald* zogen wir aufeinander folgende Unterrichtseinheiten an verschiedenen Wochentagen zusammen.

## Projektverlauf – Wenn nur der Lärm nicht wär

### Internet Recherche

Was Lärm ist, wie dieser empfunden und definiert wird, wurde zunächst im Internet unter [www.laermorama.ch](http://www.laermorama.ch) recherchiert.

### Umfrage vorbereiten

Die Frage ob, wo, wann und wen Lärm in der Schule betrifft und stört, wurde in einer offenen Diskussion erörtert und einige Orte und Zeiten im Unterrichtsalltag eingegrenzt, so dass aus diesen Daten von mir ein Datenbankformular für das auf den Hand-helds installierte Datenbankprogramm Data on the Run entwickelt wurde. (Abb. 1)

ID	1
Betroffen	<input checked="" type="checkbox"/>
S	m
L	
Klasse	2b
Wann1	Unterrichtsstunde
Wo1	Klasse
Wo2	Gang

TBL\_BEFragung, 1 of 71

Tabellen | Liste | Formular | Abfragen

Neu | < | > | << | >> | <<< | >>> | <img alt="refresh icon"/> | <img alt="print icon"/> | <img alt="close icon"/>

Abb. 1: Eintragen der Befragung

Die Schüler/innen konnten mittels dieses Formulars ihre Umfrageergebnisse direkt auf dem Hand-held eintragen. Danach führte ich die einzelnen Daten in einer neuen Datenbank zusammen, aus der dann einzelne Ergebnisse abgefragt wurden. Ziel war, die Schüler/innen mit der Benutzung einer Datenbank vertraut zu machen, nicht diese selbst anzulegen. Dieser Abschnitt wurde mittels Beamer vermittelt.

## Umfrage durchführen

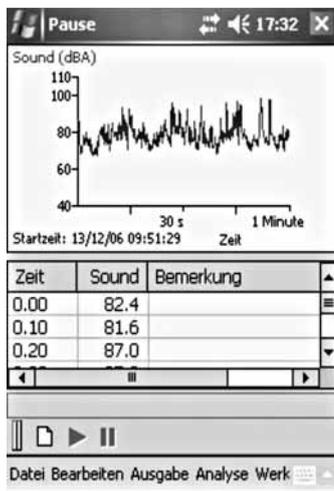
Am 1. Projekttag führte jede Gruppe mindestens 12-15 Befragungen durch und zeichnete einige Interviews auf. Ausgewertet werden konnten letztlich 71 vollständig ausgefüllte Formulare, die für die Abschlusspräsentation auf Plakaten dargestellt wurden.

## Schall aus physikalischer Sicht

Der 2. Projekttag wurde für das Thema *Schall aus physikalischer Sicht* genutzt. Es wurden die Begriffe Schallquelle, -leiter und -empfänger definiert. Mit Stimmgabel und Wasserschale wurden Schwingungen mittels Overhead-Projektor an die Wand projiziert. Unterschiedliche Schallquellen wurden den Schallarten zugeordnet und mittels Hand-held-Labor gemessen sowie ihre Schwingungsbilder ins Lerntagebuch gezeichnet. Einzelne Schallmessungen wurden im Klassenverband durchgeführt und auch gleich getestet, ob die Geräte funktionieren, bzw. welche Fehlerquellen wie behoben werden können. Als Schallquellen dienten uns normales Sprechen, Schreien, Luftballon zerplatzen, Radio in voller Lautstärke und Handyläuten.

## Lärmmessung im Schulhaus

Die Auswertung der Schüler/innen-Lehrer/innen-Befragung bestimmte die Messzeiten und -orte am 3. Projekttag. Die Gruppen waren im Schulhaus relativ selbstständig unterwegs, konnten aber bei Bedarf auf eine Lehrkraft zurückgreifen. Wir waren zu viert assistierend anwesend, wobei eine Kollegin weder technisch noch inhaltlich weiter helfen konnte. Aber alleine ihre liebevolle Fürsorge und Begleitung gab der Gruppe das nötige Selbstvertrauen, um in eine fremde Klasse zu gehen und während des Unterrichts eine Schallmessung durchzuführen.



Gemessen wurde jeweils während einer 1-minütigen Zeitspanne in ausgewählten Unterrichtsstunden, im Turnsaal, in den 10 und 11 Uhr Pausen am Gang. (Abb. 2)

Gleichzeitig fotografierten Schüler/innen ihre Tätigkeiten für die Fotostory.

Abb. 2: Lautstärkemessung in der Pause

## Auswertung des Datenmaterials

Die Auswertung der Messdaten erfolgte, nachdem eine Lösung für das unterschiedliche Interface unserer Flash Logger (englisch) und Sensing Science Laboratory Software (deutsch) gefunden worden war. In den Ländereinstellungen mussten das Dezimaltrennzeichen und die Zifferngruppierung manuell geändert werden, damit die kopierten Daten aus SSL in Excel Mobile korrekt angezeigt werden konnten. So bescherte uns dieses Problem eine neue Erkenntnis und

den Schülern/innen neues Wissen aus der internationalen Mathematik.

Mittels Vergleichstabellen konnten die erhobenen Messwerte einem passenden Bezugssystem zugeordnet werden. Alle SchülerInnen tauschten ihre Dateien mittels Bluetooth aus, bzw. sammelten diese in den Projekt-Ordern. Sie führten ihr Lerntagebuch, erstellten die Fotostory und fügten Ausdrucke der Excel Diagramme, bzw. SSL Screens ihrer Lärm-Messungen samt Textkommentar bei. Abschließend wurde in einem moderierten Gespräch dieser Projektabschnitt gruppenweise wiederholt und als Nachbesprechung aufgezeichnet.

## Projektverlauf – Was ist kälter? Styropor, Holz oder Eisen

### Wärmeempfinden

Die Schüler/innen erhielten pro Gruppe je 1 gleich großes Stück Styropor, Holz und Eisen und sollten selbst beurteilen, welcher Stoff sich kälter/wärmer anfühlt und eine Reihung vornehmen.

### Messung

Das Hand-held-Labor wurde zunächst zusammen gebaut, die Sensing Science Laboratory Software gestartet, der Schnappschussmodus erklärt und konfiguriert und die richtige Handhabung des Sensors geübt.

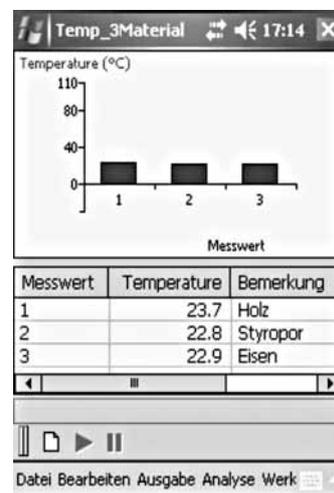


Abb. 3: Temperaturmessung

Mit dem Hand-held-Labor und dem Temperatursensor wurden die drei Stoffe im Schnappschussmodus gemessen und grafisch dargestellt (Abb. 3), so dass für die Schüler/innen die fast gleich hohen Temperatursäulen gut erkennbar waren. Um die einzelnen Werte zu ordnen zu können, wurde der Stoffname in die Spalte Bemerkung eingetragen.

## Interpretation des überraschenden Ergebnisses

Anknüpfend an die Wärmelehre in der Physik konnte über die Teilchenbewegung sowie gute und schlechte Wärmeleiter eine Erklärung für dieses Phänomen erarbeitet werden.

## Eintrag ins Lerntagebuch

## Projektverlauf – Licht und Schatten im Wald

Eine Exkursion in den nahen Wienerwald bot die Möglichkeit, uns mit dem Hand-held-Labor im Freien zu betätigen.

### Abprache der Messorte

Großstadtkinder und im besonderen Migrant/innen wurden zuerst mit der Örtlichkeit und den Bezeichnungen vertraut gemacht, z.B. was ist eine Lichtung, welche Formen von Schatten gibt es.

### Messung

Welcher Modus ist geeignet für eine Datenerfassung von Lichtstärkewerten – Zeitspanne oder Schnappschuss? Wie kann der jeweilige Messort dokumentiert werden? Hier konnten die Schüler/innen an die ersten beiden Projekte anknüpfen.

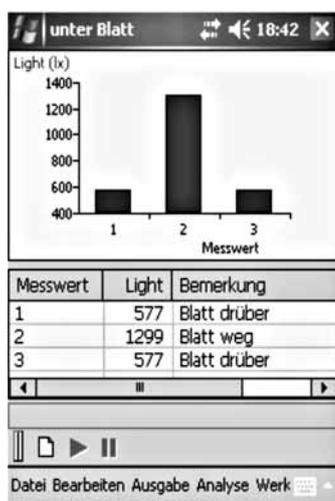


Abb. 4: Lichtstärkemessung

Je eine/r Schüler/in fotografierte die Szenarien für die abschließende Präsentation.

### Präsentation

Am 12. 06. 07 präsentierten wir dieses Projekt im Rahmen des alljährlichen Aktionstages an unserer Schule. Das Jahresprojekt war auf Schautafeln zu sehen. Wir stellten an vier Stationen das Hand-held-Labor und unsere Arbeit vor. Ein Quiz regte die Schüler/innen der Schule zum genaueren Hinschauen an.

An Station 1 wurde das Experiment mit dem Wärmeempfinden unterschiedlicher Stoffe wiederholt. Station 2 demonstrierte eine Lichtmessung am Arbeitsplatz. Station 3 ließ die Lautstärke messen. Station 4 zeigte mittels Notebook die gesamte Foto-Dokumentation von eMEHL in der Community PDA macht SCHULE bei Schule.at.

Eine Dokumentation von eMEHL mit exemplarischen Beispielen von Ton- und Fotodokumenten findet sich auf dem Österreichischen Schulportal [www.schule.at](http://www.schule.at) in der Community PDA macht SCHULE im Projekt eMEHL, mit den Audio-/Video Dateien, den S-Materialien und in der Slideshow.

## Evaluation

Während des Projektjahres führte ich ein digitales Forschungstagebuch, um mir selbst über Aufwand und Ereignisse, wie unvorhergesehene Stundenausfälle, Rechenschaft zu geben. Als widrig erwiesen sich vor allem technische Probleme mit den Akkus der iPAQs, die bei einigen Geräten grundlos leer liefen. Trotzdem konnte die hohe Anfangsmotivation für das Projekt eMEHL erhalten und gesteigert werden.

Mittels Fragebögen ließ ich die Schüler/innen ihre eigenen Lernfortschritte bezüglich des Hand-held-Labors und die Physik betreffende Lernschritte einschätzen. Nach 6 Wochen führte ich eine Leistungsfeststellung zu ausgewählten Fragen aus der Selbsteinschätzung durch. Der Datenvergleich beim Hand-held-Labor ergab eine annähernde Übereinstimmung von Selbsteinschätzung und Leistung, wohingegen in der Physik die Werte bei der Hälfte der Schüler/innen weit auseinander lagen. Sie schätzten ihre Lernfortschritte in der Physik höher ein, als sie diese belegen konnten.

### Auszeichnung

Mit großer Freude nahmen wir den IMST-Award 2007 in der Kategorie Klassen-Projekte entgegen.

### Literatur und Quellen

- Döring, Nicola/Kleeberg, Nicole: Mobiles Lernen in der Schule. In: *Unterrichtswissenschaft, Zeitschrift für Lernforschung*, Weinheim, 34. Jg, 2006, H. 1, S. 70-92
- Haller, Petra: PDA macht SCHULE. M-Learning in der Sekundarstufe. *Master Thesis Donau-Universität Krems*, 2005
- Haller, Petra: PDA macht SCHULE – m-Learning@wiesberggasse. In: *Erziehung und Unterricht, Österreichische Pädagogische Zeitschrift*, 156. Jg, Heft 7-8, Wien 2006
- Haller, Petra: PDA macht SCHULE. *Community im Österreichischen Schulportal*
- Häuptle, Eva/Reinmann, Gabi: Notebooks in der Hauptschule. Eine Einzelfallstudie zur Wirkung des Notebook-Einsatzes auf Unterricht, *Lernen und Schule. Universität Augsburg*, 2006
- Kaufmann, Erwin/Zöchling, Adolf: *Physik verstehen 2 plus 3. Grundwissen*. öbvht Verlag, Wien 2006
- Johnson, David/Johnson, Roger / Holubec, Edythe: *Kooperatives Lernen – Kooperative Schule. Tipps – Praxishilfen – Konzepte*. Mühlheim an der Ruhr, 2005
- Mittelstädt, Holger: *Evaluation von Unterricht und Schule. Strategien und Praxistipps*. Verlag an der Ruhr, Mühlheim an der Ruhr 2006
- Stead, Geoff: Mobile technologies: transforming the future of learning. In: *Emerging Technologies for Learning, BECTA ICT Research*, 2006
- Whyley, David: The Wolverhampton Experience – Learning-2Go Project, Vortrag auf der Handheld Learning Conference, London 2006
- 65 dB [A] Lärmschutz, *Broschüre des Ministeriums für Umwelt und Verkehr und der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg*, Stuttgart/Karlsruhe 20

# Das Lawinensuchgerät und der Begriff des Feldes



Gerold Haider

## Einleitung

Ausgangspunkt war die Gründung eines regionalen naturwissenschaftlichen Netzwerkes in Vorarlberg. Als Auftakt stand die Arbeit von 7 Mitgliedern, die sich Gedanken über den naturwissenschaftlichen Unterricht in Vorarlberg gemacht haben. Wir versuchten ein naturwissenschaftliches Konzept näher zu beleuchten und in den verschiedenen Fächern umzusetzen. In 7 IMST3-Projekten wurde im Schuljahr 2005/06 die Idee verfolgt, fundamentale naturwissenschaftliche Ideen über Bilder den Jugendlichen näher zu bringen. Jedes Fach wählte ein fundamentales Thema und versuchte im Schuljahr 2005/06 ein Bild zu erstellen, das man von der 1. bis zur 13. Schulstufe verwenden kann. Der Anspruch war von vorne herein sehr hoch gestellt. Es dauerte ein ganzes Jahr, bis in jedem Fach ein Bild zum Thema erstellt wurde. Folgende Themen wurden ausgewählt:

- Biologie → Evolution
- Geografie → Gletscher
- Chemie → Reaktion
- Physik → Feld
- Mathematik → Finanzmathematik
- Informatik → Codes

Für die Physik war mir diese Absichtserklärung am Ende dieses Projekts zu wenig. Daher schloss ich im Jahr 2006/07 ein weiteres IMST3-Projekt an, in dem ich versucht habe, die Absichtserklärung auch in die Tat umzusetzen. Meine Erfolge und Misserfolge möchte ich hier schildern.

## Das Feld im Unterricht der Volks- und Hauptschule

Das Thema des Feldes ist in einer Oberstufe sicher sehr schön und auch anspruchsvoll umsetzbar. Darüber haben sich schon viele Kolleginnen und Kollegen den Kopf zerbrochen. Daher habe ich diese Schulstufen hier ausgespart.

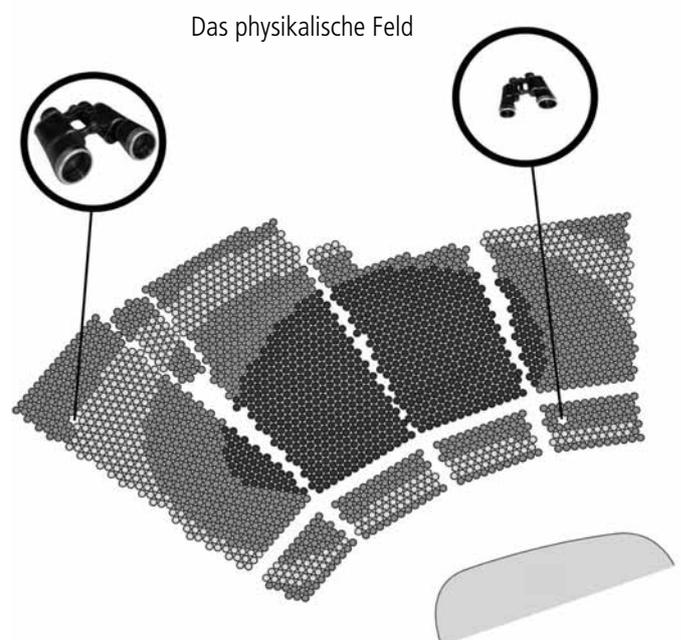
Mir scheint es besonders reizvoll, dieses Thema in Hauptschulen, aber vor allem in Volksschulen umzusetzen. Gerade Volksschulen werden meist sehr stiefmütterlich behandelt. Der Sachunterricht besteht oft nur aus Heimatkunde, eventuell noch aus Biologie. Das Wissen im Fach Physik bleibt meist dort, wo es vor dem Besuch der Volksschule bereits war.

OStR Prof. Mag. Gerold Haider unterrichtet Physik am BORG Lauterach und an der Pädagogischen Hochschule Vorarlberg.  
eMail: gerold.haider@ph-vorarlberg.ac.at

Daher habe ich versucht, das Thema in zwei Volksschulklassen und in zwei Hauptschulklassen umzusetzen. Ein wesentlicher Aspekt meiner Umsetzung sollte aber auch der Praxisbezug sein. Dies erscheint mir in jeder Altersstufe besonders wichtig.

Der Feldbegriff als einer der zentralen Begriffe der Physik soll anhand eines nicht aus der Physik stammenden Bildes erkannt werden.

Die einzelnen unterschiedlichen Felder (Kraftfeld, Temperaturfeld, Druckfeld, elektrisches Feld, magnetisches Feld,...) sollen eine Zusammenfassung erfahren. Dadurch wird das gemeinschaftliche der unterschiedlichen Felder hervorgehoben und der Begriff nicht mehrmals unabhängig gelernt und im Gehirn verankert. Um dies zu gewährleisten wird in jeder Schulstufe auf das gleiche Grundbild (Theatersitzplan) zurückgegriffen. Dieses Grundbild ist bewusst aus der Alltagserfahrung und nicht aus der Physik gewählt.



Das Bild von den Preiskategorien der Bregenzer Festspielbühne (vereinfacht dargestellt) gibt eine gute Vorstellung über die Grundprinzipien des Feldbegriffs. Hier wird ebenfalls jedem Raumpunkt (hier Sitzplatz) eine ganz bestimmte Eigenschaft (hier der Preis) zugeordnet. Dieses grundlegende Prinzip findet man in allen physikalischen Feldern wieder.

Durch das ständige Wiederholen des Grundgedanken (des Bildes) kann der Begriff „Feld“ besser gefestigt werden. Dadurch könnte auf längere Sicht auch ein Abbau der Nahtstellen erreicht werden, da für die Jugendlichen sichtbar wird, dass Gelerntes aus einer niederen Schulstufe in einer höheren Schulstufe nur wiederholt und erweitert wird. Heute besteht oft noch der Eindruck, dass in jeder Schulstufe, vor allem in den 3 großen Schulblöcken (1.–4. Schulstufe; 5.–8. Schulstufe und 9.–13. Schulstufe) völlig verschiedene Inhalte präsentiert werden.

Natürlich wird auch auf jeder Schulstufe der Transfer zu verschiedenen physikalisch relevanten Feldern hergestellt. Dieser Transfer ist in den verschiedenen Schulstufen unterschiedlich.

Zusätzlich soll in dieser Unterrichtseinheit immer auch die Wichtigkeit des Begriffes im täglichen Leben eine Rolle spielen. Deshalb habe ich ein Beispiel aus der Erfahrungswelt der Jugendlichen genommen, das Feld eines Lawinenverschütteten-Suchgerätes (LVS). Viele Jugendliche im gebirgigen Teil Österreichs kennen LVS oder benutzen sie auch selbst beim Snowboarden oder auf Touren im ungesicherten Gelände.

In meinem Projekt habe ich sowohl in der 3. und 4. Klasse Volksschule, als auch in der 2. und 4. Klasse einer Hauptschule eine Unterrichtseinheit zu diesem Thema durchgeführt. In einer begleitend durchgeführten Evaluation erhielt ich ein erstaunlich positives Echo sowohl von Lehrer-, als auch von Schülerseite.

## Lawinenverschütteten-Suchgeräte (LVS)

Eine große Anzahl von LVS ist im Handel erhältlich. Das Erfreuliche an den Geräten ist, dass sie mit einer einzigen Frequenz senden. Es ist daher möglich, dass man mit jedem Gerät jedes andere LVS orten und finden kann. Alle LVS, welche der Norm ETS 300718 entsprechen und damit auf der Frequenz von 457 kHz arbeiten, sind kompatibel. Jedes LVS dient sowohl als Sender als auch als Empfänger, wenn Verschüttete gesucht werden müssen.

Ein LVS sendet ein elektromagnetisches Feld auf der Frequenz von 457 kHz aus. Dieses Feld kann von einem 2. LVS geortet werden.

Man unterscheidet drei Kategorien von Suchgeräten:

- Die einfachsten Suchgeräte haben nur eine Antenne. Sie arbeiten analog und können nur die Stärke des Feldes angeben.
- Geräte mit 2 Antennen können bei der Suche sowohl die Stärke als auch die Richtung (entlang einer Feldlinie) zum Verschütteten angeben.

- Bei Geräten mit 3 Antennen sollte das gleichzeitige Anzeigen von mehreren Verschütteten möglich sein. Außerdem versuchen Entwickler dieser Geräte so weit auszubauen, dass auf einem Display direkt die Fundstellen der Verschütteten eingezeichnet sind.

Für unsere Versuche verwenden wir ein digitales Lawinensuchgerät der Firma Ortovox. Es ist das digitale Gerät Ortovox X1. Natürlich funktioniert der Versuch auch mit jedem anderen digitalen LVS. Sollte man in der Schule keine LVS haben, so lassen sich diese Geräte beim Alpenverein, bei Lawinensuchstaffeln oder ähnlichen Vereinigungen ausleihen. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass dies immer wieder zu Problemen führt. Daher möchte ich in Vorarlberg ein Leihsystem aufbauen, wo sich Lehrerinnen und Lehrer die Geräte (incl. Unterlagen zur Unterrichtseinheit) ausleihen können.

Um das Feldlinienbild zu verstehen, ist es interessant zu wissen, wie die Sende- und Empfangsantennen angeordnet sind. Vor allem die Sendeantenne ist wichtig, da sie das elektromagnetische Feld erzeugt, nach dem wir suchen bzw. von dem wir das Feldlinienbild aufnehmen.

## Sender

Bei diesem Gerät wird das Feld von einer Antenne, die parallel zur Hauptachse des Gerätes eingebaut ist, erzeugt. Dadurch entsteht das weiter oben dargestellte 3-dimensionale elektromagnetische Feld. Die feststellbare Reichweite des Feldes beträgt ca. 70 m.

## Empfänger

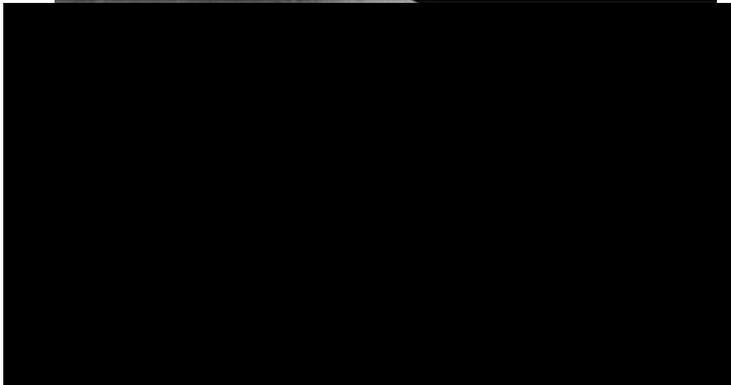
Zur Suche mit Hilfe einer Angabe der Feldlinienstärke und der Richtung benötigt das Gerät jedoch 2 Antennen, die nicht zueinander parallel orientiert sein dürfen. In diesem Gerät sind die beiden Antennen zueinander senkrecht angeordnet.

Eine Suche mit einem digitalen LVS findet immer entlang der Feldlinien statt.

Dies bedeutet, dass die Richtungspfeile die Richtung der Feldlinie anzeigen und nicht direkt die Richtung zum Verschütteten! Dadurch läßt sich das Gerät auch als physikalisches Versuchsgerät sehr gut einsetzen, da wir mit Hilfe der Richtungspfeile die Richtung der Feldlinien darstellen können.

## Suche mit Hilfe der Feldlinien

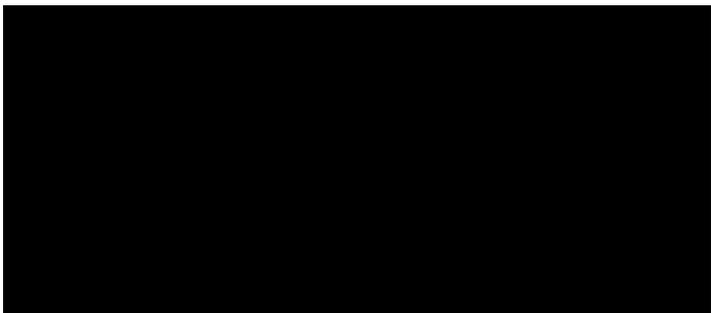
Wenn wir mit einem LVS das Feld des zu suchenden LVS ausmessen, zeigen die Richtungspfeile in Richtung der Feldlinien. Dies ist im Bild dargestellt. Der Suchende nähert sich dem Verschütteten immer auf den gekrümmten Kurven der magnetischen Feldlinien!



Diese Tatsache können wir bei unserem Versuch ausnützen und mit Hilfe der Richtungspfeile direkt ein Feldlinienbild aufnehmen. Am besten lässt sich der Versuch im Freien durchführen. Ist dies nicht möglich, so sucht man sich einen möglichst großen Raum. Mir gelang der Versuch mit einer Schülergruppe auch in einer ganz normalen Klasse sehr gut!

Da die LVS durch andere elektromagnetische Sender gestört werden können, ist es wichtig, dass vor dem Versuch sämtliche Handys und andere elektronische „Störgeräte“ abgeschaltet werden. In Räumen tritt auch noch das Problem der Reflexionen der Wellen an Wänden auf. Daher sollte man den Versuch unbedingt vorher testen, um den besten Ort für die Lage des Sendegerätes ausfindig zu machen.

Für den Versuch benötigt man mindestens 2 LVS, ein Gerät muss ein digitales Gerät mit Richtungsanzeige sein. Das Sendegerät kann auch ein einfaches analoges Gerät sein, denn jedes Gerät erzeugt das gleiche Feld. Schülerinnen und Schüler sollen jetzt in einiger Entfernung beginnend, ein Bild des elektromagnetischen Feldes aufnehmen. Dazu halten sie das Gerät waagrecht und drehen das Gerät (langsam) so lange, bis der grüne Pfeil geradeaus zeigt. Dies ist die Richtung der Feldlinie. Der Standort wird durch einen großen Papierpfeil festgehalten. Der Schüler bewegt sich mit dem Gerät ca. 1 – 2 m in Pfeilrichtung geradeaus. Wenn der Pfeil eine neue Richtung anzeigt, bleibt der Schüler stehen und dreht das Gerät wiederum langsam so lange, bis der Pfeil geradeaus zeigt (größte Feldstärke). Die neue Position mit Pfeilrichtung wird wieder durch einen Papierpfeil markiert.



Hat man mehrere Geräte, so können einige Schülergruppen gleichzeitig im Raum solche Papierpfeile (nach der Anzeige der Geräte) auslegen. Auf diese Art und Weise erhält man in kürzester Zeit ein sehr schönes Bild der Feldlinien. Alle Schülerinnen und Schüler können am Ende des Versuches die Feldlinien auf ein Blatt Papier übertragen.

## Variation

Eine Abänderung des Versuches könnte sein, dass man Schülerinnen und Schüler, die mit dem Messen von Feldlinien auf diese Weise bereits vertraut gemacht wurden, dazu veranlasst, ein Feld auszumessen, von dem man den Lageort des Senders nicht kennt. Dazu versteckt man den eingeschalteten Sender vor Beginn der Stunde an einer bestimmten Stelle. Die Schülergruppe muss dann den Sender nicht nur finden, sie muss auch das Feldlinienbild genau aufnehmen.

In Volksschulklassen hat sich bewährt, dass man einfach versteckte Sender suchen lässt. Die Aufnahme eines Feldlinienbildes ist in dieser Altersstufe nicht wirklich sinnvoll. Trotzdem ist der Lerneffekt auch in Volksschulklassen bereits sehr groß, da erkannt wird, dass Felder auch an Orten vorhanden sind, wo man sie nicht direkt sehen kann. Eine Verbindung zu den Feldern von Mobiltelefonen ist dann schnell hergestellt.

## Schlusswort

Insgesamt hat sich (auch in der anschließend durchgeführten Evaluation) gezeigt, dass vor allem praktische Anwendungen aus dem täglichen Leben besonders gut bei Schülerinnen und Schülern ankommen. Jeweils der praktische Teil (Lawinensuche) wurde in den Klassen besonders positiv hervorgehoben. Das allgemeine Bild (Zuordnung Preis zum Sitzplatz) gefiel den Schülerinnen und Schülern recht gut. Ob es als Symbol durch alle Jahrgänge einsetzbar wäre, könnte nur eine langjährige Studie erbringen.

Was sich hingegen ergeben hat, ist der große Vorteil des Experimentalunterrichts in Verbindung mit Praxisnähe. Das Experiment alleine ist es noch nicht, es muss unbedingt die Praxisnähe dazukommen. In vielen Physikdidaktiken wird hauptsächlich Wert auf das Experiment gelegt. Dies ist sicher eine große Verbesserung zum reinen Theorieunterricht. Es ist aber zu wenig für einen wirklich mitreißenden Unterricht. Dazu ist unbedingt noch die Praxisnähe erforderlich. Und sollte diese Unterrichtseinheit dadurch, dass Jugendliche besser mit LVS umgehen können, auch nur ein Menschenleben retten, dann hat diese Idee weit über den Physikunterricht hinaus Erfolg gezeigt.

Die Unterlagen zu dieser Unterrichtseinheit sind beim Arbeitskreis Schule Energie der illwerke vkw erhältlich. (<http://ase.vkw.at>; eMail: [ase@vkw.at](mailto:ase@vkw.at))  
Alle Fotos wurden mir von der Firma ORTOVOX (Germany) für meine Unterrichtszwecke zur Verfügung gestellt.

# 10 Jahre AYPT

## Knifflige physikalische Probleme – Motor für stets aufs Neue fesselnde Faszination

Brigitte Pagana-Hammer

Im April 2008 feierte das „Österreichische Turnier junger Physiker“ (AYPT) sein zehnjähriges Bestehen in festlichem Rahmen, aber mangels finanzieller Möglichkeiten ohne Highlights. 1998 nahm Österreich erstmals am internationalen Turnier junger Physiker, dem IYPT (International Young Physicists' Tournament), in Donaueschingen teil. 1999 wurde in Wien erstmals ein nationaler Bewerb ausgetragen. Jubiläen sind gewöhnlich ein Anlass zurückzublicken und die Rezepte des Erfolges einer Organisation gebührend hervorzuheben.

Sicher kann man auf die vielen Erfolg versprechenden Ideen und die durchdachten Strukturen verweisen, die das Überleben dieses einzigartigen Wettbewerbs in Österreich von Beginn an ermöglichten und ihm zu immer größerer Verbreitung und Beliebtheit bei den in- und ausländischen Teilnehmern verhelfen. Die strenge Orientierung am Regelwerk des IYPT, die Internationalität, damit verbunden die Austragung in englischer Sprache sowie übernationales Benchmarking und nicht zu letzt die Organisation einer schul- und länderübergreifender Zusammenarbeit sind nur einige Faktoren für den Erfolg. Das alles kann jedoch nicht über die enormen Schwierigkeiten hinwegtäuschen, denen die Organisation ständig gegenübersteht. Weder der Verein, der diesen Wettbewerb betreut, noch der Event selbst erfreuen sich regelmäßiger Subventionen von öffentlicher Hand oder gesicherter Eingänge von Seiten privater Sponsoren. Zudem engen die hohen Ansprüche, welche die Vorbereitung der Teams an die Schülerinnen und Schüler genauso wie an ihre Betreuer stellt, den Kreis der Interessenten ein. Angesichts dieser ständigen Schwierigkeiten, stellt sich die Frage: Zehn Jahre – wie ist das möglich?

Eines der Erfolgsgeheimnisse sind zweifelsohne gerade die anspruchsvollen, offenen Aufgabenstellungen und deren für das Turnier notwendige streng wissenschaftliche Bearbeitung. Zwar werden der enorme Arbeitsaufwand, den die 17 Aufgaben mit sich bringen, und das eindeutig über die schulischen Anforderungen hinausgehende physikalische Wissen, das zur Bearbeitung der Probleme notwendig ist, im In- und Ausland immer wieder kritisiert. Es ist auch nicht zu leugnen: das Turnier junger Physiker ist Begabungs- und Interessensförderung auf höchstem Niveau. Erstaunlich ist

Brigitte Pagana-Hammer ist Lehrerin für Physik und Mathematik an einer Wiener AHS. Sie ist Vizepräsidentin des Vereins „AYPT Forschungsforum junger Physiker“ und setzt sich seit seinem Entstehen im Jahr 1999 für die Durchführung und Verbreitung des Young Physicists' Tournament in Österreich ein. Seit 2000 gehört sie dem IOC des IYPT an und ist seit 2006 Mitglied des Executive Committee des internationalen Wettbewerbs.

dabei jedoch, dass Schülerinnen und Schüler häufig erst durch die Teilnahme ihre Begabung für Physik entdecken. Sie nehmen aus den unterschiedlichsten Motiven am Wettbewerb teil: Einmal selbständig experimentieren zu dürfen, die Zugehörigkeit zu einer Gruppe, zu der oft Freunde und Mitschülerinnen und Mitschüler gehören, deren Mitglieder aber auch aus anderen Schulen kommen, und die sich, wie in Wien, an der Universität trifft, sowie die Aussicht, als Vertreter Österreichs am internationalen Bewerb an attraktiven Austragungsorten teilnehmen zu können, werden als Motive genannt. Haben Schülerinnen und Schüler einmal am Turnier teilgenommen, so kommt es nur selten vor, dass sie ohne gewichtige Gründe im folgenden Jahr nicht mehr dabei sind. Und selbst jene, die die Schule bereits verlassen haben, stehen dem AYPT noch lange als Mitarbeiter und Betreuer zur Verfügung. Neben einem tieferen Verständnis für naturwissenschaftliche Probleme nehmen alle Teilnehmer Erfahrungen mit, die heute gerne unter dem Begriff Soft Skills subsumiert werden, und die ihnen auch dann unleugbare Vorteile verschaffen, wenn sie sich letztlich für eine ganz andere berufliche Laufbahn entscheiden. Allerdings ist die Quote jener Teilnehmer und da vor allem der Teilnehmerinnen extrem hoch, die nach der Matura Physik oder zumindest eine andere naturwissenschaftliche Studienrichtung wählen.

Offenbar haben die schwierigen Beispiele auf die Teilnehmer keine abschreckende Wirkung, sondern werden eher als willkommene Herausforderung wahrgenommen. Das zeigt sich deutlich, wenn nach Ende des internationalen Wettbewerbs die Beispiele für das kommende Jahr bekannt gegeben werden. Unmittelbar nach Beendigung des IYPT tritt das IOC (International Organizing Committee) zusammen und wählt die Beispiele aus einem schon vorher, in einem komplizierten Verfahren zusammengestellten Pool von rund 40 Aufgabenstellungen aus. Kaum ist die Sitzung zu Ende, laufen bereits die Telefone heiß, denn die Teilnehmer wollen möglichst rasch die Aufgaben des kommenden Wettbewerbs erfahren, um mit der Vorbereitung für das nächste Jahr ja nur rechtzeitig beginnen zu können.

Oft wird gefragt, wer eigentlich diese Exzentriker sind, die sich solche Aufgaben ausdenken. Genau ist diese Frage nicht zu beantworten. Zumeist sind es Physiker, die in irgendeiner Weise mit dem Turnier in Kontakt stehen, deren Identität aber auch den Mitgliedern des IOC nicht immer bekannt ist, da die Beispiele im Allgemeinen von den teilnehmenden Nationen gesammelt und eingesandt werden. Bei der endgültigen Auswahl der Fragen wird selbstverständlich berück-

sichtigt, dass die Bearbeitung von Schülerinnen und Schülern durchgeführt werden kann. Gefährliche Experimente scheiden von vorn herein aus. Auch sollte im Wesentlichen die Ausstattung einer guten physikalischen Sammlung für den Aufbau der Experimente und die Durchführung der notwendigen Messungen ausreichen. Ferner müssen die Aufgaben unabhängig von den Bedingungen in den Heimatländern der Teilnehmer durchführbar sein. Darüber hinaus zählt, was die Vertreter der teilnehmenden Länder im IOC spannend finden, und worauf sie sich schließlich einigen können. Dabei wird auch an der korrekten und eindeutigen Formulierung der Beispiele oft lange gefeilt. Dass es dabei heiße Diskussionen gibt, lässt sich nachvollziehen.

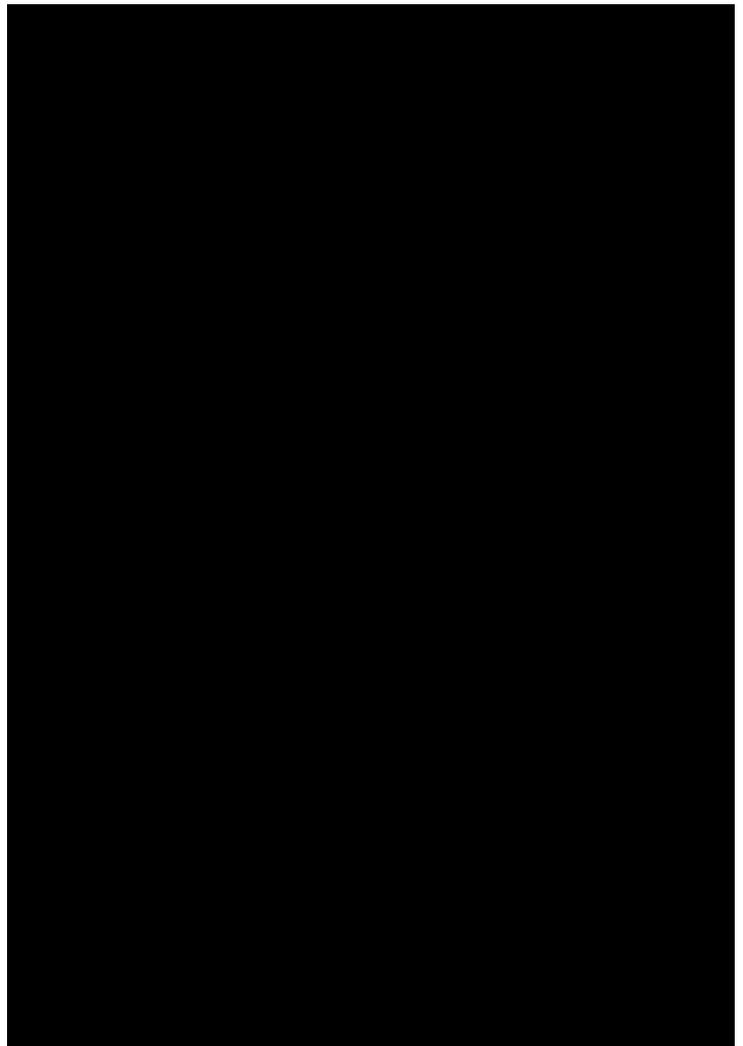
Wie so ein typisches Beispiel aussieht, soll im Folgenden an Hand des Beispiels „Investigate the motion of falling winged seeds such as those of a maple tree“ dargestellt werden. Die eindeutig fächerübergreifende Fragestellung, die viele der IYPT-Beispiele auszeichnet, macht schon die Recherche schwierig. Die ohnehin nicht sehr umfangreiche Literatur erschien hauptsächlich in botanischen Veröffentlichungen, in denen das physikalische Problem, wie die charakteristische Bewegung dieser geflügelten Samen zustande kommt, eher im Hintergrund steht. Eine allgemein anerkannte Erklärung steht bis heute aus. Experimente, die in IYPT-Präsentationen einen wesentlichen Bestandteil darstellen, sind nur spärlich dokumentiert. Dafür wurde eine Vielzahl verschiedener Arten von geflügelten Samen vorgestellt. Damit ergab sich das Problem: Welche Samen können sinnvoller Weise herangezogen werden? Können außer den Samen des Ahorns auch andere Arten Aufschluss über das Flugverhalten geben? Um die richtige Auswahl zu treffen, muss man sich Klarheit über die relevanten Parameter verschaffen, was bei der Vielzahl von unterschiedlichen Samenformen kein Leichtes ist.

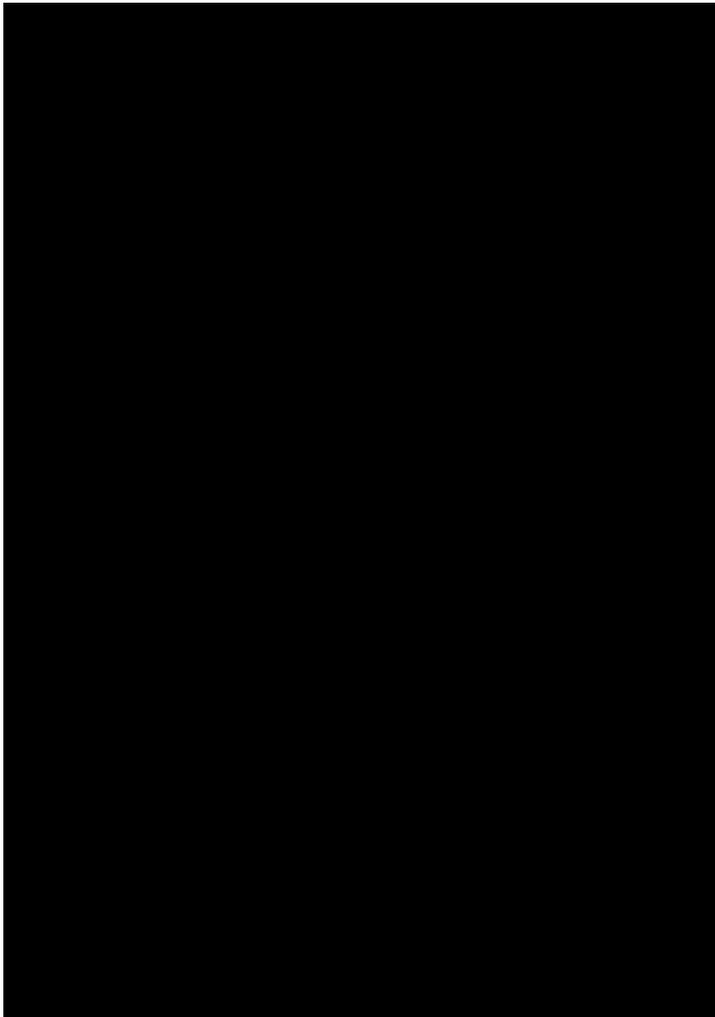
Der Salzburger Ansatz war daher: Die Beobachtung in der Natur sollte helfen. Neben der Beobachtung verschiedenster Samenarten wurden viel versprechende Messungen durchgeführt wie die Bestimmung der Flugweite in Relation zur Flughöhe, was bei stark variierenden Rahmenbedingungen und beschränkter Zahl vergleichbarer Messungen in der freien Natur freilich in die Irre führt. Trotzdem zeigt das Vorgehen bereits die Kreativität und die grundsätzlich korrekte wissenschaftliche Annäherung an die Fragestellung. Es zeigt, dass unsere Schülerinnen und Schüler auch diffizile Probleme selbständig in Angriff nehmen können, wenn sie den entsprechenden Anreiz dazu bekommen. War das Team anfänglich der Verführung erlegen, der Vielfalt der Möglichkeiten in einer eindrucksvollen Präsentation zu viel Raum zu geben, gelang bei der zweiten Bearbeitung ein entscheidender Fortschritt: Der grundlegende Mechanismus der Rotation der Ahornsamen wurde einer genaueren Prüfung unterzogen. Dabei wurden die asymmetrische Lage des Schwerpunktes am Ende des Flügels und die Reduktion der Fallgeschwindigkeit mit zunehmender Fallzeit als Charakteristika der Bewegung erörtert.

Aus didaktischer Sicht ist dieses kritische Überdenken der eigenen Vorgangsweise und das Herausarbeiten einer tragfähigen Hypothese ein Lernvorgang, der wohl nur bei dieser

Form des forschenden Lernens zu erzielen ist. Es zeichnet die IYPT-Beispiele aus, dass mangels gesicherter Antworten selbständig Arbeitsansätze gefunden, Hypothesen aufgestellt und gegebenenfalls mehrfach revidiert werden müssen. Dabei wird Wissen, in diesem Fall über Rotationsprozesse, zum Zweck der wissenschaftlichen Argumentation gezielt angeeignet. Die oft beklagte Kluft zwischen Fakten- und Anwendungswissen wird so von selbst überbrückt. Bei der Rotation von Ahornsamen wirken in überaus komplexer Weise zahlreiche Parameter wie Größe und Form der Samen, ihre Masse und deren Verteilung, die auftretenden Winkel, Geschwindigkeit und Luftwiderstand zusammen. Daher überlagern sich mehrere Bewegungsvorgänge. Diese Komplexität schult das Abstraktionsvermögen und den analytischen Verstand der Schülerinnen und Schüler. Zudem wurden die Beobachtung der komplizierten Flugbahnen im Experiment und die Beschreibung der auftretenden Kräfte zur Herausforderung, bei der das Team seine Kreativität und Geschicklichkeit unter Beweis stellen konnte.

Die Variation der wesentlichsten Parameter erfolgte in drei Schritten, indem bei konstanten äußeren Bedingungen der Flug eines echten Samens mit dem Flug von anderen Körpern ähnlicher Form verglichen wurde. Zum Vergleich wurden Papiermodelle in verschiedenen Größen, eine Rasierklinge und eine Feder herangezogen und mittels Videoanalyse vermessen (Abb. 1, 2, 3).





Dem Studium der wirkenden Kräfte und der Berechnung der theoretisch daraus resultierenden Endgeschwindigkeit diente ein vereinfachtes Papiermodell (Abb. 4). Letztlich wurde die Sinkgeschwindigkeit bei stabilem Flug berechnet, deren geringer Wert ja den Samen ihre weite Verbreitung ermöglicht. Der berechnete Wert der Endgeschwindigkeit von 0,83 m/s zeigte gute Übereinstimmung mit den tatsächlich gemessenen Werten zwischen 0,9 und 1,2 m/s. Beobachtungen der mit diesen Werten zu erzielenden Distanzen in der Natur, Messungen mit einem selbstgebauten überdimensionalen Modell eines Ahornsamens im Freien und der Vergleich mit anderen Flugsamen ergänzten die österreichische Präsentation für das IYPT 2008 in Trogir (Kroatien). Dabei fehlte auch der abschließende Hinweis nicht, dass durch den beschriebenen Mechanismus das Ziel der Evolution, den Samen zu maximaler Verbreitung zu verhelfen, bestens erreicht wurde.

Es gelang dem Team also mit kreativen experimentellen Lösungen und unter Anwendung wissenschaftlicher Methoden zu erstaunlichen Resultaten zu gelangen. Das Phänomen ist eine allseits bekannte Erscheinung, die wir als selbstverständlich hinnehmen. Schon die erste nähere Beobachtung der Ahornsamen zeigte, dass die Bewegung eindrucksvoll und überraschend ist: Auf einen Sturzflug folgt ziemlich bald ein langsamer Sinkflug bei hoher Rotationsgeschwindigkeit. Die regelmäßige, ästhetische Bewegung wirft automatisch die Frage auf: Wie macht das die Natur? Wie gelingt es dem Samen, diese äußerst komplizierten Bewegungsfiguren zu

organisieren? Womit wir bei der grundsätzlichen Frage nach der Selbstorganisation von Systemen angelangt sind.

Dieser Bezug zu übergeordneten Prinzipien, den junge Leute oft nicht explizit herstellen, zeichnet viele IYPT-Beispiele aus. Die vordergründige Beschäftigung mit der rein physikalischen Perspektive führt zu Erkenntnissen, die weit über den fachspezifischen Lernprozess hinausgehen. Die grundsätzliche Bedeutung eines Phänomens für die komplexen Zusammenhänge in der Natur und in der Technik wird an Hand von zunächst unspektakulären Details aufgerollt. Durch das Studium des Details erhalten die Schülerinnen und Schüler Einblick in die vielfältigen Vernetzungen der Natur. Diese Zusammenhänge ziehen sie in ihren Bann, machen sie neugierig und lassen sie der Sache auf den Grund gehen, mag es auch noch so schwierig und mühevoll sein.

Die Bewegung des Ahornsamens erfüllt nicht nur das Ziel, Neugierde zu erzeugen, ausgezeichnet. Es hat sich allerdings auch unter anderen Aspekten als ein spannendes Forschungsobjekt erwiesen. Denn die Bearbeitung der IYPT-Beispiele erfordert neben dem Forschergeist auch noch Erfindungsreichtum. Je komplexer das Problem wird, umso spannender ist seine Bearbeitung. Die meisten Menschen, vor allem aber gerade Kinder und Jugendliche, finden ein besonderes Vergnügen am Lösen kniffliger Probleme, und zwar umso mehr, wenn damit praktische Umsetzungen verbunden sind. Es geht darum zu zeigen, dass man mit Hilfe von scharfem Denken und unter Einsatz von Wissen und Geschicklichkeit eine richtige Lösung finden kann. Der Versuch, den Mechanismen der Natur auf die Schliche zu kommen ist nichts anderes. Die im IYPT geforderte theoretische und experimentelle Bearbeitung kommt genau diesem Bedürfnis, spannende Denkaufgaben mit der Praxis zu verbinden, entgegen. Dass man die Resultate dann auch noch im Wettbewerb Gleichgesinnten präsentieren und mit diesen diskutieren kann, fügt dem eine wichtige, dem Lernprozess förderliche soziale Komponente hinzu, die dem Mitteilungsbedürfnis des Menschen entgegen kommt. Genau das ist das Geheimnis der IYPT-Beispiele. Sie wecken Neugierde und Forschergeist, sprechen den Spieltrieb des Menschen an und fördern außerdem noch das soziale Miteinander. Betrachtet man Lernen und Forschen aus dieser Perspektive, treten an die Stelle von Mühe, Langweile und Isolation Freude, Spannung und Kommunikation. Dieses Erfolgsrezept des AYPT lässt sich leider nur beschränkt auf den Schulunterricht übertragen. Umso wichtiger erscheint es, Schülerinnen und Schülern auch weiterhin trotz aller widrigen Umstände und Schwierigkeiten die Möglichkeit zu geben, an diesem einzigartigen Wettbewerb teilzunehmen.

Weiterführende Informationen finden Sie unter: [www.aypt.at](http://www.aypt.at)

### Literatur:

- 1) Schlichting H. Joachim, Ucke Christian: Der Flug des geflügelten Samens. In: *Physik in unserer Zeit* 25/2, 79 (1994)
- 2) Wittman Katharina: Winged Seed, IYPT 2008, Trogir (Kroatien)

# Radioaktivität und Strahlenschutz



## Unterrichtsbausteine für die Praxis

### Stefan Schönhacker und Beatrix Alte

Die Themen Radioaktivität und Strahlenschutz werden in Österreich traditionell mit großer Skepsis betrachtet. Die öffentliche Meinung wird weitgehend von den Medien bestimmt, die den Schwerpunkt der Berichterstattung auf Gefahren, Bedrohungen und technische Pannen legen und diese häufig deutlich überzeichnen. Wissenschaftliche Fakten sind in den Zeitungs- und Fernsehberichten kaum zu finden, und über positive Aspekte des Einsatzes von radioaktiven Stoffen oder ionisierender Strahlung in Technik und Medizin wird äußerst selten oder gar nicht berichtet. Entsprechend einseitig sind die „Informationen“, die der Öffentlichkeit zur Verfügung stehen und die als Grundlage für die „öffentliche Meinung“ dienen.

Das vorherrschende Gefühl der Angst vor ionisierender Strahlung hängt offenbar teilweise damit zusammen, dass diese Art der Strahlung weder gesehen noch gehört und weder gerochen noch geschmeckt werden kann. Erst bei dramatisch hohen Dosiswerten kann sie gespürt werden, in niedrigen Bereichen ist sie also mit unseren Sinnesorganen nicht wahrnehmbar – verständlich, dass man daher gerne auf „Nummer Sicher“ geht und die Einwirkung ionisierender Strahlung wo möglich völlig vermeidet.

Eine rationale Betrachtung von Dosiswerten zeigt aber, dass beispielsweise das Durchführen von Experimenten mit radioaktiven Stoffen über den Zeitraum von einer Unterrichtsstunde keine höhere Dosis verursacht als die kosmische Strahlung, die während einer dreistündigen Bergwanderung einwirkt. Kenntnisse dieser Art helfen dabei, Vorurteile und irrationale Ängste abzubauen – nicht nur bei den Schülerinnen und Schülern, sondern auch bei den Lehrpersonen.

### Bausteine für den Unterricht

Hier knüpfte das MNI-Projekt 697 an, das im Schuljahr 2006-2007 durchgeführt wurde. Im Verlauf des Projekts sollten Unterrichtsbausteine zum Thema Radioaktivität und Strahlenschutz entwickelt werden. Die Unterrichtsbausteine sollten nach Abschluss des Projekts kostenfrei zum Download zur Verfügung stehen. Dadurch sollte Lehrpersonen die Möglichkeit gegeben werden, fachlich korrekte, nach didaktischen Grundlagen erstellte, Gender gerechte

Mag. Stefan Schönhacker ist nach sechs Jahren Unterricht aus Chemie und Mathematik als Experte für Sicherheit tätig.  
e-Mail: office@schoenhacker.at

und praxiserprobte Lehr- und Lernunterlagen im eigenen Unterricht einzusetzen.

Im Herbst 2006 erfolgte eine halbtägige Einführung am Atominstitut der Österreichischen Universitäten. Den teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrern wurde das Projekt im Detail vorgestellt; Wissenschaftler des Atom Instituts boten fachlichen Input in Form von Vorträgen und einer Reaktorführung. Der gute Besuch der Veranstaltung (22 Teilnehmer/-innen) zeigte, dass großes Interesse an der Thematik besteht und wir mit dem Projekt offenbar „den richtigen Nerv“ treffen würden.

Bewusst wollten wir im Rahmen der Unterrichtsbausteine keine physikalischen Grundlagen darstellen – in allen gängigen Schulbüchern sind dazu ausreichende Informationen vorhanden. Anders verhält es sich mit den biologischen Grundlagen, die leider in den Schulbüchern kaum oder sehr einseitig dargestellt werden. Es erschien uns daher sinnvoll, einen Unterrichtsbaustein über die biologische Wirkung ionisierender Strahlung mit aufzunehmen.

Wir entschieden uns gegen den Themenkomplex „Kernkraftwerke“ – einerseits wegen der extrem starken emotionalen Besetzung des Themas in Österreich, andererseits weil dazu bereits sehr gut ausgearbeitete Inhalte im Internet abrufbar sind (siehe z. B. die Website [www.kernfragen.de](http://www.kernfragen.de)). Da wir dazu beitragen wollten, Radioaktivität und Strahlenschutz neutraler und sachlicher darzustellen, als das in den Medien meist passiert, erschien uns auch das Thema „Kernwaffen“ ungeeignet.

Letztlich wurden in Zusammenarbeit mit dem Atominstitut Unterrichtsbausteine zu den folgenden fünf Aspekten des Themas entwickelt:

- Ionisationsrauchmelder (Funktionsweise von Rauchmeldern mit radioaktiven Stoffen)
- Dosiswerte im Vergleich (Überblick über die Dosis, die man durch natürliche Strahlung aufnimmt, Vergleich mit der Strahleneinwirkung durch künstliche Quellen wie Kernwaffentests und das Reaktorunglück von Tschernobyl sowie mit der Einwirkung bei verschiedenen medizinischen Verfahren, Versuch eines Risikovergleichs)
- Kaliumiodid-Prophylaxe (Informationen über die Funktionsweise der Schilddrüse, der Wirkungsweise von

Kaliumiodid-Tabletten sowie der Rahmenbedingungen für die Einnahme)

- Szintigraphie (Vorstellung eines nuklearmedizinischen Diagnoseverfahrens und mehrerer möglicher Anwendungen)
- Bestrahlung von Lebensmitteln (Diskussion der Vor- und Nachteile der Bestrahlung von Lebensmitteln zu Zwecken der Konservierung)

Die große Herausforderung war dabei, die jeweiligen Inhalte zwar altersgerecht, aber fachlich richtig darzustellen. Auch sollten die Inhalte Praxisnähe bzw. Lebensbezug haben: Den Schülerinnen und Schülern sollten nicht nur abstrakte Inhalte vermittelt werden, sondern sie sollten Verknüpfungen mit ihrem eigenen Leben herstellen können.

Bei zwei jeweils dreistündigen Workshops (März 2007: Fortbildungswoche des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts, Wien; April 2007: Europäischer Chemielehrerkongress, Leoben) wurden die Unterrichtsbausteine interessierten Lehrerinnen und Lehrern vorgestellt. Dabei wurden wertvolle Rückmeldungen zum bereits vorhandenen Material gesammelt und eingearbeitet. Weiters wurden Themenwünsche der Lehrerinnen und Lehrer für weitere Unterrichtsbausteine erhoben. Im März, April und Mai 2007 erfolgte der probeweise Einsatz der Unterrichtsbausteine in mehreren Klassen unterschiedlicher Schulstufen an verschiedenen Schulen.

Mit den teilnehmenden Lehrer/-innen wurden nach dem Einsatz der Unterlagen im Unterricht Interviews anhand eines vorbereiteten Fragebogens geführt. Dabei wurde insbesondere das Erreichen der Ziele Praxistauglichkeit aus Sicht der Lehrenden, Verständlichkeit der verfügbaren Hintergrundinformationen und Lebensbezug abgefragt. Darüber hinaus wurde im Interview erhoben, ob die Themen nach Meinung der Lehrpersonen Mädchen und Burschen gleichermaßen angesprochen haben und schließlich wurde Raum für allgemeine Wünsche und Anregungen geboten.

Die Meinung der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler wurde mit Hilfe von Fragebögen erhoben. Dabei stand im Vordergrund, ob das dargebotene Unterrichtsthema für sie lebensrelevant war und ob die Inhalte verständlich waren bzw. ob und inwiefern sich die Einstellung der Schülerinnen und Schüler zur betreffenden Thematik geändert hat. Die Bausteine wurden dabei als interessant und sehr verständlich bewertet.

Die Evaluierung der Unterlagen aus Gender-Sicht erfolgte durch Frau Dr. Helga Stadler. Viele ihrer Anregungen sind in die Unterrichtsbausteine eingeflossen. Nach einer entsprechenden Überarbeitung der Unterlagen stellte Frau Dr. Stadler fest: „Die vorhandenen Materialien sind sowohl durch ihre Aufbereitung als auch durch ihren Inhalt für einen Unterricht geeignet, der diesen Interessen entgegenkommt. Zugleich wird durch diese Materialien im Sinne einer scientific literacy ein besseres Verständnis von

Fragen erzielt, die für alle Bürgerinnen und Bürger relevant sind.“

Mittlerweile liegen die erarbeiteten Unterrichtsbausteine in einer vorläufigen Endfassung vor und können von allen interessierten Lehrerinnen und Lehrern kostenlos im Internet abgerufen werden.

Die Website [www.strahlenschutz.cc](http://www.strahlenschutz.cc) fungiert dabei als „Fachportal Strahlenschutz“. Einen Überblick über alle bisher durchgeführten Schulprojekte erhält man beim Menüpunkt „Schule“, dort sind auch alle Unterrichtsbausteine abrufbar. Im Lauf des Projektjahres, aber vom Projekt unabhängig, wurden zwei neue Abteilungen dieser Website geschaffen:

- <http://nuklide.strahlenschutz.cc/> bietet einen Überblick über wichtige Nuklide, darunter auch alle diejenigen, die für die Unterrichtsbausteine eine Rolle spielen. Für jedes angeführte Nuklid kann ein Datenblatt heruntergeladen werden.
- <http://a-z.strahlenschutz.cc/> ist ein interaktives Lexikon („Strahlenschutz von A bis Z“), in dem wichtige Fachbegriffe erläutert werden. Derzeit sind rund 50 Begriffe abrufbar, das Lexikon soll aber laufend weiter wachsen und so als umfassendes Glossar dienen.

Diese Einrichtungen stehen natürlich, wie die Unterrichtsbausteine, allen Internet-Benutzer/-innen kostenfrei zur Verfügung und stellen eine mögliche Ergänzung für den Einsatz im Unterricht dar.



foto: Rauchmelder  
Ionisationsrauchmelder enthalten Americium 241  
( $\alpha$ -Strahler, 432,6 Jahre Halbwertszeit)

# Angewandte Mechanik am Beispiel Fahrrad

Stefan Ostermann

## Vorwort

Immer wieder werden sportliche Wettkämpfe durch kleinste Abstände zwischen den einzelnen Athleten entschieden. Es ist eine Begleiterscheinung des modernen Spitzensports, dass ein Zentimeter oder ein Bruchteil einer Sekunde über Sieg oder Niederlage entscheiden können. Deshalb ist es nötig, dass bei einem Wettkampf so wenig Fehler wie möglich passieren - einfach gesagt, es sollte alles möglichst optimal ablaufen. Doch was ist optimal? Der Antwort auf diese Frage bin ich in meiner Fachbereichsarbeit „Angewandte Mechanik am Beispiel verschiedener Sportarten“ [1] vom physikalischen Standpunkt aus nachgegangen.

Mich persönlich hat es im Zuge meiner Recherchen immer wieder fasziniert, wie genau man sich durch physikalische Berechnungen diesem Optimum, das in der Realität gilt, annähern kann.

Mein Hauptziel ist allerdings, die Anwendungsvielfalt der grundlegenden Gesetze der Mechanik in unserem alltäglichen Leben aufzuzeigen und somit eine Synthese zwischen Physik und dem Alltag herzustellen.

Für diesen Beitrag habe ich ein Beispiel aus meiner Arbeit ausgewählt, welches zusammen mit einer eigenen Messung zeigt, wie die Energie eines Radfahrers abnimmt, wenn er dem System keine Energie mehr zuführt (er lässt das Rad einfach rollen). Zuerst wird der Aufbau der Messung beschrieben und anschließend die Ergebnisse mittels theoretischer Formeln überprüft und hinterfragt.

## Energetik des Fahrrads – Eine Messung

Der „Motor“ des Fahrrads ist der Radfahrer selbst. Er muss durch die Arbeit, welche er mit seinen Beinmuskeln aufbringt, dem Gerät die nötige Energie erteilen, die es braucht, um weiter zu fahren.

Allerdings ist die ständige Energiezufuhr nicht mit einer ständigen Zunahme der Fahrgeschwindigkeit verbunden, wie man es eigentlich annehmen müsste, wenn man das zweite Newton'sche Axiom betrachtet. Das bedeutet, dass ein bestimmter Anteil der Energie an die Umgebung abge-

Stefan Ostermann maturierte 2007 am BRG Landeck. Die Fachbereichsarbeit „Angewandte Mechanik am Beispiel verschiedener Sportarten“ wurde von OStR Mag. Kurt Leitl betreut und von der ÖPG ausgezeichnet.

geben (dissipiert) wird. Das geschieht so lange, bis der Radfahrer stillsteht.

Ziel meiner Messung war es, die Energie zu bestimmen, welche an die Umgebung des Fahrers abgegeben wird, und daraus lässt sich dann auch die Widerstandskraft und die zu ihrer Überwindung aufzubringende Leistung berechnen.

Doch vorerst zur Messung: Auf einer 150 m langen, ebenen Geraden wurden Streckenabschnitte von jeweils 20 m ausgemessen und mit Wegmarken gekennzeichnet. Eine Person stand mit Zettel und Bleistift am Rand der Fahrbahn und war mittels Telefon mit dem Radfahrer verbunden (der Radfahrer war in diesem Falle ich selbst). Dieser beschleunigte das Rad auf eine bestimmte Geschwindigkeit und ließ es dann ausrollen. Beim Passieren der Wegmarken sagte der Radfahrer der Person am Rand der Fahrbahn die Geschwindigkeit (mit Tachometer gemessen) zum jeweiligen Zeitpunkt durch, die dann notiert wurde. (Die Messung wurde in beiden Richtungen der Fahrbahn durchgeführt, um etwaige Steigungen auszugleichen.)

Mit den in der Messung ermittelten Werten der Geschwindigkeit kann man sich die kinetische Energie  $E_{\text{kin}}$  des Radfahrers zu den jeweiligen Zeitpunkten, an denen er die Wegmarken passierte, berechnen.

Es ist in der Praxis hauptsächlich von Bedeutung, die Kraft  $F$  zu kennen, welche aufgebracht werden muss, um eine bestimmte Geschwindigkeit  $v$  aufrecht zu erhalten. Das bedeutet, die Widerstandskräfte, die bei dieser Geschwindigkeit wirken, müssen kompensiert werden.

Diese Kraft lässt sich aus den durch Messung ermittelten Werten berechnen [2]: Bekanntlich ist  $W = F \Delta s$  ( $W$ ...Arbeit). Arbeit wird außerdem verrichtet, wenn die Energie eines Körpers geändert wird. Das bedeutet:  $W = \Delta E$ . Daraus folgt

$$\Delta E = F \Delta s$$

Man erhält durch Umformen dieser Gleichung eine Formel für die Gesamtreibungskraft

$$F = \frac{\Delta E}{\Delta s}$$

Damit lässt sich auch die mittlere Leistung  $P$ , die aufgebracht

werden muss, um die jeweilige Geschwindigkeit aufrecht zu erhalten, berechnen. Die Leistung ist definiert als Produkt der Kraft  $F$  und der Geschwindigkeit  $v$  ( $P = F \cdot v$ ).

Anhand dieser Formeln kann man aus der experimentell ermittelten Geschwindigkeit und Zeit alle in Tabelle 1 gezeigten Werte berechnen (die Werte in den grau hinterlegten Spalten wurden experimentell ermittelt).

S [m]	v [km/h]	v [m/s]	E [J]	$\Delta E$ [J]	$\Delta s$ [m]	F [N]	P [W]
0	29,5	8,19	2685,96	756,94	20	37,85	310,14
20	25,0	6,94	1929,01	567,90	20	28,4	197,19
40	21,0	5,83	1361,11	415,9	20	20,79	121,30
60	17,5	4,86	945,22	340,28	20	17,01	82,71
80	14,0	3,89	604,94	296,3	20	14,81	57,61
100	10,0	2,78	308,64	280,86	20	14,04	39,01
120	3,0	0,83	27,78	27,78	20	1,39	1,16
130	0	0	0	27,78	10	2,78	0

Tabelle 1: Messergebnisse zur Messung der Energiedissipation beim ausrollenden Fahrrad

Wenn man die Kraft  $F$  und die Leistung  $P$  jeweils gegen die Geschwindigkeit aufträgt, erhält man folgendes Ergebnis:

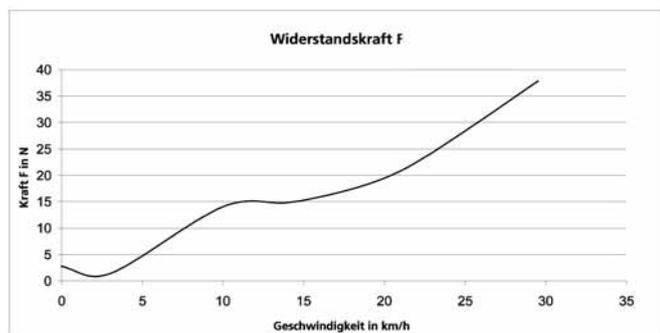


Abb. 1: Widerstandskraft abhängig von der Geschwindigkeit

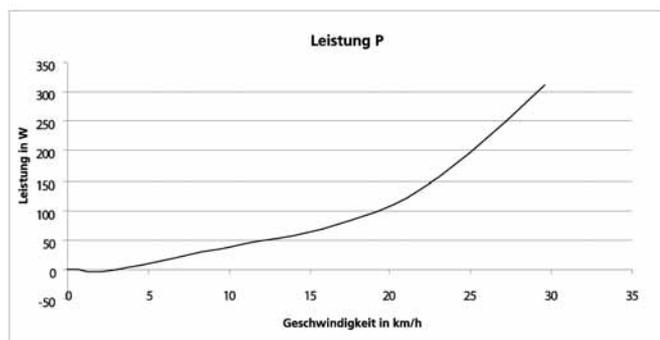


Abb. 2: Leistung abhängig von der Geschwindigkeit

Offensichtlich ergibt sich die Widerstandskraft zum Großteil aus dem Luftwiderstand, allerdings nicht vollständig. Man erkennt in Abbildung 1, dass es noch eine zusätzliche Kraft gibt, welche unabhängig von der Geschwindigkeit ist. Dies ist der sogenannte Rollwiderstand, der sich aus der Reibung zwischen Boden und Rad, beziehungsweise der Reibung in den Lagern zusammensetzt und konstant bleibt.

Man kann also schreiben:

$$F(v) = F_R + F_L(v) \quad (1)$$

$F_R$  entspricht dem Rollwiderstand und  $F_L$  dem Luftwiderstand, welcher mit der Formel berechnet werden kann.

$$F_L = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot c_w \cdot v^2$$

Aus Formel (1) kann man die Formel für die Leistung erhalten, indem man die einzelnen Kräfte mit  $v$  multipliziert. Man erhält daraus:

$$P = F_R \cdot v + F_L \cdot v$$

Mittels dieser zwei Gleichungen kann man die in den Abb. 1 und 2 dargestellten Messergebnisse anhand von theoretischen Werten überprüfen. (Die Messungen beziehen sich auf Windstille, sonst wären die Formeln zur Berechnung weitaus komplizierter.)

Es wird mit folgenden Werten gerechnet:

$$F_R = 2,7 \text{ N}; \quad \rho = 1,293 \text{ mg/cm}^3; \quad c_w = 1; \quad A = 0,8 \text{ m}^2$$

Der  $c_w$ -Wert wurde bewusst etwas höher angesetzt, da ich bei der Messung eine dickere Jacke trug und relativ aufrecht gefahren bin.

Der Wert für die Rollreibung entspricht exakt der Differenz, welche in Abbildung 1 bei einer Geschwindigkeit von 0 km/h zu erkennen ist (s.a. Schlichting [2]).

v [km/h]	v [m/s]	F [N]	P [W]
29,5	8,19	37,51	307,35
25,0	6,94	27,72	192,49
21,0	5,83	20,38	118,87
17,5	4,86	14,99	72,91
14,0	3,89	10,60	41,22
10,0	2,78	6,77	18,80
3,0	0,83	2,78	0
0	0	0	0

Tabelle 2: Theoretische Berechnung der Kraft  $F$  und der Leistung  $P$

Wenn man die in Tabelle 2 ermittelten Werte in einen Graphen gemeinsam mit den experimentellen Werten einzeichnet, erhält man folgendes Ergebnis:

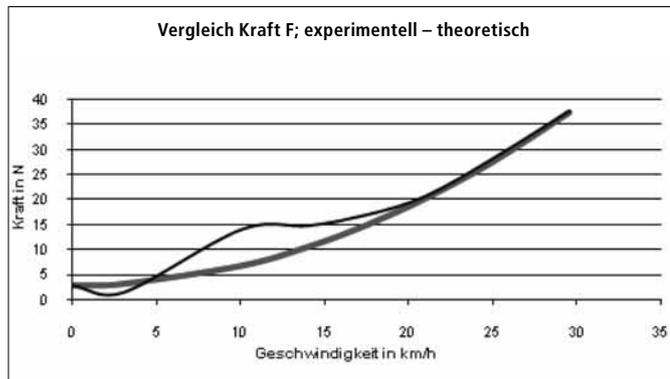


Abb. 3: Vergleich der theoretisch ermittelten Werte der Leistung mit den experimentell ermittelten.

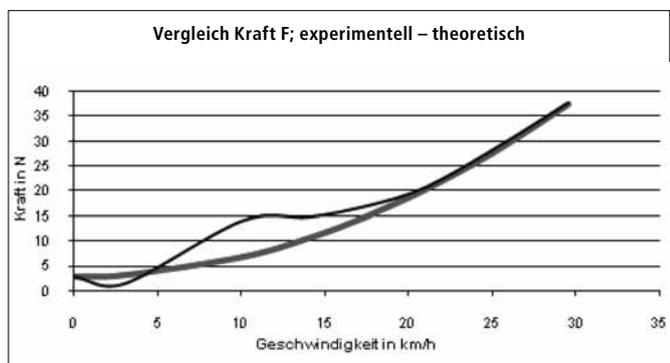


Abb. 4: Vergleich der theoretisch ermittelten Werte der Kraft  $F$  mit den experimentell ermittelten.

Es ist erkennbar, dass die Werte speziell im Bereich der hohen Geschwindigkeiten sehr genau übereinstimmen. Dies liegt daran, dass es bei niedrigeren Geschwindigkeiten schwerer ist, die Spur zu halten und somit Messungenauigkeiten daraus folgen.

## Nachwort

Man erkennt am Ergebnis deutlich, dass sich Dinge, welche wir im Alltag erleben, vom physikalischen Standpunkt aus betrachten und auch berechnen lassen. Es ist offensichtlich, dass näherungsweise Berechnungen relativ stark der Realität entsprechen. Es war mein Ziel, einmal mehr aufzuzeigen, dass die Physik keine nutzlose Wissenschaft ist, sondern, dass sie auch sehr viele Anwendungsgebiete hat, welche der Standardbürger erfahren kann. Es gibt noch unzählige andere Sportarten, welche sich sehr gut mittels der Physik beschreiben lassen, wie zum Beispiel die Wurfarten, Tennis und Laufen.

## Literatur

- [1] Ostermann, Stefan (2007): Angewandte Mechanik am Beispiel verschiedener Sportarten, *Fachbereichsarbeit am BRG Landeck*.  
<http://pluslucis.univie.ac.at/FBA/FBA07/Ostermann2007.pdf> [1.6.2008]
- [2] Schlichting/Backhaus  
[http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich\\_physik/didaktik\\_physik/publikationen/fahradalltag.pdf](http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/didaktik_physik/publikationen/fahradalltag.pdf) [18.02.2007]

# PFL-Naturwissenschaften 2009-2011

Universitätslehrgang Pädagogik und Fachdidaktik für Lehrer/innen der Naturwissenschaften

Im Mittelpunkt dieses viersemestrigen interdisziplinären Lehrgangs steht die Auseinandersetzung mit dem eigenen Unterricht und mit der gesellschaftlichen Bedeutung der Naturwissenschaften. Die naturwissenschaftlichen Disziplinen tragen in der Schule wesentlich zum Verständnis von Natur und Technik sowie ihren Wechselwirkungen mit der Gesellschaft bei. Ihre fachspezifischen Begriffsstrukturen, Methoden und didaktischen Konventionen sind jedoch sehr verschieden. Die fächerübergreifende Zusammenarbeit in der Planung, Durchführung und Auswertung gemeinsamer Projekte ermöglicht Synergien und eine Weiterentwicklung pädagogischer und fachdidaktischer Kompetenzen.

## Zielgruppe

Der Lehrgang richtet sich an Lehrer/innen der Fächer Biologie, Chemie und Physik aller Schulstufen ab der 5. Schulstufe, die ihre fachdidaktischen und pädagogischen Kompetenzen erweitern wollen.

## Abschluss

Zertifikat nach vier Semestern, das für den ersten Abschnitt des Universitätslehrgangs „Professionalität im Lehrberuf (ProFiL)“ mit Abschluss Master of Arts anrechenbar ist.

## Lehrgangsteam

Ao. Univ.-Prof. Dr. Walter Hödl (wissenschaftlicher Leiter, Universität Wien)  
V.-Prof. Dr. Anja Lembens (Universität Wien)  
Ao. Univ.-Prof. Dr. Leopold Mathelitsch (Universität Graz)  
Dr. Angela Schuster, MAS (Projektleiterin, Universität Klagenfurt) (E: [angela.schuster@uni-klu.ac.at](mailto:angela.schuster@uni-klu.ac.at))

## Anmeldung

Information und Anmeldung bitte mit dem Formular unter <http://ius.uni-klu.ac.at/pfl-nawi>  
Auskünfte: Dr. A. Schuster, [angela.schuster@uni-klu.ac.at](mailto:angela.schuster@uni-klu.ac.at)

**Anmeldeschluss: 30. April 2009**

# IV Teacher's Award – Zukunft der Schule

Seit Jahren engagiert sich die Industriellenvereinigung im Bildungsbereich. Die gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen verlangen eine Weiterentwicklung des Schulwesens. In diesem Reformprozess sollen die LehrerInnen eine wichtige Rolle einnehmen, das im IV-Programm „Zukunft der Bildung – Schule 2020“ formuliert wird. So wurde als Beitrag der IV zur Umsetzung von „Schule 2020“ am 11. April 2008 erstmals der „IV Teacher's Award – Zukunft der Schule“ verliehen. Aus über 150 Einreichungen mit beachtlicher Qualität hat eine Fachjury je drei PreisträgerInnen in den vier Kategorien Grundschule, Sekundarstufe 1 und 2, Projekte ausgezeichnet. Mit dieser Preisverleihung will die IV die LehrerInnen als Architekten der Zukunft hervorheben und ihre Schlüsselposition in der Ausbildung der jungen Menschen würdigen. Unter den 12 Preisträgern finden sich auch 3 Mitglieder des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts. Wir gratulieren!

## 1. Preis – Sekundarstufe 2

### Praktische Anwendung von Solartechnik



Ministerin Claudia Schmied bei der Verleihung des ersten Preises an Mag. Hans Hofbauer

**Mag. Oswald Eschelmüller und Mag. Hans Hofbauer, BG/BRG Horn**, erhielten einen 1. Preis für fachübergreifendes Arbeiten in den Fächern Physik und Werkerziehung. Besonders hervorgehoben wurde von der Jury, dass diese beiden Lehrer über einen Zeitraum von 10 Jahren hindurch jährlich mindestens ein Projekt durchgeführt haben. Ausgehend vom RG neu haben sie einen fächerübergreifenden Lehrplan erstellt, in dem diese Projekte vorgesehen sind. In schülerzentrierten Projektarbeiten mit ganzen Klassen (teilweise auch mit interessierten Kleingruppen) wird eine Produktfolge von funktionsfähigen Produkten (mit dem Schwerpunkt Solartechnik) entwickelt und gebaut und immer öffentlich präsentiert.

## 2. Preis – Projekte

### Handlungs- und produktorientierter Unterricht

**Dipl.-Päd. Angelika Fussi, Lehrerin an der Hauptschule II und Realschule Feldbach**, erhielt den 2. Preis in der Kategorie „Projekte“ für das IMST/MNI-Projekt „Handlungs- und produktorientierter Unterricht – ein Dreiphasenmodell“. Der experimentelle Unterricht erfolgt in Kleingruppen, die Schü-



Angelika Fussi, Mag. Konrad Steiner, DI Dr. Michael Palka, BM Dr. Claudia Schmied, Dr. Gerhard Riemer, Foto: Andi Bruckner

lerInnen werden auch zum freien Experimentieren zu Hause angespornt. Das Zusammenführen von Theorie und Praxis, also von Erklärungen und experimenteller Nachprüfung, sowie der Entwurf und die arbeitsteilige Fertigung von Produkten sind wichtige Maßnahmen im Projekt. Projektprodukte sind u.a. ein Experimentierkoffer mit zugehörigem Experimentierheft, ein Physikkalender, ein Bühnenstück und eine Lärmbalkenanzeige mit 400 Bauteilen und 1000 Lötstellen.

## 3. Preis – Sekundarstufe 1

### Spezielle Unterrichtsfächer für den Schwerpunkt „Berufsorientierung“

**Gerda Stingerer & Team der PHS Sacré Coeur Pressbaum** erleichtern den SchülerInnen der PHS den Übergang in die AHS-Oberstufe wie auch für eine beruflich erfolgreiche Laufbahn (Lehre). Dazu sollen diese neben der Vermittlung von fachlicher Kernkompetenz auch mit einer breiten Grundausbildung von sozialen Fähigkeiten ausgestattet sowie in ihrer individuellen Persönlichkeit gestärkt werden. Damit die fachlichen, sozialen und methodischen Kompetenzen in einem offenen, fächerübergreifenden und projektorientierten Unterricht vermittelt werden können, wurde an der PHS Pressbaum Sacré Coeur 2005 eine eigene Kooperative Hauptschule (Mittelstufe mit Schwerpunkt Berufsorientierung) gegründet. In einem österreichweit einzigartigen Konzept wurden schulautonom spezielle Unterrichtsgegenstände und Unterrichtsmethoden als Ergänzung zum normalen Unterricht festgelegt und fächerübergreifend Kooperationen mit weiterführenden Schulen, Universitäten sowie mit Betrieben durchgeführt. In der 8. Schulstufe erfolgen Schnuppertage an Betrieben sowie Exkursionen beim AMS, im WIFI und in der Landesberufsschule. Ebenso werden Lehrende aus den BHS und BMS sowie VertreterInnen von Betrieben in den Unterricht eingeladen. Dadurch erfolgt eine intensive Auseinandersetzung mit den heutigen wie zukünftigen Anforderungen der Berufswelt und darüber hinaus eine Konfrontation sowohl mit Trendberufen wie auch mit Berufsnischen.

Den Teachers-Award der Industriellenvereinigung soll es ab nun jedes Jahr geben.

# ESCU - Experimentelle Schulchemie in der Unterstufe

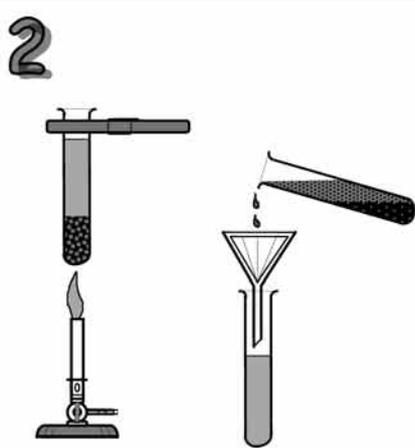
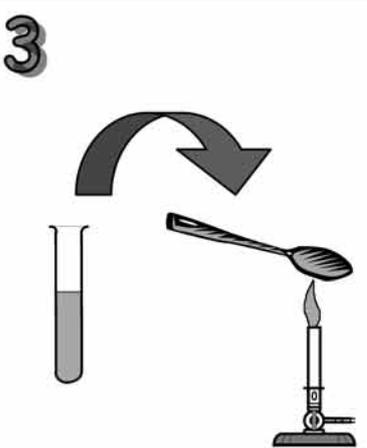
von Werner Rentzsch und Christian Mašin

Seit einigen Jahren schon probieren wir im Rahmen eines Kursangebots der 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 3: Physikalische Trennmethode II

### Salzfabrik

<b>Chemikalien:</b> Steinsalz, Wasser (Spritflasche)	<b>Geräte:</b> 2 RG Fiolax 16/160, RG-Gestell, Reibschale + Pistill, Trichter + Filterpapier, RG-Halter, Spatel, Teelöffel, Brenner	
		
Zerkleinere eine Portion Steinsalz in einer Reibschale. Gib etwa 4 cm hoch davon in das RG und fülle mit Wasser auf. 	Um das Lösen zu beschleunigen erwärmst du die Salzlösung ein wenig. Verschüttele dabei ein wenig. Lass die groben Verunreinigungen sich ein paar Minuten lang absetzen und schüttele die überstehende Flüssigkeit in den Filter.	Das Filtrat ist klares Salzwasser. Gib eine Portion davon in einen sauberen Teelöffel und dampfe ein. Du erhältst weißes Kochsalz. Wiederhole den Vorgang ein paar Mal.

#### Erklärung:

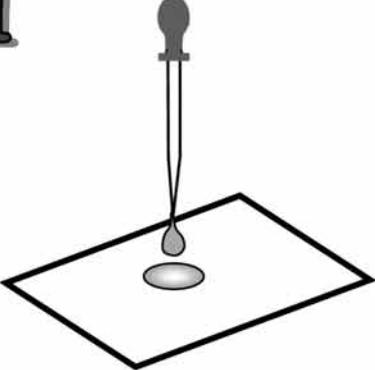
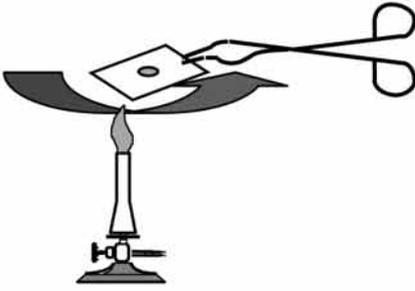
- Bei diesem Experiment führst du mehrere Trennmethode hintereinander aus:  
**Extrahieren - Sedimentieren - Dekantieren - Filtrieren - Kristallisieren**

#### Hinweise:

- Ungereinigtes Salz bekommt man mitunter im Drogeriefachhandel unter dem Namen „Himalaia-Salz“ zu kaufen.
- Zum Abfiltrieren kann man statt Reagenzgläsern auch Schnappdeckelgläser verwenden.

# Microkristalle

<b>Chemikalien:</b> Gesättigte Salzlösungen (Kochsalz, Kupfersulfat, Alaun,...).	<b>Geräte:</b> Pipette, Tiegelzange, Brenner, Mikroskop.	<b>Material:</b> Objektträger, Deckgläschen
---	---	--

<b>1</b> 	<b>2</b> 	<b>3</b> 
Bringe mit Hilfe der Pipette einen Tropfen der Salzlösung mit einigen Kristallen (!) auf das Glasplättchen.	Erwärme das Plättchen nur ganz wenig (!) über der Flamme. Das Wasser soll erst <i>unter dem Mikroskop</i> verdunsten.	Suche Kristalle unterm Mikroskop (ca. 300fache Vergrößerung). Beim Abkühlen fangen die Kristalle zu wachsen an.

## Erklärung:

- Die Konzentration der Lösung steigt, je mehr Wasser verdunstet. Das Salz kristallisiert aus.

## Hinweise:

- Es ist auch möglich, den erwärmten Tropfen mit einem Deckglas abzudecken. Die Kristalle werden dadurch kleiner, platter und wachsen langsamer.
- Beim Erwärmen des Tropfens können sich die Kristalle des Bodensatzes auflösen. Bei der Zugabe von (wenigen!!!) Impfkristallen setzt das Kristallwachstum rasch ein.

# Der Phasenwechsel

<b>Chemikalien:</b> Scheidetrichter, klein, Reagenzglasständer, Reagenzglas, Gummistopfen, Becherglas, Schnappdeckelglas.	<b>Geräte:</b> Iod-Kaliumiodidlösung, Benzin.	<b>Material:</b> keine.
---	--	----------------------------

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
		
<p>In einem Becherglas wird wenig Iod-Kaliumiodidlösung so stark mit Wasser verdünnt, dass eine gelbe Lösung entsteht.</p> <p>Mit der Lösung füllt man den Scheidetrichter ca. bis zur Hälfte und überschichtet mit einigen Millilitern Benzin.</p>	<p>Man verschließt den Scheidetrichter mit dem Stopfen und schüttelt bei geschlossenem Glashahn.</p> <p>Die wässrige Phase entfärbt sich und das Benzin nimmt eine rötliche Farbe an.</p>	<p>Der Versuch kann auch in einem RG oder einem Schnappdeckelglas durchgeführt werden.</p>  <p>W.R und M.C.</p>

## Beobachtung:

*Beim Schütteln ist das Iod von der wässrigen Phase in die Benzinphase übergegangen - bessere Löslichkeit.*

- Üblicherweise verwendet man  $I_2$ -KI-Lösung zum Stärkenachweis (Iod-Stärkereaktion → blau).
- Iod-Kaliumiodidlösung kann selbst hergestellt werden: 1 g Iod und 2 g Kaliumiodid in Wasser lösen und auf ca. 250 ml mit Wasser auffüllen; schütteln; in brauner Flasche aufbewahren.
- Hat man keinen Scheidetrichter zur Verfügung, kann man das Ausschütteln auch in einem Reagenzglas demonstrieren. Die Trennung der beiden Flüssigkeiten kann dann aber nicht durchgeführt werden.
- Die Trennung durch Ausschütteln kann durchgeführt werden, wenn sich ein Stoff in einer Phase besser löst als in einer anderen. Nach dem Ausschütteln lässt man die untere Phase durch den Glashahn vorsichtig ablaufen (Stopfen entfernen).
- Da beim Ausschütteln mit leichtflüchtigen Flüssigkeiten wie z. B. Benzin im Scheidetrichter ein Überdruck entsteht, muss man zwischendurch den Trichter entlüften. Dazu dreht man den Scheidetrichter so, dass der Glashahn nach oben zeigt und öffnet diesen kurz. Den Stopfen hält man dabei gut fest. Das Schütteln und Entlüften wird mehrmals wiederholt.

# Bunter Sand

<b>Chemikalien:</b> Keine.	<b>Geräte:</b> Schnappdeckelglas, Löffel (klein), Spatel, Spritzflasche.	<b>Material:</b> Quarzsand, Lebensmittelfarbe, Gurkenglas.
-------------------------------	---	---

<h2 style="font-size: 2em; margin: 0;">1</h2> 	<h2 style="font-size: 2em; margin: 0;">2</h2> 	<h2 style="font-size: 2em; margin: 0;">3</h2> 
<p>Gib in das Schnappdeckelglas einen halben Löffeln Sand, eine Spatelspitze Lebensmittelfarbe und vermenge durch Schütteln. Verschließe das Glas dazu mit dem Plastikdeckel.</p>	<p>Fülle das Glas ca. zu <math>\frac{3}{4}</math> mit Wasser, verschließe es mit dem Plastikdeckel und schüttele. Gieße das Wasser vorsichtig ab (dekantieren). Das gefärbte Wasser schüttest du in das Gurkenglas.</p>	<p>Wiederhole den Vorgang so lange, bis das Wasser farblos ist.</p> <div style="text-align: right;">  <p style="font-size: 0.8em; margin: 0;">W.R. und M.C.</p> </div>

### Beobachtung:

*Der Farbstoff löst sich im Wasser. Der reine Sand bleibt zurück.*

Im Schnappdeckelglas war ein Gemenge aus Sand, Farbstoff und Wasser. Der Farbstoff kann vom Sand getrennt werden, weil der Farbstoff wasserlöslich ist, der Sand jedoch nicht.

Die Trennung erfolgt auf Grund der Löslichkeit.

### Hinweise:

- Es ist sehr günstig, für diesen Versuch schon gewaschenen Sand zu verwenden, da sonst zur Färbung zusätzlich eine Trübung auftritt.
- Zum Waschen gibt man den Sand einfach in ein Glas mit Wasser und dekantiert so lange, bis das überstehende Wasser klar ist.



# Vom Quantenfußball zum Quantenspeer

## Spiele mit molekularen Materiewellen

Stefan Gerlich und Markus Arndt

Die Materiewelleninterferometrie ist so alt wie die Quantenphysik selbst und ist die Basis für eine große Zahl aktueller praktischer Anwendungen: Paradebeispiele dafür sind die Oberflächenanalyse und Holografie mit Elektronen, die Strukturanalyse von Festkörpern und biologischen Materialien mittels Neutronenbeugung oder die Präzisionsmetrologie mit Atomen.

### Welle-Teilchen

Unsere Forschungsgruppe an der Universität Wien beschäftigt sich seit einigen Jahren mit der Untersuchung der quantenmechanischen Wellennatur von Objekten aus einer noch komplexeren Welt, nämlich jener der großen Moleküle. Unsere Arbeit ist dabei vor allem von fünf Fragen motiviert:

- Welches ist wohl das größte und komplizierteste Teilchen, für das man de Broglie's Beziehung  $\lambda = h/p$  zum Welle-Teilchen-Dualismus noch nachweisen kann?
- Wie kann es sein, dass die Quantenphysik auf dem Superpositionsprinzip basiert und Schrödingers Wellenfunktion auch die gleichzeitige Realisierung von sich ausschließenden Zuständen erlaubt, wir dies aber bislang im Alltag niemals beobachtet haben?
- Kann man die Quanteninterferometrie benutzen, um etwas über Molekülphysik zu lernen, und neue und genauere Messungen zu machen als zuvor?
- Können Quantentechnologien angewandt werden, um auf eine neue Art molekulare Nanostrukturen zu erzeugen?
- Wenn wir es eines Tages schaffen, Quanteninterferenzen mit sehr massiven Objekten zu sehen, kann uns das dann vielleicht helfen, ein neues Licht auf die Verbindung von Quantenphysik und Gravitation zu werfen?

### Quantenmechanische Wellennatur großer Objekte

Die Liste dieser Fragen zeigt schon, dass der vorliegende Beitrag nur die ersten Schritte auf einem langen und spannenden Weg beschreiben kann. Wir werden uns hier daher besonders auf die sehr praktische Frage konzentrieren, wie

Univ.-Prof. Dr. Markus Arndt leitet die Forschungsgruppe Quantenoptik, Quantennanophysik und Quanteninformation der Fakultät für Physik an der Universität Wien, Strudlhofgasse 4, 1090 Wien.  
e-Mail: markus.arndt@univie.ac.at  
Mag. Stefan Gerlich dissertiert im Rahmen des Doktoratskollegs CoQuS (Complex Quantum Systems).

man die quantenmechanische Wellennatur an großen Objekten überhaupt nachweisen kann.

Wellen sind uns allen seit der Kindheit vertraut: aus der Badewanne, dem See, dem Meer. In der Schule werden Beugungs- und Interferenzexperimente gerne mit Laserlicht und einem Doppelspalt demonstriert: Die aufgeweiteten aber über eine feste Phase des elektromagnetischen Feldes verbundenen Teilwellen des Lichtes treten dabei zugleich durch zwei entfernte Öffnungen der Versuchsanordnung, um sich dann an manchen Orten des Beobachtungsschirms zu verstärken oder auszulöschen. Das molekulare Analogon, die Demonstration von konstruktiver und destruktiver Interferenz durch Fernfeldbeugung der fußballförmigen Kohlenstoffmoleküle  $C_{60}$  und  $C_{70}$  an einem nanomechanischen Gitter, konnten wir schon 1999 in PlusLucis vorstellen [1]. Wir könnten unseren Beitrag an dieser Stelle schon beenden, wenn es nun auch leicht wäre, das Doppelspaltkonzept direkt auf noch massivere und komplexere Objekte, wie den Fußball in Abb. 1 zu übertragen.

Warum dies für einen echten Fußball nicht geht, ist zunächst leicht einzusehen. Die de Broglie Wellenlänge eines solchen Balls erreicht im Flug die Größenordnung der Planck-Länge, also rund  $10^{-35}$  m. Sie ist damit so mikroskopisch klein, dass auch mit Fantasie und Geld ein Doppelspaltexperiment unmöglich scheint.

Aber auch bei deutlich kleineren und praktisch relevanten Objekten, von Makromolekülen bis hin zu den industriell immer wichtiger werdenden Nanopartikeln, kann man die Schwierigkeiten erahnen: Betrachten wir dazu zunächst noch einmal den Doppelspaltversuch und ersetzen wir den Laser durch eine Glühbirne. Im Gegensatz zur kohärenten Laserstrahlung, die einfarbig, sehr gut gerichtet und im Idealfall über die gesamte Emissionsfläche durch eine einzige Phase des elektrischen Feldes beschrieben ist, ist das thermische Licht einer Glühbirne weiß – also aus vielen Wellenlängen zusammengesetzt. Die Emitter schwingen außer Takt und das Beugungsexperiment am Doppelspalt verliert an Kontrast und Qualität.

Dies ist in etwa auch die Situation, vor der man im Fall der Molekülbeugung steht. Es gibt zwar heute schon erste Atomlaser, aber mit großen Molekülen ist man noch weit von derartigen Strahlungsquellen entfernt. Die Moleküle,

die einer thermischen Quelle – also einem mit Pulver gefülltem Ofen – entsteigen, haben sehr ähnliche Kohärenzeigenschaften wie die Lichtquanten der Glühbirne, jedoch ist ihre de Broglie Wellenlänge typischerweise um mindestens fünf Größenordnungen kleiner als die Wellenlänge des Lichtes, beträgt also nur einige Pikometer.

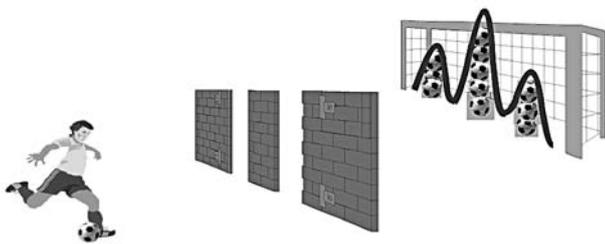
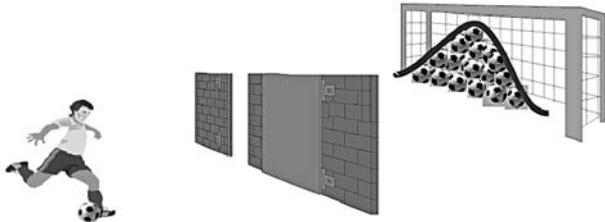


Abb 1: Die Beugung am Doppelspalt ist eine Möglichkeit den Welle-Teilchen-Dualismus an großen Objekten zu studieren. Das Experiment setzt jedoch große Distanzen, eng kollimierte Strahlen oder sehr kohärente Wellenfelder voraus. Die Beugung eines echten FIFA Balls ist aufgrund seiner kleinen de Broglie Wellenlänge für alle vorhersehbaren Zeiten ausgeschlossen. Die Beugung eines Quantenfußballs, des Kohlenstoffmoleküls  $C_{60}$ , wurde dagegen schon 1999 in unserer Gruppe an der Universität Wien erstmals demonstriert [1].

Aus der Schule wissen wir, dass der Beugungswinkel 1. Ordnung am Doppelspalt bestimmt ist durch  $\sin\Theta_{\text{beug}} = \lambda/d$ . Damit man die erwarteten Beugungsmuster auf dem Schirm hinter dem Doppelspalt auch noch auflösen kann, muss der Molekularstrahl so gut kollimiert und so schmal sein, dass seine Auffächerung, die Divergenz  $\Theta_{\text{div}}$ , kleiner ist als der Beugungswinkel:  $\Theta_{\text{div}} < \Theta_{\text{beug}}$ . Eine kurze Abschätzung zeigt, dass schon für kleine Proteine eine Strahlbreite von wenigen hundert Nanometern nötig wäre. Das würde den Teilchenfluss bis zur Nutzlosigkeit reduzieren.

Es gibt mindestens zwei Wege aus dem Dilemma: entweder man vergrößert die de Broglie Wellenlänge oder man verwendet ein neues Interferenzkonzept. Eine Streckung der Wellenlänge wäre durch eine starke Bremsung und Kühlung der Moleküle realisierbar. Rund ein Dutzend Gruppen weltweit arbeitet derzeit an solchen Ideen. Alternativ und rascher kann man aber einen Trick aus der Lichtoptik umsetzen: Dazu muss man die Fernfeldbeugung am einzelnen Gitter durch die Nahfeldinterferometrie mit drei Gittern ersetzen. Das ‚Fernfeld‘ ist dadurch definiert, dass man in guter Näherung die Wellenfronten durch ebene Wellen annähern kann. Die Nahfeldoptik beschreibt dagegen die Ausbreitung von Wellen in der unmittelbaren Umgebung der beugenden Strukturen in einem Bereich, wo die Krümmung der Wellenfronten noch wichtig ist.

Die damit verbundenen Phänomene werden an Schulen kaum gelehrt, da die volle mathematische Beschreibung deutlich komplexer ist als die der Fernfeldbeugung. Die Nahfeldphysik hat aber interessante Vorteile für die Materiewelleninterferometrie. Sie erlaubt es, Interferenzexperimente mit Teilchen anzugehen, deren Größe und Masse diejenige der Fullerene  $C_{60}$  und  $C_{70}$  um mehrere Größenordnungen übersteigt. Vor allem die Talbot-Lau-Interferometrie ist dafür sehr geeignet und soll hier beschrieben werden.

Die Idee des Talbot-Lau-Interferometers ist in Abb. 2 skizziert [2]. Wir suchen dabei einen Kompromiss, der uns erlaubt, die für die Interferometrie benötigte räumliche Kohärenz zu erzeugen und zugleich eine große Anzahl von Molekülen zum Detektor zu bringen.

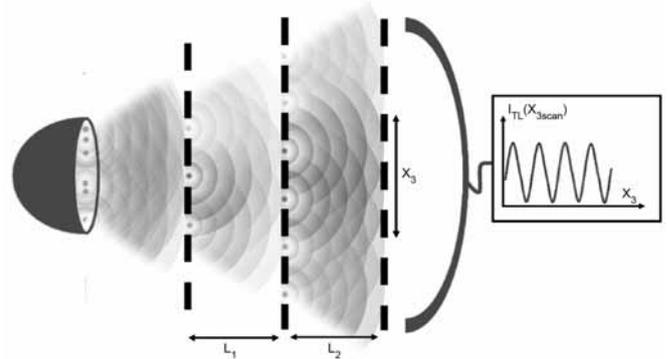


Abb 2: Das Prinzip des Talbot-Lau Interferometers [2] erlaubt es, auch mit inkohärenten Quellen zu arbeiten und dennoch die Wellennatur der fliegenden Objekte zu demonstrieren. Das erste Gitter präpariert die räumliche Kohärenz, das zweite Gitter ist das beugende Element, das dritte dient als Detektionsmaske. Die Schattierungen symbolisieren hier Wellenzüge unterschiedlicher Phase, wohl aber gleicher Wellenlänge.

Die Lösung ist: massiver Parallelismus! Statt eines einzelnen Kollimationsspalts wird nun ein ganzes Gitter eingesetzt, das einige Tausend Spalte eng benachbart positioniert. Im hier beschriebenen Experiment tragen rund 4000 Spalte mit einem mittleren Abstand von 266 nm zum Endsignal bei. Jeder Spalt ist so klein, dass man ihn – cum grano salis – als den Ausgangspunkt eines kleinen Ensembles Huygens'scher Elementarwellen betrachten kann. Diese Wellen weiten sich auf dem Flug so weit auf, dass ihre Fronten mühelos einige benachbarte Spalte des zweiten Gitters beleuchten können. Die für die Quanteninterferenz notwendige Ununterscheidbarkeit von mindestens zwei verschiedenen Pfaden ist dann am Ort des zweiten Gitters gegeben und das Zusammenlaufen der Teilwellen hinter dieser Struktur führt zur Interferenz. Dabei entsteht ein molekulares Dichtemuster, also eine räumlich periodische Verteilung der Wahrscheinlichkeit, ein Molekül anzutreffen. Der Aufbau ist wiederum so gewählt, dass die Periode dieses Musters exakt dem Abstand der Spalte in den vorhergehenden Gittern entspricht. Wenn dann ein drittes Gitter als Maske am Ort des Interferogramms positioniert ist und seitlich über den Molekülstrahl rastert, dann ergibt die Zählrate im großflächigen Detektor hinter der Maske als Funktion der Maskenposition ein Abbild des Interferenzmusters.

Es gibt drei immense Vorteile dieses 3-Gitteraufbaus gegenüber dem Doppelspaltexperiment: Zum einen wird das Signal im Detektor um mehr als einen Faktor 1000 erhöht. Das liegt am massiven Parallelismus. Zum anderen kann man das 3-Gitterinterferometer wegen der Nahfeldbedingungen deutlich kompakter bauen als die im Fernfeld operierende Doppelspaltanordnung. Das im Nahfeldinterferometer entstehende molekulare Dichtemuster kann man in einem zweiten Schritt auch nutzen – sowohl für Präzisionsmessungen molekularer Eigenschaften (Metrologie) als auch in neuartigen Verfahren zur Oberflächendeposition von molekularen Nanostrukturen (Lithographie).

Bei der Interpretation der Talbot-Lau Interferenzen sind jedoch auch einige Subtilitäten zu berücksichtigen. Eine aufmerksame Kollegin könnte zum Beispiel darauf verweisen, dass die Interferenzstreifen sehr große Ähnlichkeiten mit dem klassischen Schattenwurf hinter den ersten beiden Gittern haben, dass wir also vielleicht nur Moiré-Muster beobachten. Man kann einen solchen Einwurf jedoch leicht aus der Welt schaffen, indem man nachweist, dass der Interferenzkontrast mit der de Broglie Wellenlänge der Moleküle variiert. Dabei findet man eine gute Übereinstimmung mit den Erwartungen der Quantenphysik, die sich von denen der klassischen Physik von Teilchenstrahlen signifikant unterscheiden.

Ein ebenso aufmerksamer zweiter Kollege könnte aber auch anmerken, dass der Durchflug großer polarisierbarer Moleküle durch jedwede materielle Gitterstruktur immer mit einer Wechselwirkung verbunden sein muss, die auch klassische Teilchenstrahlen auf ungewöhnliche Weise ablenkt. Und in der Tat erzeugen quantenmechanische Fluktuationen der Ladungsverteilung in den Molekülen fluktuierende elektrische Dipolmomente. Diese induzieren beim Durchflug durch die nur wenige hundert Nanometer dicken Beugungsgitter Spiegeldipole. Das Wechselspiel zwischen dem molekularen und dem induzierten Dipol führt zu einem insgesamt attraktiven Potential, dem van der Waals Potential, das mit der dritten Potenz des Molekül-Wandabstandes abfällt:  $V_{vdW} = -C_3/r^3$ . Diese Wechselwirkung im Flug – während einer enorm kurzen Gitterdurchflugszeit von kaum mehr als 100 ns – ist so stark, dass es zunächst so schien, als müsse das Talbot-Lau Konzept für große und polarisierbare Moleküle scheitern.

Man kann jedoch einen einfachen Ausweg finden: Wenn man die Wechselwirkung mit den Wänden vermeiden will, warum dann nicht einfach die Wände weglassen? Aber wer übernimmt dann die Beugung? Wir wissen aus der Lichtoptik, dass man auch an Seifenlamellen schöne Interferenzen beobachten kann, obwohl diese das Licht nicht absorbieren. Stattdessen wirken Variationen in der Dicke der Seifenhaut als ortsabhängige Phasenschieber und erzeugen die bunten Streifen, die uns schon als Kinder erfreut haben.

Analog kann man nun auch mit Licht ein Phasengitter für Materiewellen aufbauen. Die Kopplung des Lichts an die Materie erfolgt über die Polarisierbarkeit der Moleküle: Das elektrische Feld  $E$  der Laserstrahlung induziert ein rasch oszillierendes elektrisches Dipolmoment  $d$  im Molekül, das wiederum im elektrischen Feld  $E$  des Lasers eine Energieverschiebung erfährt. Insgesamt erfährt das Molekül während der Durchflugszeit  $\tau$  durch den Lichtstrahl eine ortsabhängige Phasenverschiebung  $\Delta\phi$ , die sowohl der Polarisierbarkeit als auch der Intensität des Laserlichtes  $I \propto E^2$  proportional ist:

$$\Delta\phi = \frac{1}{2} \alpha E^2 \sin(4\pi \cdot \chi / \lambda) \tau / \hbar$$

Hier haben wir schon berücksichtigt, dass wir ein Gitter dadurch realisieren, dass wir den Laser der Wellenlänge  $\lambda$  auf einem Spiegel retroreflektieren, um eine Stehwelle der Periode  $\lambda/2$  zu erzeugen (Abb. 3).

Eine dritte Kollegin könnte sich nun freuen und vorschlagen, alle drei Gitter des Talbot-Lau Interferometers durch Laserstehwellen zu ersetzen. Das ist in unseren Experimenten bislang nicht realisiert und scheint auch nur in ausgewählten Fällen wünschenswert: Die Hauptaufgabe des ersten und dritten Gitters ist es ja gerade, Moleküle nach ihrem Ort zu selektieren. Das geht am leichtesten, wenn diese Masken tatsächlich absorptive Strukturen aus undurchlässigem Material sind. Auf der anderen Seite sind weder am ersten noch am dritten Gitter Dephasierungen durch van der Waals Potentiale störend: Am ersten Gitter treffen die Moleküle noch inkohärent ein und das dritte Gitter dient nur noch als Maske zum Abrastern der Interferenz. Es genügt also, das zweite Gitter durch eine Laserstehwelle zu realisieren. Und so haben wir es auch im Labor umgesetzt.

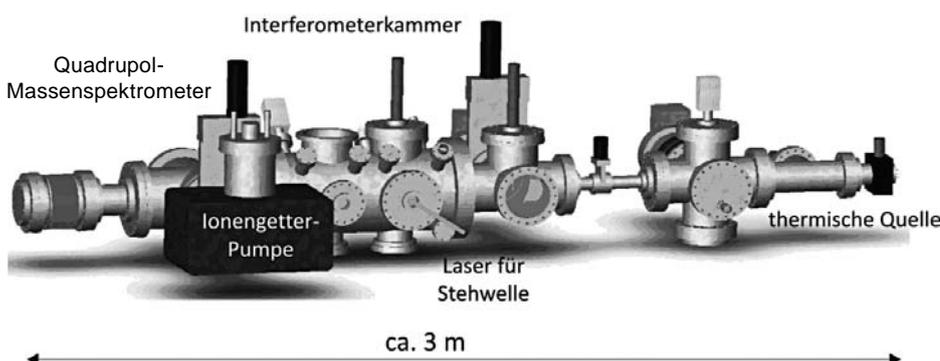


Abb. 3: Molekülinterferometer – Gesamtansicht Die Vakuumapparatur ermöglicht die ungestörte Ausbreitung der Moleküle und den Erhalt ihrer quantenmechanischen Wellennatur. In der thermischen Quelle (rechts) werden die großen Moleküle durch Erhitzen in die Gasphase gebracht. Sie fliegen bis zum Interferometer, wo sie auf drei Gitter treffen. Nach der Passage durch das Interferometer gelangen die Moleküle in einen Detektor, der sie ionisiert und selektiv nachweist. Für Fullerene reicht die Laser-Ionisation zum eindeutigen Nachweis. Für komplexe Moleküle ist ein Quadrupol-Massenspektrometer am Ende der Vakuumkammer montiert.

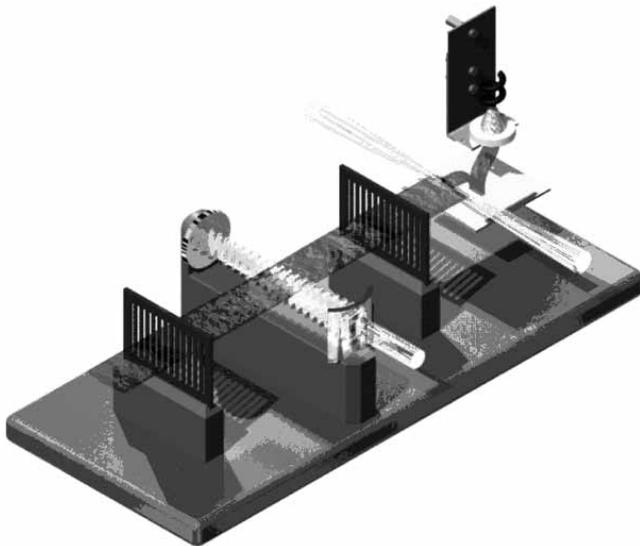
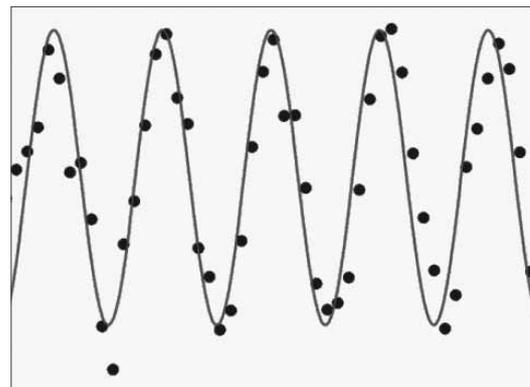
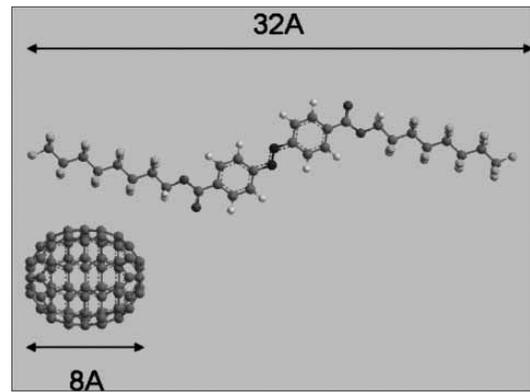


Abb. 4: oben: Aufbau des Kapitza-Dirac-Talbot-Lau Interferometers. Das erste Gitter präpariert die transversale Kohärenz für die Beugung an der Laserstehwelle. Das dritte Gitter wirkt als Maske zum Nachweis der molekularen Interferenz. Bei Experimenten mit Fullerenen (unten links) kreuzt ein Laserstrahl den Molekülstrahl, der die Teilchen ionisiert und so deren Detektion erlaubt. Für komplexere und labilere Moleküle wie die perfluoralkyl-funktionalisierten Diazobenzole (Molekülkette unten links) dienen Elektronenstöße zur Ionisation und ein Quadrupolmassenfilter zur Identifikation der gezählten Teilchen. Unten rechts: Interferogramm der Azobenzolmoleküle. Die Interferogramme erfüllen die Erwartungen der Quantenmechanik.



Die dadurch entstehende Anordnung ist in Abb. 3 von außen und in Abb. 4 von innen dargestellt. Wir nennen sie das Kapitza-Dirac-Talbot-Lau Interferometer (KDTLI). Wir haben diesen Namen gewählt, weil das Experiment verschiedene Ideen aus zwei Jahrhunderten kombiniert: die interferometrische Selbstabbildung von Licht (Talbot, 1836), die Selbstabbildung bei inkohärenter Beleuchtung (Lau, 1948), die Beugung von Materie durch Licht (Kapitza & Dirac, 1933) und unsere eigenen Ideen, Experimente und Erfahrungen zur kohärenten Manipulation großer Moleküle (Arndt, Zeilinger et al. 1999, 2003).

Ein Experiment mit Wellenlängen um rund  $2 \times 10^{-12}$  m und beugenden Nanostrukturen mit Perioden von 266 nm stellt erhebliche Anforderungen an die Präzision bei der Fabrikation der Gitter, aber auch an die Justage des Interferometers. So mussten die Perioden aller drei Gitter im Mittel auf besser als den Durchmesser eines einzelnen Wasserstoffatoms übereinstimmen - das ist technologisch am Limit dessen, was prinzipiell erreichbar ist. Die Expertise von Tim Savas am MIT in Cambridge/USA hat uns dabei sehr geholfen. Das Experiment muss im Ultrahochvakuum durchgeführt werden, damit jedweder Stoß der beugenden Moleküle mit Teilchen aus dem Restgas vermieden wird. Die Vibrationen der Laborumgebung müssen stark gedämpft werden. Dazu ist das Experiment auf einem optischen Tisch mit einem Gewicht von mehr als einer Tonne montiert, der wiederum auf Luftpolsterfüßen frei schwebt. Die Amplitude von Vibrationen und Drifts der Gitter darf nicht mehr als etwa 10 nm betragen, da die Interferenzen sonst an Kontrast verlieren.

Das Experiment wurde zunächst mit den Fullerenmolekülen  $C_{70}$  getestet, von denen uns schon aus unseren früheren Studien bekannt war, dass sie interferieren. Die neuen Versuche waren schließlich auch sehr erfolgreich – wie immer nach langer Arbeit und einigen notwendigen Korrekturen in den Details der Anordnung. Die Dimensionen des neu aufgebauten Interferometers sind nun angepasst für Moleküle mit einer Masse von 10.000 amu bei einer Geschwindigkeit von 50 m/s oder gar Nanopartikel mit 1.000.000 amu bei nur 0,5 m/s. Das entspricht in etwa der Masse eines 5 nm Gold-Nanopartikels oder eines 30 nm großen Rhinovirus.

Eine der größten Herausforderungen im Bereich der Materiewelleninterferometrie ist also gelöst: das Konzept für ein weit skalierbares Makromolekülinterferometer ist erfolgreich umgesetzt. Es gibt aber noch eine zweite ähnlich große Herausforderung: die Erzeugung von kalten, intensiven neutralen Makromolekular- und Clusterstrahlen, mit einer guten Massenselektion, identischer Struktur und Stabilität, geringer thermischer Anregung und einigen anderen Kriterien mehr.

Ein Ansatz scheint derzeit vielversprechend, um zumindest die nächste Größenordnung in der Masse zu überbrücken. Unsere Partner von der Chemie an der Universität Basel (Prof. Mayor und Mitarbeiter) konnten bereits speziell für unsere Bedürfnisse neuartige Moleküle synthetisieren. Thermische Molekularstrahlen werden unter anderem dann intensiv, wenn die Moleküle eine geringe Polarisierbarkeit aufweisen und daher nur wenig aneinander haften. Die Polarisierbarkeit kann man signifikant reduzieren, in dem man in

Kohlenwasserstoffketten alle Wasserstoffatome durch Fluor substituiert. Derart perfluoroalkyl-funktionalisierte Diazobenzole wurden in Basel schließlich auch hergestellt. Sie sind etwa 50% massiver und in der thermisch bevorzugten trans-Form rund viermal ausgedehnter als die Fullerene (s. Abb. 4 unten); sie gleichen eher einem Quantenspeer als einem Quantenfußball. Tatsächlich sind sie bei einer Quelltemperatur von rund 600 K thermisch aber hoch angeregt und somit auch im Flug durch das Interferometer einer raschen Formänderung ausgesetzt. Einige unserer Kollegen prognostizierten daher, dass es unmöglich würde, mit solchen Objekten noch Quanteninterferenzen zu sehen. Und dennoch, Abbildung 4 (unten rechts) zeigt ein typisches Interferenzmuster, das mit diesen Quantenspeeren im Wiener KDTLI beobachtet wurde. Es stimmt sehr gut mit den Gesetzen der Quantenphysik und der Materiewelleninterferometrie überein.

Von hier aus gibt es viele interessante Wege, weiter zu forschen: Vor allem die Entwicklung geeigneter Quellen für supermassive Cluster und Moleküle wird noch viel Zeit, Geduld und Geld erfordern. Interessante Ideen dazu entstehen bereits in Zusammenarbeit mit Experten der Clusterphysik. Aber auch mit Molekülen in Massenbereich bis 5000 amu gibt es noch viele interessante Fragen zu verfolgen: Kann man die Interferometrie verwenden, um etwas über die Struktur der Moleküle im Flug zu lernen – ohne die Moleküle dabei zu beschädigen? Einige wichtige Hinweise können wir schon heute aus der Ablenkung von Interferenzstreifen im elektrischen Kraftfeld gewinnen. Kann man Konformationisomere oder Enantiomere, also Moleküle mit gleicher chemischer Summenformel und Masse aber unterschiedlicher räumlicher Anordnung im Interferometer voneinander trennen? Die Chancen dafür stehen recht gut, angesichts der sehr unterschiedlichen Kopplung an die Beugungsgitter und der räumlichen Separation von molekularen Teilstrahlen auf der Skala von wenigen hundert Nanometern. Und ob es eine technische oder vielleicht gar eine fundamentale Grenze für die Quantenphysik gibt, wird sicher noch eine Frage für viele Forscherjahre bleiben.

## Referenzen

- [1] Erste Beugung von großen Molekülen:  
Markus Arndt, Olaf Nairz, Julian Voss-Andreae, Claudia Keller, Gerbrand van der Zouw & Anton Zeilinger, Wave-particle duality of C<sub>60</sub> molecules, *Nature* 401, 680-682 (1999). Und mit besserer Auflösung:  
Olaf Nairz, Markus Arndt, Anton Zeilinger, Quantum Interference Experiments with Large Molecules, *Am. J. Phys.* 71, 319 (2003). Markus Arndt und Olaf Nairz, Grenzgänger: Welle-Teilchen Dualismus von C<sub>60</sub>, *Plus Lucis* 3, 5-7 (1999)
- [2] Erstes Interferometer für große Moleküle:  
Björn Brezger, Lucia Hackermüller, Stefan Uttenthaler, Julia Petschinka, Markus Arndt & Anton Zeilinger, Matter-wave interferometer for large molecules, *Phys. Rev. Lett.* 88, 100404 (2002).
- [3] Erstes voll skalierbares Interferometer für große Moleküle  
Stefan Gerlich, Lucia Hackermüller, Klaus Hornberger, Alexander Stibor, Hendrik Ulbricht, Fabienne Goldfarb, Tim Savas, Marcel Müri, Marcel Mayor & Markus Arndt, A Kapitza-Dirac-Talbot-Lau interferometer for highly polarizable molecules, *Nature Physics* 3, 711-715 (2007).
- [4] Einführende Artikel in die Molekülinterferometrie:  
Markus Arndt, Lucia Hackermüller und Klaus Hornberger, Wann wird ein Quantenobjekt klassisch? *Physik in unserer Zeit* 1, 20-25 (2006).  
Markus Arndt, Klaus Hornberger & Anton Zeilinger, Probing the limits of the quantum world, *Physics World* 18, 35-40 (2005).

## Danksagung

Die Experimente am Kapitza-Dirac-Talbot Lau Interferometer wurden gemeinsam mit vielen begabten Kolleginnen und Kollegen durchgeführt, darunter in alphabetischer Reihenfolge Fabienne Goldfarb (LAC, Orsay), Lucia Hackermüller (Uni Wien), Marcel Mayor (Uni Basel), Marcel Müri (Uni Basel), Tim Savas (MIT Cambridge), Hendrik Ulbricht (Uni Wien). Die Experimente wurden finanziert durch das FWF Projekt START Y177-N2 und durch Investitionsmittel der Universität Wien.

## Hinweis

Das Projekt wurde vom Regisseur Wolfgang Haberl filmisch über 2 Jahre dokumentiert. Die Dokumentation wurde unter anderem durch einen FWF Wissenschaftskommunikationspreis (2006) finanziert. Anfragen zum Film an: haberl@polycollege.at

# Strukturfarben in der Biologie

## Inspirationsquelle für neue technische Entwicklungen

Ille C. Gebeshuber

### Die Physik der Farben

Farben können entweder Pigmentfarben sein (chemische Ursachen), oder durch Strukturen, deren Größe im Bereich der Lichtwellenlängen ist, entstehen (physikalische Ursachen). Diese Strukturen interagieren mit dem Licht, und die Farben entstehen aufgrund verschiedener physikalischer Phänomene, z.B. durch Interferenz oder Diffraction. Schon Isaak Newton hat 1704 in seinem Werk *Optiks* irisierende Farben, also Farben, bei denen sich die beobachtete Farbe mit dem Betrachtungswinkel ändert, mit optischer Interferenz in Verbindung gebracht:

*'The finely colour'd feathers of some birds, and particularly those of the peacocks' tail, do in the very same part of the feather appear of several colours in several positions of the eye, after the very same manner that thin plates were found to do.'*  
(Isaac Newton, 1704, *Optiks*)

1920 betrachtete der Chemieingenieur Clyde W. Mason Vogelfedern mit dem optischen Mikroskop und berichtete von strukturellen Elementen, die für die Färbung verantwortlich sind. Heutzutage wissen wir von einer Vielzahl von farbverursachenden nano- und mikroskaligen Strukturen in Pflanzen und Tieren.

Die Wellenlänge des Primärpeaks des reflektierten Lichts ergibt sich zum Beispiel bei einem Mehrschichtsystem aus zwei verschiedenen Materialien zu  $\lambda = 2(n_1 d_1 + n_2 d_2)$ , wobei  $n_1$  und  $n_2$  die Brechungsindizes und  $d_1$  und  $d_2$  die Schichtdicken bezeichnen (siehe Abb. 1). Je mehr Lagen das Mehrschichtsystem aufweist, desto größer ist der Reflexionskoeffizient. Ein Beispiel aus der Natur, in dem dieses Prinzip Verwendung findet, ist der Herkuleskäfer. Dieser Käfer ist nicht nur für seine enorme Stärke bekannt (er kann das 850-fache seines eigenen Gewichts tragen!), sondern auch für die Tatsache, dass seine Farbe gemäß der Umgebungsluftfeuchtigkeit reversibel zwischen grün und schwarz wechselt (der Käfer lebt im Regenwald, und ist bei gutem Wetter mit grüner Farbe gut geschützt, bei Regen, wenn die Luftfeuchtigkeit höher ist, ist er schwarz, und somit wieder gut geschützt). Im März 2008 erschien im *New Journal of Physics* ein Artikel, der diesen Farbwechsel erklärt: Mit Rasterelektronenmikroskopen und Spektrometern wurde

gezeigt, dass bei höherer Luftfeuchtigkeit die Oberflächenschichten aufquellen, und derart die Interferenzphänomene nicht mehr auftreten (zu großer Schichtabstand) – der Käfer wird schwarz [1].

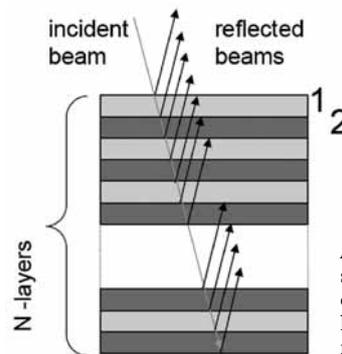
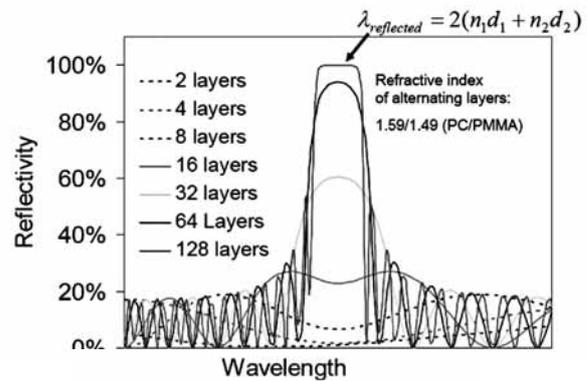


Abb. 1: Interferenz bei einem Mehrschichtsystem. Der Reflexionskoeffizient für den bestimmten Wellenlängenbereich steigt mit zunehmender Schichtanzahl.

Neben Interferenzerscheinungen ist auch Streuung eine wichtige physikalische Ursache für das Entstehen von Farben (Abb. 2a, 2b). Kohärente Streuung an geordneten Strukturen erzeugt Farben, inkohärente Streuung kann, muss aber nicht, weiß verursachen (siehe Kapitel „Käfer weißer als weiß“ und „Kohlweißling“).

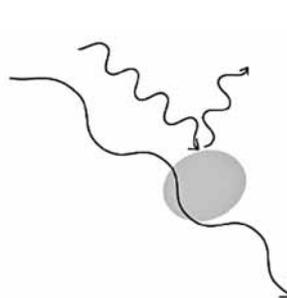


Abb. 2a: Inkohärente

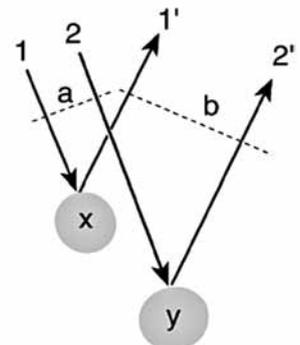


Abb. 2b: Kohärente Streuung

Univ.-Ass. Dipl.-Ing. Dr. techn. Ille C. Gebeshuber, Institut für Allgemeine Physik, Technische Universität Wien und Österreichisches Kompetenzzentrum für Tribologie – AC<sup>2</sup>T research GbmH, Wiener Neustadt, eMail: gebeshuber@iap.tuwien.ac.at

In der unbelebten Natur findet man z.B. Farberzeugung durch kohärente Strukturen beim Edelopal, der aus einer regelmäßigen Anordnung von amorphen Siliziumdioxidkugeln aufgebaut ist (Abb. 3).



Abb. 3 links: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Opals. Länge des Skalierungsbalkens:  $2\mu\text{m}$ , also ca. ein fünfzigstel des Durchmessers eines menschlichen Haares.

[http://minerals.caltech.edu/mineral\\_pictures/opal\\_gem.gif](http://minerals.caltech.edu/mineral_pictures/opal_gem.gif)

Abb. 3 rechts: Edelopal

[http://www.carat-online.at/edelsteine/opale/images/opal\\_3.jpg](http://www.carat-online.at/edelsteine/opale/images/opal_3.jpg)

## Beispiele aus der Natur

### Käfer – weißer als weiß

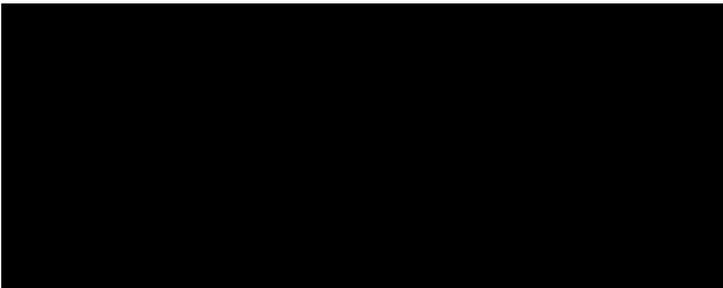


Abb. 4 links: Der tropische Käfer *Cyphochilus* aus Südostasien  
<http://ima.dada.net/image/medium/1480533.jpg>

Abb. 4 rechts: Zufällig angeordnete Proteinfasern mit 250 nm Durchmesser  
<http://physicsworld.com/cws/article/news/26846>

Der südostasiatische Käfer *Cyphochilus* hat Schuppen mit einer Dicke von etwa fünf Mikrometern. Diese Schuppen beinhalten ein poröses Netzwerk von zufällig angeordneten Proteinfasern mit einem Durchmesser von jeweils ca. 250 nm, die alle Lichtwellenlängen stark streuen – damit ist die physikalische Grundvoraussetzung für die intensiv weiße Farbe des Käfers gegeben [2]. Die Schuppen dieses Käfers, die sein strahlendes Weiß verursachen, sind ca. zwei Größenordnungen dünner als vom Menschen erzeugte Materialien mit vergleichbarer Weißheit. Mögliche technische Anwendungen einer derartigen Struktur bestehen bei ultradünnen Reflektoren, neuen Lichtquellen, lichtemittierenden Dioden, Schreibpapier, Zahnersatz und weißer Anstrichfarbe.

### Kohlweißling

In der Natur haben sich im Laufe der Evolution verschiedenste Strukturen herausgebildet, die weiß verursachen. Die weiße Farbe im Kohlweißlingflügel kommt durch kleine Strukturen zustande, die mit verlängerten Perlen besetzt

sind (Abb. 5 rechts, Abb. 6). An diesen verlängerten Perlen wird das einfallende Licht in alle möglichen Richtungen gestreut, und erscheint somit weiß. Der untere Teil von Abb. 6 zeigt, wie im kleinen Fleck am Kohlweißlingflügel das Schwarz entsteht: die grundlegende Struktur ist dieselbe, allerdings fehlen die verlängerten Perlen und somit wird das Licht nicht reflektiert und gestreut, sondern absorbiert – der kleine Fleck erscheint schwarz.

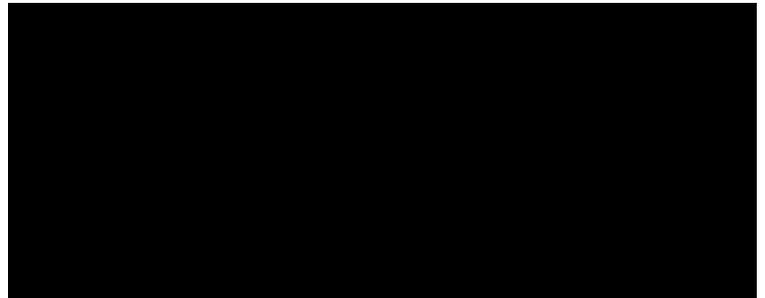
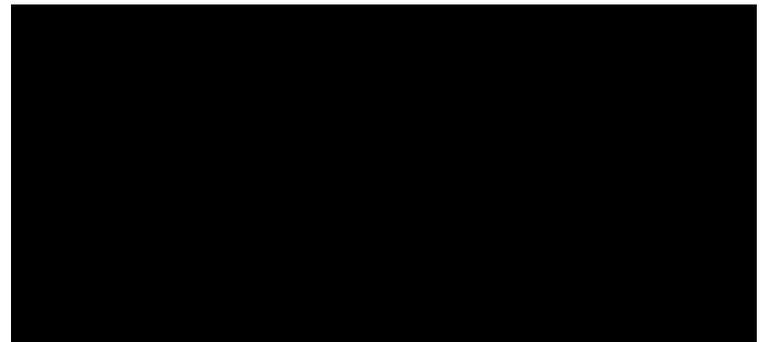


Abb. 5 links: Ein Kohlweißling

Abb. 5 rechts: Mikrostrukturen vom Kohlweißlingflügel. Auf parallel angeordneten Stegen mit feinen Querverbindungen sind unzählige kleine, verlängerte Perlen fixiert, die das Licht in alle Richtungen streuen und den Flügel weiß erscheinen lassen (s. auch Abb. 6).

Der Skalierungsbalken rechts unten hat eine Länge von fünf Mikrometern. 20 dieser Balken nebeneinander ergeben die Breite eines Haares. 200 dieser Balken nebeneinander ergeben einen Millimeter. [3]



oben) und schwarz (links unten) verantwortlich sind. Bei den Strukturen im schwarzen Fleck der Kohlweißlingsflügel fehlen die verlängerten Perlen, daher wird das meiste Licht absorbiert. [3]

Abb. 6 rechts: Eine vergrößerte Darstellung von Abb. 5 rechts. [3]

### Pfauenfedern

In Pfauenfedern (Abb. 7) kommt das Prinzip des Fabry-Perot Interferometers zum Tragen. Licht wird an der Vorder- und Rückseite der Pfauenfederstrukturen reflektiert, wodurch – wie in einem Fabry-Perot Interferometer – Farbe in einem bestimmten Wellenlängenbereich verstärkt wird [4]. Die Strukturen sind aus Melanin aufgebaut, in Form photonischer Kristalle. Der Abstand der einzelnen Melaninzylinder bestimmt die Hauptfarbe in der jeweiligen Region der Pfauenfeder: im blauen Bereich beträgt der Abstand 140 nm, im grünen 150 nm (Abb. 7) und im gelben Bereich 165 nm. Die Melaninstrukturen sind in größere stachelartige Strukturen eingebettet. Diese Stacheln sind aus Keratin aufgebaut, dem Hauptbestandteil von Haut, Haaren, Fingernägeln, Hufen und Hörnern, allerdings beinhalten die Keratinstacheln bei der Pfauenfeder Melaninzylinder, in der grünen Region jeweils ca. zehn Reihen, in der gelben Region jeweils ca. sechs Reihen.



Abb. 7 links: Melaninzylinder mit 150 nm Abstand aus dem grünen Bereich einer Pfauenfeder.

Abb. 7 rechts: Pfauenfeder. [4]

## Schlangensterne

Wie viele andere Organismen kontrolliert der Schlangensterne das Wachstum von Biomaterialien. Die Oberfläche des Schlangensterne *Ophiocoma wendtii* besteht aus kristallinem Kalziumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), das die gesamte Oberfläche dieses Organismus zu einem perfekten Mikrolinsenfeld macht (Abb. 8). Die optischen Eigenschaften dieser Mikrolinsenfelder hätten sogar bei Carl Zeiss Eifersucht hervorgerufen. Der Durchmesser jeder einzelnen dieser Kalziumkarbonatmikrolinsen beträgt 20 bis  $40\ \mu\text{m}$ . Jede einzelne Linse ist in eine etwas andere Richtung orientiert, dadurch erhält der Stern ein Bild der gesamten Umgebung. In Bezug auf Komplexität kann es dieses optische System mit dem Komplexauge einer Fliege aufnehmen. Kalziumkarbonat ist ein optisch doppelt brechendes Material (Doppelspat). Die einzige Kristallachse, in der keine Doppelbrechung auftritt, ist die *c*-Achse. Die Mikrolinsen des Schlangensterne wachsen genau entlang der *c*-Achse! [5] Weiters sind die Schlangensterne mikrolinsen für die sphärische Aberration korrigiert: die Form der Linsen ist nicht genau sphärisch (Abb. 8). Die Schlangensterne produzieren darüber hinaus Pigmente, die als „Sonnenbrille“ wirken. Während des Tages beschatten die Pigmente die Lichtrezeptoren, während der Nacht werden sie entfernt. Weiters sind die Mikrolinsen des Schlangensterne auch für die chromatische Aberration korrigiert: die Kalzitkristalle sind mit Magnesiumatomen dotiert.

## Schmetterlingsflügel

Bei der Erzeugung der Strukturfarben von Schmetterlings- und Mottenflügeln (Abb. 9) tritt eine Vielzahl von physikalischen Mechanismen auf: Mehrlageninterferenz, Beugung, Bragg-Streuung, Tyndall-Streuung und Rayleigh-Streuung [7].



Abb. 9 links: Strukturfarben bei Schmetterlingen und Motten.

Abb. 9 rechts: Mikro- und Nanostrukturen, die für die Farben verantwortlich sind. Länge der Skalierungsbalken: 500 nm (A,D,I,F,G), 200 nm (B,C,E,J,L), 2 mm (H), and 1 mm (K). [8]

## Technische Anwendungen: Biomimetische optische Materialien

Die farberzeugenden Strukturen biologischer Materialien und Organismen dienen in vielen Fällen als Inspirationsquelle bei Design und Entwicklung neuer optischer Materialien. So gibt es derzeit von Mottenaugen inspirierte technologisch erzeugte Antireflexionsoberflächen (Abb. 10) und irisierende Farben, inspiriert von Schmetterlingen (Abb. 11) oder von den chiralen dünnen Filmen des Rosenkäfers (Abb. 12).

Die Firma Reflexite aus den USA entwickelte 2006 eine genoppte Oberfläche, die in der dritten Entwicklungsgeneration im Wellenlängenbereich von 400 bis 700 Nanometer einen Reflexionskoeffizienten von unter einem Prozent erreicht [9]. Die Inspiration dazu war eine Arbeit von Vukusic und Sambles, die 2003 in *Nature* erschienen war [10].

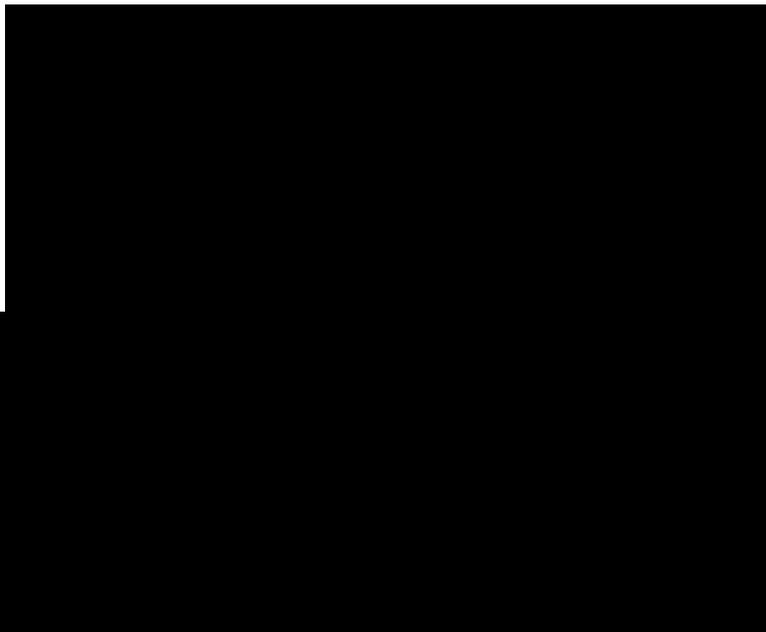
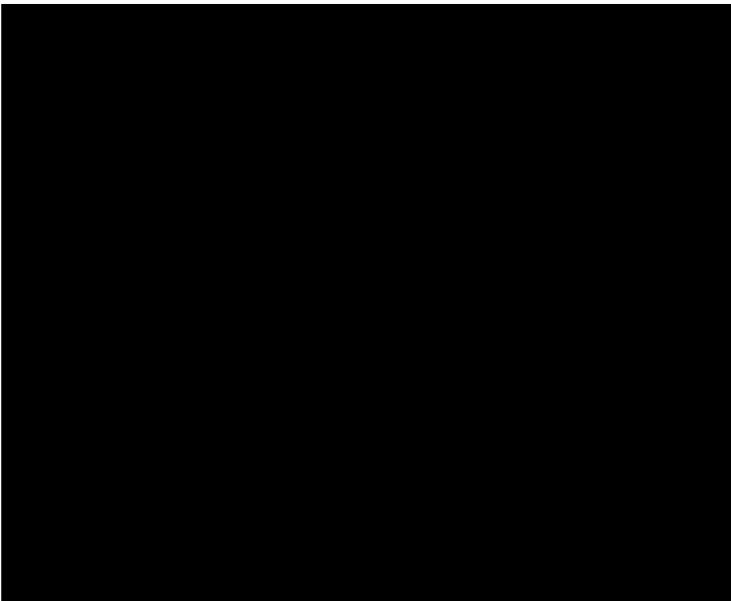


Abb. 11 links: Farbgebende Strukturen im Morpho-Schmetterling. Länge des Skalierungsbalkens 100 nm [11].

Abb. 11 rechts: Technisch hergestellte Struktur mit vergleichbaren optischen Eigenschaften [12].

Eine japanische Gruppe hat die irisierenden Farben eines blauen Schmetterlings nachgeahmt, indem sie die Strukturen durch FIB-CVD (i.e. focused ion beam – chemical vapor deposition) Methoden nachgebildet hatten. Allerdings kann der Schmetterling mehrere Quadratzentimeter dieser Struktur herstellen, die technische Anwendung bringt es derzeit nur auf einige wenige Quadratmikrometer. Bei beiden Strukturen tritt das Maximum der reflektierten Wellenlänge bei 440 nm unter einem Beobachtungswinkel von 30° auf.

Der neuseeländische Manukakäfer *Pyronota festiva* hat auf seiner Oberfläche dünne chirale Flüssigkristallfilme, die für seine rot-grün irisierende Farbe verantwortlich sind. Biometrische Replikas wurden aus Titandioxid hergestellt, in einer Größe von ca. 2 cm<sup>2</sup>. Die Farbe dieser Replikas hängt von der Filmdicke ab, und variiert mit dem Betrachtungswinkel. Weiters stimmen die zirkularen Polarisierungseigenschaften von Käfer und Replikat überein [13].



## Schlussfolgerungen und Ausblick

Die belebte Natur bietet eine Unmenge an Beispielen von Strukturen, die Farben erzeugen. Wir haben gerade erst begonnen, auf derartige Art und Weise technologisch Farben zu erzeugen. Heutzutage verfügbare Prozesse, Strukturierungsmethoden und Technologien, wie zum Beispiel die der Selbstorganisation, Rastersondenmikroskopie, hochauflösende Rasterelektronenmikroskopie und FIB Methoden ermöglichen uns immer besser, Strukturfarben herzustellen.

Die Natur zeigt uns vorbildlich, wie Struktur mit Funktion verknüpft werden kann, wie man integriert anstelle von additiver Konstruktion, wie man optimiert, anstelle einzelne Komponenten zu maximieren, wie Multifunktionalität anstelle von Monofunktionalität Anwendung finden kann, kombiniert mit Energieeffizienz und einer Entwicklung durch Trial-and-Error-Verfahren [14]. Biomimetik hat eine große Zukunft, und bioinspirierte Farben sind ein kleiner, aber wichtiger Teil dieses neuen Zugangs.

## Danksagung

Ein Teil dieser Arbeit wurde vom Österreichischen Kompetenzzentrum für Tribologie AC<sup>2</sup>T in Wiener Neustadt finanziert.

## Referenzen

- [1] Rassart M., Colomer J.-F., Tabarrant T. und Vigneron J. P. (2008): Diffractive hygrochromic effect in the cuticle of the hercules beetle *Dynastes hercules*. *New J. Phys.* 10, 033014
- [2] Vukusic P., Hallam B. und Noyes J. (2007): Brilliant whiteness in ultrathin beetle scales. *Science* 315 (5810), 348.
- [3] Stavenga D.G., Stowe S., Siebke K., Zeil J. und Arikawa K. (2004): Butterfly wing colours: scale beads make white pierid wings brighter. *Proc. Roy. Soc. Lond. B* 271 (1548), 1577–1584.
- [4] Zi J., Yu X., Li Y., Hu X., Xu C., Wang X., Liu X. und Fu R. (2003): Coloration strategies in peacock feathers. *PNAS* 100 (22), 12576–12578.
- [5] Aizenberg J., Tkachenko A., Weiner S., Addadi L. und Hendler G. (2001): Calcitic microlenses as part of the photoreceptor system in brittlestars. *Nature* 412, 819–822.
- [6] Vukusic P. und Sambles J. R. (2003): Photonic structures in biology. *Nature* 424, 852–855
- [7] Prum R.O., Torres R., Kovach C., Williamson S. and Goodman S. M. (1999): Coherent light scattering by nanostructured collagen arrays in the caruncles of the malagasy asities (Eurylaimidae: aves). *J. Exp. Biol.* 202 (24), 3507–3522.
- [8] Prum R. O., Quinn T. und Torres R. H. (2006): Anatomically diverse butterfly scales all produce structural colours by coherent scattering. *J. Exp. Biol.* 209, 748–765
- [9] Boden S. A. und Bagnall D. M. (2006): Biomimetic sub-wavelength surfaces for near-zero reflection sunrise to sunset. *Proc. 4th IEEE World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*, Hawaii, 1358–1361.
- [10] Vukusic P. und Sambles J.R. (2003): Photonic structures in biology. *Nature* 424, 852–855.
- [11] Parker A. R. und Townley H. E. (2007): Biomimetics of photonic nanostructures. *Nature Nanotechn.* 2 (6), 347–353.
- [12] Watanabe K., Hoshino T., Kanda K., Haruyama Y. und Matsui S. (2005): Brilliant blue observation from a morpho-butterfly-scale quasi-structure. *Jpn. J. Appl. Phys.* 44, L48–L50.
- [13] De Silva L., Hodgkinson I., Murray P., Wu Q., Arnold M., Leader J. und Mcnaughton A. (2005): Natural and nanoengineered chiral reflectors: structural color of manuka beetles and titania coatings. *Electromagnetics* 25, 391–408.
- [14] Gebeshuber I. C. und Drack M. (2008): An attempt to reveal synergies between biology and engineering mechanics. *IMechE Part C: J. Mech. Eng. Sci.*, 222, 1281–1287

# Universe Under Construction

## Wechselwirkung zwischen Galaxien als Schlüsselmechanismus für kosmische Strukturbildung

Birgit Schörkhuber

Mit dem Start des Hubble Space Telescopes am 26. April 1990 öffnete sich für die Menschheit ein neues Fenster in die Tiefen des Weltalls. Ohne den störenden Einfluss der Atmosphäre wurden in den vergangenen Jahren über 27000 Objekte unter die Lupe genommen. Die atemberaubenden Aufnahmen, die dabei entstanden, prägten im wahrsten Sinne des Wortes unser Bild vom Universum. Zum 18. Jahrestag veröffentlichte das „Hubble Heritage Project“ nun unter dem Titel „Cosmic Collisions Galore!“ (auf Deutsch heißt das etwa „Ein bunter Strauß von kosmischen Zusammenstößen“) eine Zusammenstellung der schönsten Aufnahmen wechselwirkender Galaxien. Untersuchungen dieser spektakulären Ereignisse, die im Kosmos keine Ausnahmeerscheinungen darstellen, haben viel zur Weiterentwicklung unserer Ansichten über die Entwicklung von Galaxien beigetragen.

sind, wobei die Anzahl der Mitglieder von einigen wenigen bis hin zu tausenden reichen kann. Diese Galaxiencluster wiederum sind im Raum nicht gleichförmig verteilt, sondern durchziehen das Universum filamentartig.

Die Milchstraße etwa gehört, neben der benachbarten Andromedagalaxie und M33, zu den drei massereichsten und hellsten der ca. 40 Mitglieder der „Lokalen Gruppe“ mit einer Ausdehnung von etwa 2 Mpc<sup>1)</sup>. Diese ist wiederum Teil des viel größeren Virgo-Superclusters, der sich aus vielen ähnlichen Kleingruppen zusammensetzt und dessen gravitatives Zentrum, der Virgohaufen, in ca. 20 Mpc Entfernung liegt. In den Zentren von großen Galaxienverbänden finden sich oftmals massereiche elliptische Galaxien - gasarme Systeme, die vor allem sehr alte Sterne beheimaten. Diese beiden Eigenschaften unterscheiden sie neben der sphäroidalen Form und dem Fehlen einer inneren Struktur von Spiralgalaxien.

### Galaxien: haufenweise

Seit den Tagen Edwin Hubbles, der in den Zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts die „galaktischen Nebel“ als Sternsysteme weit außerhalb unserer Milchstrasse identifizierte, haben wir einiges über den Aufbau des uns zugänglichen Universums gelernt.

Viele Beobachtungen zeigen, dass die meisten Galaxien nicht isoliert, sondern gravitativ gebunden in Gruppen zu finden

Birgit Schörkhuber studiert nach einem Baccalaureat in Astronomie theoretische Physik und war Mitarbeiterin am Österreichischen Kompetenzzentrum für Didaktik der Physik an der Universität Wien.  
e-Mail: birgit.schoerhuber@univie.ac.at

<sup>1)</sup> Die astronomische Einheit 1 Mpc (Megaparsec) entspricht 3,26 Lichtjahren

Eine konsistente Theorie der Entwicklung von Galaxien, die sich mit allen Beobachtungen deckt, ist noch ausständig. In diesem Zusammenhang wurde in den letzten Jahrzehnten die Bedeutung der Wechselwirkung zwischen Galaxien durch zahlreiche Beobachtungen immer evidenter. Was die Bildung von großskaligen Strukturen im Universum betrifft, so vertreten viele Wissenschaftler/innen im Einklang mit dem aktuellen kosmologischen Bild<sup>2)</sup> ein hierarchisches „Bottom-up“-Modell. Das bedeutet, dass sich in der Frühzeit des Kosmos Strukturen zuerst auf kleinen Skalen bildeten, große Formationen wie Galaxien und in weiterer Folge Galaxienhaufen entstanden erst nach und nach durch gravitative Wechselwirkung. Die spektakulären „Major Mergers“, d.h. das Verschmelzen zweier Systeme mit vergleichbarer Masse, waren im frühen Universum aufgrund der geringeren räumlichen Abstände keine Seltenheit - auch das zeigen Deep Field-Aufnahmen des Hubble Teleskops. Wie solch kosmische Großereignisse im Detail vonstatten gehen, versuchen Astrophysiker/innen heute mit numerischen Simulationen herauszufinden.

Die ersten erfolgversprechenden Ergebnisse in diesem Gebiet lieferten in den 70er Jahren die Brüder Alar und Juri Toomre [1]. Ihnen gelang es, die gravitative Interaktion zweier Galaxien am Computer zu simulieren und mit einem relativ einfachen Programm eindrucksvoll die Morphologie von vier wechselwirkenden Systemen zu reproduzieren. Die Programme, die in der Astrophysik heutzutage verwendet werden, sind ungleich komplexer und sollen neben den Bahnen der Sterne vor allem auch das Verhalten der Gaskomponente und der dunklen Materie, die in äußeren Bereichen von Galaxien (dem Halo) vermutet wird, berechnen. Beim Verschmelzen zweier Galaxien kollidieren zwar keine einzelnen Sterne, die Gaswolken beider Systeme werden jedoch durchaus mit hohen Geschwindigkeiten aufeinandertreffen – Schockwellen und Stoßfronten bilden sich aus. Es entstehen lokale Verdichtungen, wodurch die Rate der Sternentstehung stark ansteigt („Starburst“).

Auch die Mechanismen zur Entstehung elliptischer Galaxien kann man mit Hilfe solcher Simulationen genauer untersuchen [3]. Berechnungen zeigen, dass beim Verschmelzen von Spiralgalaxien Sterne, die sich in den Scheiben der Muttergalaxien bewegen, durch die Wechselwirkung mit der kollidierenden Galaxie ihre früheren Bahnparameter „vergessen“. Findet das System wieder ins Gleichgewicht, so sind die Sternbahnen (ähnlich wie die Teilchen in einem Gas) nun zufällig verteilt – ein Charakteristikum elliptischer Galaxien. Der vergleichsweise geringe Gasanteil wird durch vermehrte Sternentstehung beim Verschmelzen der Galaxien (Merging) erklärt.

Je mehr Prozesse in Simulationen berücksichtigt werden sollen, desto mehr physikalische Parameter müssen vorgegeben werden. Diese Werte passt man so lange an, bis das Ergebnis der Simulation so gut wie möglich mit den Beobachtungsdaten übereinstimmt. Viele physikalische Mechanismen und komplexe Zusammenhänge sind dabei jedoch

<sup>2)</sup> beschleunigt expandierendes Universum mit positiver kosmologischer Konstante und kalter dunkler Materie (ΛCDM - Modell)

noch unklar, so dass man auf zukünftige Erkenntnisse aus Beobachtungen wie dem GOAL-Survey (siehe Kasten) hoffen muss.

## Lokalnachrichten: Galaktischer Kannibalismus

Das Verschmelzen zweier ähnlich großer Galaxien ist ein extremes Beispiel für einen Wechselwirkungsprozess. Unscheinbarer - aber im Sinne hierarchischer Strukturbildung essentiell - ist eine Art der Interaktion, die oft als „galaktischer Kannibalismus“ bezeichnet wird. Masseärmere Begleitgalaxien kommen dabei den Muttergalaxien so nahe, dass durch die gravitative Wechselwirkung Materieflüsse entstehen und das kleine System akkretiert, also sozusagen „verspeist“ wird. Lange schon vermuten Wissenschaftler/innen, dass durch solche Prozesse auch die Milchstrasse zu einem beträchtlichen Teil ihrer Masse gelangt ist. Mit der Entdeckung der elliptischen Zwerggalaxie Sagittarius (SagDEG) 1994 [2] konnte diese Hypothese untermauert werden. Das System ist der Milchstrasse näher als jeder andere bisher entdeckte Begleiter (Entfernung vom Milchstraßenzentrum ca. 50.000 Lichtjahre) und ist starken Gezeitenkräften ausgesetzt. Die Wechselwirkung zwischen SagDEG und unserer Galaxie wird seitdem intensiv untersucht. Neueste Untersuchungen der Sterne im galaktischen Halo und Vergleiche mit Simulationen [4] deuten tatsächlich darauf hin, dass ein erheblicher Anteil dieser Sterne ursprünglich in begleitenden Zwerggalaxien beheimatet war.

## Nachbemerkung

Wie entwickeln sich Spiralgalaxien nach Zusammenstoßen? Aus einem Vergleich von über 2000 Spiralgalaxien konnte das COSMOS-Team am CalTech (Kartik Sheth et al.[6]) zeigen, dass kleinere Galaxien sich im Lauf der Jahrtausende zu Balkengalaxien entwickeln, indem die Sterne nicht mehr auf Kreisbahnen um das Galaxienzentrum laufen, sondern durch Bahnstörungen auf gestreckten Bahnen, die durch die gegenseitige Anziehung Balken bilden.

## Weitere Informationen zum Thema

Die offizielle Seite des Hubble-Projekts  
<http://hubblesite.org>

„Cosmic Collisions Galore!“  
[http://hubblesite.org/gallery/album/entire\\_collection/pr2008016a/](http://hubblesite.org/gallery/album/entire_collection/pr2008016a/)

Mehr Informationen zu GOALS  
<http://goals.ipac.caltech.edu/>

## Hubble Heritage Project

Viele interessante Informationen zur Entstehung und Nachbearbeitung der Bilder  
<http://heritage.stsci.edu/>

## Quellen

- [1] Toomre, A. and Toomre, J. (1972): „Galactic Tails and Bridges“. *The Astrophysical Journal* 178: 623–666. (Die Brüder Toomre stellten ihre Ergebnisse als Film dar: [http://www.tech.clandestine.com/toomre\\_inv.html](http://www.tech.clandestine.com/toomre_inv.html))
- [2] Ibata, R. A., Gilmore, G., & Irwin, M. J. (1995): Sagittarius: the nearest dwarf galaxy, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 277, Issue 3, pp. 781-800.
- [3] e.g.: Toomre 1977; Mamon 1992; Baugh, Cole & Frenk 1995; Springel et al. 2001a
- [4] Bell, E.F. et al. (2008): The accretion origin of the Milky Way's stellar halo, *The Astrophysical Journal*, 680:295Y311
- [5] Genzel, R. & Cesarsky, C.J. (2000): Extragalactic Results from the infrared space observatory <http://arxiv.org/abs/astro-ph/0002184>
- [6] Sheth K. et al (2008), Evolution of the Bar Fraction in COSMOS: Quantifying the Assembly of the Hubble Sequence. *ApJ*, 675, 1141-1155. *s.a.* [http://mr.caltech.edu/media/Press\\_Releases/PR13170.html](http://mr.caltech.edu/media/Press_Releases/PR13170.html)

## Der GOAL Survey

Die Aufnahmen von "Cosmic Collisions Galore" entstanden im Zuge einer Untersuchung von Galaxien, die im fernen Infraroten besonders hohe Leuchtkräfte aufweisen. In diesem Wellenlängenbereich von ca. 50-1000  $\mu\text{m}$  können kühles Gas und Staub beobachtet werden. Sternentstehungsregionen, in denen Protosterne noch in Staubwolken verborgen liegen, emittieren im Infraroten. Auch die „staubigen“ Zentralregionen von Galaxien sind in diesem Spektralbereich sichtbar,

wobei manche Systeme enorme Infrarothelligkeiten von über  $10^{12}$  Sonnenleuchtkräften<sup>3)</sup> aufweisen. Diese werden als (U) LIRGs, (Ultra) Luminous Infrared Galaxies bezeichnet, wobei die zugrunde liegenden Ursachen dieses Phänomens noch nicht vollständig geklärt sind. Eine Erklärungsmöglichkeit liefern Starburstmodelle, in denen beim Zusammenstoß von Galaxien die Sternentstehungsrate durch Verdichtung des Gases rapide ansteigt. Aber auch aktive schwarze Löcher (Active Galactic Nuclei), die in den Zentralregionen der meisten Galaxien vermutet werden, können als Ursache für dieses Phänomen festgemacht werden. Beim Merging zweier Systeme verliert die Gaskomponente aufgrund von „dynamischer Reibung“ Drehimpuls – riesige Gasmassen fallen in Richtung Zentrum der Galaxie. Das einfallende Gas sammelt sich in einer Akkretionsscheibe um das schwarze Loch, erhitzt sich dort und strahlt. Darüber hinaus bilden sich senkrecht zur Akkretionsscheibe Jets aus, das sind Ströme hochenergetischer Teilchen, die weit in den intergalaktischen Raum hinausreichen. Untersuchungen zeigen, dass in vielen (U)LIRGS sowohl AGN's als auch Starburstregionen für die hohe IR-Leuchtkraft verantwortlich sind [5].

Die Hubble-Bilder im visuellen Bereich komplettieren im Zuge des „Great Observatory All-sky LIRG Survey“ Untersuchungen von etwa 200 (U)LIRGs in anderen Wellenlängenbereichen. Die Wissenschaftler/innen wollen Licht auf die Details und Zusammenhänge der Ursachen für die Infrarotstrahlung in Abhängigkeit von Leuchtkraft und Stadium der Galaxienwechselwirkung werfen, um ein besseres Verständnis für die wesentlichen Mechanismen der Galaxienevolution zu erhalten.

---

<sup>3)</sup> 1 Sonnenleuchtkraft =  $4 \cdot 10^{26}$  W

---

# Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts

## Generalversammlung 2008

In der Hauptversammlung vom 18. November 2008 wurde der bisherige Vorstand wieder gewählt:

Obmann: ao.Univ.-Prof. Dr. Helmut Kühnelt

Obmann-Stv.: LSI Mag. Wolfgang Wurm

Schriftführerin: Prof. Mag. Dr. Helga Stadler

Schriftführer-Stv.: Gerald Grois

Kassierin: Prof. Mag. Maria-Magdalena Schäffer

Kassier-Stv.: Prof. Mag. Theodor Duenbostl

Kassenprüfer: HOL Werner Rentzsch

Kassenprüfer: Prof. Mag. Helmut Wanek

Da im Vereinsjahr 07/08 nur eine Ausgabe PLUS LUCIS erschienen ist und dank der Unterstützung der Fortbildungs-

woche durch die PH Wien, waren die Ausgaben geringer als im Vorjahr, so dass ein Überschuss erzielt werden konnte. Daher besteht keine Notwendigkeit zur Anhebung der Mitgliedsbeiträge, diese befinden sich weiter auf dem Stand von 2001: 20 EUR für aktive Mitglieder, 15 EUR für Mitglieder in Pension, 5 EUR für Studierende und Karenzierte.

Es wird verstärkt für Beiträge zu PLUS LUCIS geworben. Von kleinen Unterrichtsideen bis zu großen Projekten gibt es im Land Vieles, was mehr öffentliche Aufmerksamkeit verdient und Kolleginnen und Kollegen Anregungen für den eigenen Unterricht bieten könnte. Die Leiter der Kompetenzzentren für Didaktik der Chemie, bzw. der Physik bieten dazu Beratung und Unterstützung an.

# ... und es ward Auer-Licht

## Zum 150. Geburtstag von Auer von Welsbach

Peter Unfried

Gerade einmal 27 Jahre alt wird Carl Auer von Welsbach mit einem Schlage als Naturwissenschaftler weltberühmt: Durch die Anwendung einer äußerst aufwendigen Trennmethode gelingt es dem jungen Chemiker, das „Element“ Didymium in zwei neue Fraktionen zu zerlegen. Durch die spektralanalytischen Untersuchungen — eine brandneue Methode, die Auer kurz zuvor bei dem berühmten Professor Robert Bunsen in Heidelberg gelernt hat — wird ihm klar, dass er tatsächlich zwei neue chemische Elemente entdeckt hat: Die grüne Fraktion nennt er Praseodym (griech: lauchgrün), die violette Neodym (das neue Dym).

### 1885: Kein helles Licht

Zur selben Zeit - es ist das Jahr 1885 - bricht in ihm auch der erfinderische Charakter durch. Er beschäftigt sich mit einem der vordringlichsten technischen Probleme seiner Zeit: dem Versuch, Haushalte, Spitäler und Industriehallen effizient zu beleuchten. Damals gibt es in den meisten Haushalten noch Kerzenlicht, die Petroleumlampe und in den Städten die Gasbeleuchtung — eine kleine Gasflamme, die stets im Raum, zumeist in der Küche, brennt. Dem verwendeten Kohlegas wird Acetylen beigemischt, damit es besser ruße und somit hellgelber leuchte. Die Wohnungen sind naturgemäß verrusst, die Methode brandgefährlich, das Gas stinkend und giftig. Die Techniker verfolgen zwei Wege, um möglichst helles, weißliches Licht zu erhalten. Der erste Weg besteht darin, einen hoch schmelzenden Glühkörper aus Metall oder Oxid zum Glühen zu bringen. Der Körper wird zuerst rot, dann gelb-, dann weißglühend. Doch diese Methode kennt Probleme: Etwa die große Hitze, ein extrem hoher Brenngasverbrauch und das Schmelzen bzw. Verdampfen des Glühkörpers bei sehr hohen Temperaturen. Ein technischer Trick eröffnet einen anderen, zweiten Weg: Erhitzt man beispielsweise eine Keramik, die nicht absolut rein, sondern durch ein anderes Oxid etwas verunreinigt (dotiert) ist, so leuchtet der Glühkörper wesentlich stärker und heller, als es seiner Temperatur entspräche.

### Der erste Glühstrumpf

Auer löst das Problem nach dem Lösungsweg zwei: Er tränkt einen gestrickten Baumwollstrumpf mit einer wässrigen

Dr. Peter Unfried ist Chemiker an der Universität Wien und Mit-Kurator der Carl Auer von Welsbach-Ausstellung.  
Dieser Artikel erschien auch in „Die Furche“, 4. 9. 2008

Lösung aus Zirkonnitrat, das durch etwas Lanthannitrat bewusst verunreinigt ist (Lanthan ist das leichteste der neu entdeckten Lanthanid-Elemente). Die ersten Strümpfe strickt ihm noch seine Mutter. Dieser salzgetränkte Baumwollstrumpf wird über einer Form, die dem Umhüllenden einer Bunsenbrennerflamme entspricht, getrocknet. Der so in Form gebrachte Strumpf wird nunmehr über eine Gasflamme gebracht und mit weicher Bunsenbrenner-Flamme bei 300-500°C erhitzt. Die Folge: Lediglich das Baumwollgewebe des Strumpfes verbrennt, das rohe und äußerst fragile Salzgerüst aber verbleibt. Nach Steigern der Temperatur durch verstärkte Luftzufuhr zersetzt sich das Zirkon/Lanthannitrat thermisch zu Oxid. Hält man diesen Gasglühstrumpf aus reinem Oxid nun über eine Gasflamme mäßiger Verbrennungstemperatur – so um die 600°C – so erstrahlt dieser in einem hellen, leicht gelblichen Lichte. Und zwar um ein Vielfaches heller, als es seiner normalen Glühtemperatur entsprechen würde. Schlagartig war das Beleuchtungsproblem gelöst. Auer verkauft das Patent umgehend nach Amerika und wird mit 27 Jahren einer der reichsten Männer der Monarchie. Diese Erfindung erweist sich aber bald als Flop: Das Licht war mal mehr, mal weniger gelblich. Die Strümpfe, die von seiner Fabrik in Atzgersdorf bei Wien aus weltweit exportiert werden sollen, halten nur wenigen Zündungen stand und zerfallen bald zu Pulver.

Andere Zeitgenossen hätten sich wahrscheinlich zur Ruhe gesetzt: Wissenschaftlich weltberühmt als Entdecker von Praseodym und Neodym und nunmehr steinreich mit dem Verkauf des Patents für den Glühstrumpf! Nicht jedoch Auer. Nach zahlreichen Versuchen gelingt es ihm mit Hilfe seines langjährigen und treuen Mitarbeiters Ludwig Haitinger, ein sensationelles, neues Gemisch zu finden: 99% Thorium-nitrat mit genau 1% Cernitrat, verarbeitet exakt so wie bei der Herstellung der ersten Lanthan/Zirkonstrümpfe, ergibt Glühmängel mit strahlend-weißem Licht, die nicht nur unvergleichlich

Original-Glühstrumpf.  
Diese erste Erfindung machte  
Carl Auer von Welsbach  
(1858-1929) steinreich.

stärker strahlen als deren Vorgänger, sondern überdies noch wesentlich stabiler und robuster sind. In kürzester Zeit tritt der „Auerstrumpf“ einen Siegeszug sondergleichen an und wird millionenfach gefertigt. Als Thorium- und Cerquelle dient vorwiegend Monazitsand aus Übersee. Mit einem Male ist es möglich, in der Nacht Operationen durchzuführen. Die Industrie kann die Hallen ausleuchten und auch über Nacht produzieren. Jeder Haushalt hat nun sein Gasglühlicht, wobei zumindest in den Städten die vorhandenen Gasleitungen verwendet werden. Den „Auer-Brenner“ einfach aufsetzen, und fertig! Es gibt kein Russen mehr, da auf Acetylenzusätze verzichtet werden kann. Die zeitgleich aufkommenden Kohlefadenlampen, die Vorläufer des elektrischen Lichtes, bekommen damit eine ernsthafte Konkurrenz. Diese Lampen resultieren aus Bemühungen, das Beleuchtungsproblem nach dem oben genannten Weg eins zu lösen (mit möglichst hoher Temperatur). Sie zerfallen aber nach nur wenigen Zündungen und sind überaus empfindlich und extrem teuer. Es wäre aber nicht Auer, hätte er nicht auch dieses Problem gelöst und sich sozusagen selbst Konkurrenz gemacht. Bereits 1890 – Auer ist mittlerweile 32 Jahre alt – meldet er die Osmiumlampe zum Patent an. Warum wurden bis dahin zerbrechliche Kohlefäden statt robuster Metallfäden in Glühlampen verwendet? Weltweit war niemand in der Lage, hoch schmelzende Metalle zu dünnen Fäden zu verarbeiten. Und so erfindet/entwickelt Auer das sogenannte „Pasteverfahren“: Er nimmt das Osmium, von dem man damals dachte, es sei das höchstschmelzende Metall (um 3200°C). Er stellt Osmiumpulver her; mischt es mit Zuckersirup zu einer Paste, presst diese durch hauchdünne Düsen, trocknet und glüht diese Fäden, wodurch der Zucker verbrennt und „gesintertes“ Osmium übrigbleibt. Die „Sinter-technologie für hoch schmelzende Metalle“ war geboren.

## Die Osmiumlampe

Die ersten Osmiumlampen sind ein großer Erfolg und gehen in Serie. Produziert werden sie in einer aufgelassenen Eisenfabrik in Treibach/Kärnten (spätere Treibacher Chemische Werke, TCW), die Auer zu diesem Zwecke aufgekauft und adaptiert hat. Die Marke „Auer-Oslicht“ wird von Auer später, als das Wolfram das Osmium vom Markt verdrängt, in „OSRAM“ umgeändert. Der gleichnamige Betrieb ist heute noch Deutschlands größter Glühlampenproduzent und ebenso wie die von Auer in Treibach gegründete TCW einer der florierendsten Betriebe Mitteleuropas.

Das Beleuchtungsproblem war durch Auer gelöst worden, ein weiteres Problem stand jedoch nach wie vor akut an: Das Feuermachen! Hatten unsere Vorfahren noch mit Feuersteinen und Pyrit oder später mit Eisenstücken Funken geschlagen und damit Zunder entflammt, so ist dies zu Auers Zeiten oft noch die einzige Methode, um zu Feuer zu kommen. Zündhölzer, damals schon üblich, waren sehr teuer, wurden schnell feucht und unbrauchbar, waren sehr leicht entzündlich und – wegen dem verwendeten weißen Phosphor – giftig, für den Einsatz im Felde für Soldaten also absolut unbrauchbar.

## Der moderne „Feuerstein“

Auer löst das Problem wiederum auf seine Weise. Wir schreiben das Jahr 1903 und Auer befindet sich in seinem 45. Lebensjahr. Er legiert geschmolzenes Cer mit Eisen (70:30) und erhält das „funkensprühende Cereisen“, das in Folge weltweit als „Auermetall“ gehandelt wird: Der moderne „Feuerstein“ ist geboren. Beinahe nebenbei erfindet Auer das erste Feuerzeug (ein Streichfeuerzeug) und bringt es serienreif auf den Markt. Einmal mehr wendet Auer absolut innovative Technologien an: Das Cer ist eines der neuartigen Lanthanid-Elemente, für die es bis dato außer in seinem Gasglühlicht keinerlei praktische Anwendung gab – im Gegenteil: Es bleibt ihm in riesigen Mengen bei der Gewinnung von Thorium aus Monazitsand übrig und liegt auf Halde. Er stellt wasserfreies Cerchlorid her und führt eine Schmelzflusselektrolyse durch (ebenfalls eine ganz neue Technologie). Die Zündsteinproduktion erfolgt seit 1907 bis heute in seinem Werk in Treibach. Die TCW sind heute noch weltweit führende Zündsteinerzeuger.

## Noch mehr neue Elemente

In seinem letzten Lebensdrittel hat sich Auer, mittlerweile vielfach geehrt, geadelt und ausgezeichnet, wieder auf seine naturwissenschaftlichen Wurzeln besonnen. 1905 veröffentlicht er noch die Trennung des bis dahin als Element geglaubten Ytterbiums, in zwei tatsächliche Elemente, die er Aldebaranium und Cassiopeium nennt. Durch fraktionierte Kristallisation der Ammoniumdoppeloalate getrennt und mittels Emissions-Spektralanalyse identifiziert, ist er unzweifelhaft der erste und einzige, dem die Herstellung dieser Elemente in dieser Reinheit gelingt. Dennoch wird ihm 1909 – der 1. Weltkrieg steht vor der Tür – seitens der Internationalen Atomgewichtskommission die Priorität abgesprochen und dem französischen Chemiker Urbain zuerkannt. Obwohl jener nur bis zu Konzentraten mit zweifelhaften Analyseergebnissen gekommen ist. Urbain nennt die Elemente Ytterbium und Lutetium (wie sie auch immer noch offiziell heißen). Für Auer eine Demütigung und ein schwerer Schlag.

## Radium für die Forschung

Auer zieht sich in der Folge zurück, widmet sich fortan seinen zahlreichen Nebeninteressen (Photographie, Tonaufnahmen, Familie, Botanik) und arbeitet weiterhin unermüdlich an vereinzelt chemischen Fragestellungen. Er reichert etwa in seiner Glühstrumpffabrik in Atzgersdorf bei Wien aus vielen Tonnen Rückständen der Urangewinnung das neuartige Element Radium an. Dieses Material beziehen dann Forscher aus der ganzen Welt – wie etwa das Ehepaar Curie – von ihm. Denn er ist der einzige, der ausreichende Mengen liefern kann. Knapp vor seinem Tode beschäftigt sich Auer noch mit Trennungen auf dem Gebiet des Erbiums – einem schwereren Lanthanid-Element. Dabei soll er sämtliche schriftlichen Unterlagen noch einen Tag vor seinem Ableben, dem 4. August 1929, verbrannt haben.

Der Großteil des wissenschaftlichen Nachlasses in Form von Chemikalien, Gefäßen, Original-Auerstrümpfen usw. galt viele Jahrzehnte als verschollen. Durch einen Glücksfall ist das Material 1983 gefunden worden. Sehr viele Original-Fundstücke, die chemiehistorisch von unschätzbarem Wert sind, befinden sich heute im Auer von Welsbach-Museum in Althofen (Kärnten). Einige werden bis 27. Februar 2009 im Wirtschaftsmuseum gezeigt.

### Frühere Beiträge über Carl Auer von Welsbach

R. Adunka: Carl Auer von Welsbach – Das Lebenswerk eines österreichischen Genies. *Plus Lucis* 1/2000, 24-26  
 W. Rentzsch: Der lauchgrüne Zwilling. *Plus Lucis* 1/93, 21-23

## Ausstellung 150 Jahre Carl Auer von Welsbach – bis 30. Juni 2009

Eine interessante Ausstellung mit originalen Geräten und Präparaten des Forschers kann bis Ende Juni 2009 besichtigt werden

**Österreichisches Gesellschafts- und Wirtschaftsmuseum**  
**Vogelsangasse 36, 1050 Wien**  
**Mo bis Do von 9 bis 18 Uhr, Fr von 9 bis 14 Uhr**

**Am 24. 2. 2009 werden die Vorträge der Fortbildungswoche in diesem Museum stattfinden, um den Teilnehmern den Besuch der Ausstellung zu ermöglichen.**

Dieser Ausgabe liegt ein Plakat zu Leben und Werk von Carl Auer von Welsbach bei.

## Erratum

Durch einen Irrtum beim Setzen des Beitrags entstand im Artikel von **D. Elster** „**In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant?**“ (s. PLUS LUCIS 3/2007, 2-8) ein sinnstörender Fehler.

In Tabelle 3, Spalte „Was Buben nicht interessiert“, lautet der fünfte Eintrag statt „Phänomene, die Wissenschaftler bisher nicht erklären können“ richtig „Reinigungsmittel, Seifen, und wie sie wirken“.



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	Reinigungsmittel, Seifen und wie sie wirken	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

# Woher kommen die Naturgesetze?

Ferdinand Cap

Die ziemlich landläufige Meinung zur Frage, woher denn die in der Natur offenbar vorhandenen Gesetzmäßigkeiten, also die Naturgesetze, kommen, besteht in der Aussage, dass die Welt von einer Schöpferpersönlichkeit geschaffen wurde, die diese Naturgesetze in die Natur hineingelegt hat. Die moderne Naturwissenschaft hat aber, wie in diesem Artikel im Einzelnen gezeigt werden soll, eine andere Meinung.

## Erhaltungssätze

Naturgesetze sind mathematische, geschlossene und widerspruchsfreie Beschreibungen von Vorgängen in der Natur. Bis auf ein Gesetz, den Entropiesatz, sind alle Naturgesetze Erhaltungssätze. Das bedeutet, dass z.B. Energie weder verloren noch gewonnen werden kann, nichts geht verloren. Solche Erhaltungssätze sind eine Folge des Theorems von Noether und der damit zusammenhängenden Lagrange Funktion. Nimmt man beispielsweise an, dass die Naturgesetze von Verschiebungen längs der Zeitachse unabhängig seien, dann erhält man den Energiesatz. Die willkürliche Annahme einer Unabhängigkeit der Naturgesetze von Drehungen der Koordinatenachsen im Raum liefert den Drehimpulssatz etc.

Als Assistent bei Hans Thirring (Senior) in Wien hatte ich einstmals die Aufgabe, die vom britischen Physiker Eddington beschriebene Eidechsenphysik (p 86 in [1]) im Seminar vorzutragen. Eidechsen sind Wechselblüter und halten einen Winterschlaf. Ihre subjektive Zeitmessung hängt daher von der Außentemperatur ab. Sie werden den Zeitablauf im kalten Winter und im warmen Sommer auf andere Weise messen und bestimmen. In ihren Naturgesetzen würde es einen anderen Energiesatz als unseren geben, die Energie würde zunächst nicht erhalten sein, doch die Aussagen ihrer Physik wären mit den Aussagen und Folgerungen unserer Physik identisch, denn bei den Eidechsen tritt im Energiesatz ein Zusatzglied auf, wie ihre Zeitmessung, wie der Zeitablauf von der Außentemperatur abhängt. Die Voraussagen der Ergebnisse von Beobachtungen und Messungen stimmen jedoch genau mit den Voraussagen des menschlichen Energiesatzes überein.

Ein weiteres Beispiel liefert die Theorie des anisotropen Äthers von Dive. Während der Michelson Versuch beweist, dass es keinen Äther, ein das Licht ausbreitendes Medium, geben kann, zeigt Dive, dass es unter der Annahme der

Existenz eines anisotropen Äthers durchaus möglich ist, alle experimentellen Voraussagen der speziellen Relativitätstheorie richtig vorausszusagen.

## Denkökonomie – Konventionalismus

Eine Entscheidung zwischen mehreren richtigen Theorien, beispielsweise der speziellen Relativitätstheorie oder der Theorie elliptischer Wellen von Dive, kann nur durch außerphysikalische Überlegungen wie das Mach'sche Prinzip der Denkökonomie oder ästhetische Gesichtspunkte getroffen werden. Man trifft willkürlich (Konventionalismus) die Entscheidung, jene Theorie provisorisch und vorläufig als richtig anzusehen, die mathematisch einfacher ist und sich leichter auf Nachbargebiete erweitern lässt. So lässt sich z.B. nicht jede mathematische Formulierung der relativistischen Erscheinungen auf die Thermodynamik ausdehnen.

Ein anderes Beispiel für die Ökonomie des Denkens liefern die ptolomäischen Anschauungen über das Sonnensystem. In diesem Weltbild stand die Erde im Mittelpunkt, die Sonne und die Planeten drehten sich um die Erde und weiter außen war die Fixsternsphäre, die sich ebenfalls um die Erde herumdrehte. Dieses Weltbild entsprach der unmittelbaren Anschauung und die Forschungsergebnisse der Antike waren vergessen. Mathematisch dargestellt ist das ptolomäische Weltbild der Zyklen und Epizyklen mit seinen vielen periodischen Bewegungen nichts anderes als eine Fourieranalyse der beobachteten Bewegungen. Nimmt man genügend viele Glieder der Fourierreihe, dann stimmt die Beschreibung genau. Sogar die relativistische Drehung des Perihels der Planeten oder die Periodizität des platonischen Umlaufes der Erdachse könnten erfasst werden. Lediglich Reisen von Astronauten ins All können dieses Weltbild widerlegen. Es entspricht aber auch nicht der Forderung des Prinzips der Ökonomie des Denkens. Kopernikus hatte ja gezeigt, dass die Planetenbewegungen viel einfacher beschrieben werden können.

Die Hohlwelttheorie liefert ebenfalls eine Beschreibung der Welt, scheitert aber an der Thermodynamik. Nach der Hohlwelttheorie ist die von uns bewohnte Erdoberfläche die innere Oberfläche einer Kugel mit dem Durchmesser der Erde. Mathematisch gesprochen ist die Hohlwelttheorie eine Transformation durch reziproke Radien: alles was außerhalb der Erdoberfläche ist, alle Sterne, die Planeten und die Sonne werden unter der Annahme eines endlich großen Außenraum in das Innere der Hohlwelt projiziert, und das Erdinnere samt Erdkern wird nach außen gespiegelt. Da nun die Sonne in die Hohlwelt Energie ausstrahlt,

Em.o.Univ.-Prof. Dr. Ferdinand Cap, theoretischer Physiker mit Schwerpunkt Plasmaphysik, Reaktorphysik und Relativitätstheorie, lehrte an der Universität Innsbruck. eMail: ferdinand.cap@aon.at

der Weltraum im Inneren der Hohlkugel aber die bekannte Temperatur von ca 2,7 Kelvin hat, ist klar, dass durch die Thermodynamik ein unlösbarer Widerspruch entsteht und die Theorie falsch sein muss.

Wie in der Physik Naturgesetze gefunden werden, werde ich Ihnen an Hand eines Märchens erzählen. Wie man dieses Märchen deutet, ist dann Naturphilosophie, wobei der eingenommene Standpunkt als Konventionalismus bezeichnet wird. Der Konventionalismus ist der Meinung, dass Aussagen über das Wesen der Naturgesetze weniger durch Beobachtungen als viel mehr durch konventionelle Festsetzungen zustande kommen.

## Warum ist die Frage nach dem Ursprung der Naturgesetze für den Menschen von Bedeutung?

Wir Menschen sind in diese Welt ohne unser Zutun gekommen und müssen sie wieder verlassen. Seit der Mensch vor etwa 2 Millionen Jahren vom Baum der Erkenntnis ab und seinen Intellekt entwickelte, plagt ihn die Frage: Woher komme ich, wieso bin ich auf dieser Welt, wohin gehe ich, was bedeutet das ganze Geschehen um mich herum, was ist der Sinn dieser Welt und unseres Daseins oder hat es überhaupt einen Sinn, nach dem Sinn dieser Welt zu fragen?

Dies ist die große, unergründliche Frage, dieselbe für jeden von uns. Die Naturwissenschaft weiß keine Antwort darauf, doch ist sie das Beste, was wir an widerspruchslösem und sicherem Wissen bisher haben erreichen können.

So hat sich über die Quelle der Naturgesetze im Rahmen des sogenannten Konventionalismus ein neuer Standpunkt herausgebildet, den Eddington in einem Märchen schön illustrierte.

Ein Fischer saß am Rande des Meeres und fischte. Da kam sein Sohn und fragte ihn: „Vater, was tust du“? Der Vater antwortete: „Ich fische und stelle Naturgesetze auf“. „Und was hast du gefunden“? „Ich habe zwei Gesetze gefunden – das eine lautet: Alle Fische im Meer sind größer als ein Zoll“. Da lachte der Sohn und sagte: „Vater, wenn du das Netz mit der Maschenweite von einem halben Zoll nimmst, dann wirst du das Gesetz finden, dass alle Fische größer sind als ein halbes Zoll ... es liegt doch am Netz, das du auswirfst“!! „Gut“, sagte der Vater, „du hast recht, aber ich habe noch ein anderes Gesetz gefunden, das unabhängig ist von einem Netz – es lautet: alle Fische haben Kiemen, und das wollen wir nun ein objektives Gesetz nennen, es ist unabhängig vom ausgeworfenen Netz, meinst du nicht“? Lacht wieder der Sohn und sagt: „Vater, ich habe gestern einen Lungenfisch gefangen“. ... Ein einziger widersprechender Versuch widerlegt ein solches objektives Gesetz.

Das Märchen will zeigen, dass bis auf ein Naturgesetz, das man als objektiv ansprechen kann, weil es nicht von einem Netz abhängt, alle unsere Aussagen über die Natur subjektive Aussagen sind, also davon abhängen, wie wir die Natur befragen, wie wir Maßstäbe auslegen und die Zeit messen. Ein

bekanntes aus der Art der Zeitmessung folgendes Naturgesetz ist der Energiesatz, also die Aussage, dass Energie weder verloren noch gewonnen werden kann – eine Maschine, die aus dem Nichts, also ohne Energiezufuhr von außen, Energie erzeugt, ein sogenanntes Perpetuum Mobile, ist unmöglich. Wir können heute streng mathematisch beweisen, dass dieser Satz von der Erhaltung der Energie nur dadurch von uns in die Natur hineingelegt wird, dass wir annehmen, die Naturerscheinungen seien unabhängig von der Art der Zeitmessung. Schon Poincaré hatte streng mathematisch bewiesen, dass eine Gruppe von Naturerscheinungen immer durch mehrere gleich richtige Theorien exakt beschrieben werden kann.

Ein weiteres derartiges subjektives Naturgesetz ist der Impulssatz, der z.B. bei der Beschleunigung einer Rakete ausgenutzt wird. Seine Wurzel liegt in unserer willkürlichen Annahme, dass die Naturgesetze unabhängig sein sollen von einer räumlichen Verschiebung unserer Koordinatensysteme, also der Art, wie wir Längen und Breiten messen. Die subjektiven Naturgesetze, die vom Netz abhängigen Gesetze, sind sogenannte Erhaltungssätze. Diese sagen aus, dass eine physikalische Größe, wie etwa Energie oder Impuls, weder verloren noch gewonnen werden kann, sie wird erhalten. (Energiesatz).

Wie steht es aber mit dem einzigen, vom Fischernetz unabhängigen, also objektiven Gesetz? Dieses betrifft die Entropie.

## Entropiesatz und Zeitpfeil

Der Energiesatz ist der Buchhalter, der Entropiesatz ist der Direktor des Naturgeschehens. Der Buchhalter weiß stets um den Lagerbestand und den Geldstand bei der Bank. Aufgrund dieser Informationen entscheidet der Direktor, welche Investitionen gemacht werden sollen, welches Personal eingestellt werden kann etc.

Der Entropiesatz ist ein ohne jegliches Netz aus der Erfahrung gewonnener Satz, der in verschiedener Weise sprachlich formuliert werden kann:

Steine fallen immer von oben nach unten, Wärme geht immer von einem heißen Gegenstand zum kälteren über, und niemals wurde beobachtet, dass die Wärme den umgekehrten Weg wählt und der Ofen noch heißer und das Zimmer dabei kälter wird. Rote Tinte, die in eine Badewanne voll Wasser gegossen wurde, verteilt sich und es wurde nie beobachtet, dass sie sich von selbst an einem Punkt konzentriert.

Der Physiker sagt, dass in einem abgeschlossenen System die Entropie konstant bleibt oder sich vermehrt, nie aber sinken kann. Der sogenannte Wärmetod des Weltalls ist eine Voraussage davon. Eine weitere Folgerung ist die, dass Wärme nicht 100-prozentig in andere Energieformen umgewandelt werden kann.

Alle diese Vorgänge geben implizit den Zeitpfeil an, die Richtung, in der die Zeit in die Zukunft fortschreitet. Es ist der Entropiesatz jener Satz, der die Evolution und das Geschehen in der Natur steuert.

Aber Vorgänge, die der Entropiesatz verbietet, sind doch an sich denkbar und widersprechen keinem subjektiven Naturgesetz, keinem Erhaltungssatz! Tatsächlich gilt der Entropiesatz nicht streng, er ist ein statistischer Erfahrungssatz, der bei kleinsten Energiemengen oder bei einer kleinen Anzahl von beteiligten Atomen nicht mehr exakt gilt.

Wenn ein Dachziegel von einem Hausdach auf die Straße herunterfällt, so wird seine Bewegungsenergie in Verformungsarbeit, in Schall und in Wärme verwandelt. Es wäre aber durchaus denkbar und widerspräche keinem anderen Gesetz der Physik, dass alle Moleküle bei ihren Bewegungen einmal ganz zufällig genau dieselbe Richtung einschlagen, alle aufwärts, also dass sich der Ziegel unter Abkühlung von selbst erhebt und auf das Dach zurückkehrt, dass Verformungs- und Wärmeenergie sich zurückverwandeln in Bewegungsenergie und Energie der Lage am Dach - nur haben wir es bisher nie erlebt. Man kann nämlich ausrechnen, dass man neben einem solchen Ziegel auf der Straße so viele Jahre stehen und warten müsste, bis dies eintritt, dass die Anzahl der Jahre, wenn man für eine Ziffer einen Millimeter rechnet, im ganzen Weltall nicht genügend Platz wäre, sie anzuschreiben.

Wärme geht immer von einem heißen Körper auf einen kälteren Körper über. Kann aber auch das Gegenteil eintreten? Ein Übungsbeispiel, das ich in meiner Statistikvorlesung in Anlehnung an das Physiklehrbuch von Grimsehl den Studierenden gestellt hatte, lautete: Man berechne die Wahrscheinlichkeit bzw. die Zeit, wie lange man warten muss, bis die Energiemenge von  $10^7$  Joule von einem 300 K heißen Körper auf einen Körper mit 301 K von selbst übergeht. Um die Wartezeit zu berechnen, möge man annehmen, dass jede Sekunde eine Beobachtung gemacht würde. Man erhält eine Wartezeit von etwa einem Jahr.

Und solche den Entropiesatz ganz selten verletzenden Vorgänge werden immer wieder beobachtet - umso eher, je kleiner die umgesetzten Energiemengen sind. Der Entropiesatz gilt also streng genommen nicht, er ist nur ein Wahrscheinlichkeitssatz für viele Atome und große Energiemengen.

## Entropie und Ordnung

Was steckt nun hinter dieser Entropie? Im Entropiebegriff steckt der Begriff der Ordnung und die Einsicht, dass bei allen menschlichen Tätigkeiten und fast allen Vorgängen in der Natur eine Größe, die man etwas unpräzise mit ORDNUNG bezeichnen kann, sich verringert. Wenn man sich an den Schreibtisch setzt, dann liegen die Bleistifte und Bücher in einer gewissen Ordnung und das Papier ist gestapelt. Jeder, der Schreibtischarbeit verrichtet, wird bemerken, dass schon nach kurzer Zeit am Tisch ein Zustand eintritt, den man als ungeordneten Zustand

bezeichnen muss. Wie hängt dies aber mit dem Begriff der Entropie zusammen?

Die vielen Quadrillionen, also Billionen mal Billionen, Luftteilchen, die in einem Zimmer infolge ihrer Wärmebewegung dauernd umherschwirren und durcheinander wirbeln, kann der Physiker dadurch beschreiben, dass er für jedes Teilchen zu jedem Zeitaugenblick den Ort und seine Geschwindigkeit angibt. Diese Angaben von Ort und Geschwindigkeit jedes einzelnen Teilchens ändern sich natürlich laufend mit der Zeit. Es ist ein ungeheures, kaum vorstellbares und nur mit den Mitteln der höheren Mathematik erfassbares Zahlen- und Datenmaterial. Es gibt sehr viele Zustände und Möglichkeiten des Herumwirbelns der Teilchen, die Unordnung ist sehr groß. Im ungeordneten Zustand gibt es viel mehr Möglichkeiten der konkreten Realisierung. Ordnung im Sinne unseres Sprachgebrauches würde aber etwa dann vorliegen, wenn alle in der Zimmerluft vorhandenen Teilchen sich entschließen sollten, sich schön der Reihe nach und ohne sich zu bewegen sich längs der Fußbodenleisten anzuordnen. Wenn alle schön in einer Reihe stehen, dann nennen wir das üblicherweise Ordnung. Bei tiefer Temperatur, liegt ein höherer Ordnungsgrad und damit kleinere Entropie vor. Offenbar gibt es nur wenige Möglichkeiten einer solchen Ordnung, da in einem quaderförmigen Zimmer nur vier Fußleisten am Boden zur Verfügung stehen. Alles, was Ordnung heißt, hat nur wenige Möglichkeiten der konkreten Realisierung. Bei der Kälte von minus 273 Grad haben die Teilchen aber nur die Möglichkeit der Geschwindigkeit Null. Nach dem 3. Hauptsatz der Wärmelehre ist die Entropie beim absoluten Nullpunkt Null.

Die Naturerscheinungen verlaufen offenbar immer so, dass die Ordnung verringert und die Unordnung, d.h. die Entropie, steigt.

Umgekehrt gibt es aber auch einen Weg vom Chaos zur Ordnung. Professor Kohler von der Universität Innsbruck hat darüber vor vielen Jahren einen schönen Film gedreht. Wenn man während des Schweigens des Fernsehsenders das unregelmäßige Flimmern der Bildpunkte eines Fernsehschermers lang genug beobachtet, bilden sich nach längerer Zeit kurzzeitig auftretende regelmäßige Punktanordnungen, etwa ein kurze Zeit sichtbares Dreieck oder ein Kreis etc. Diese Figuren kann man nun herausselektieren, fotografieren und mit dem Chaos in einem Film zeigen. Man erhält dann im Film immer wieder aus dem Chaos fallweise auftauchende regelmäßige Strukturen. Dieses Ordo ab Chao wird hier durch die Statistik erzeugt. Gelegentlich kommen nämlich auch in größter unregelmäßiger Bewegung geordnete Schemas vor, wie man mathematisch mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung und des schon erwähnten Entropiebegriffes beweisen kann. Ein solches Herausheben von seltenen regelmäßigen Anordnungen, also auch das Stabilwerden von vorher unregelmäßigen Bewegungen gibt es auch in der Natur, etwa bei Konvektionsvorgängen in erwärmten Flüssigkeiten und Gasen.

Ein anderes, sehr interessantes Ordo ab Chao findet man bei der selbsttätigen Entstehung des Lebens. In zahlreichen

Experimenten von Urey, Fox und Miller – einige konnte der Verfasser in den 60er Jahren in Miami selbst sehen - kann der Mechanismus der Entstehung des Lebens nachvollzogen werden. Die auch auf der noch leblosen Urzeiterde vorhandenen Gase wie Ammoniak, Methan u. a. können im Labor und in der Natur durch elektrische Funken oder Blitze zur Bildung organischer Stoffe angeregt werden. Ebenso hat die Hitze eines Vulkans ähnliche Effekte. Auch Einzelheiten der Zellbildung, wie die selbstständige Bildung von Membranen, sind durch die Versuche von Fox verstehbar.

Ist einmal ein Muster, eine Ordnung in der Natur statistisch durch Zufall von selbst entstanden, dann hat es die Eigenschaft, stabil zu bleiben und sich auf seine Umgebung einzuprägen, also ordnend einzugreifen sowie weitere gleichartige Moleküle zu erzeugen, also sich zu vermehren. Jeder dieser Ordnungsprozesse benötigt Energie, und wegen der Erhöhung der Ordnung eine Verminderung der Entropie, was durch Wechselwirkung mit der Umgebung erreicht wird. Andererseits verlaufen alle makroskopischen physikalischen und chemischen Vorgänge unter Steigerung der Unordnung, unter Anwachsen der Entropie. Jede menschliche Tätigkeit führt zu einer Steigerung der Unordnung, zum Anwachsen der Entropie.

Die Molekularbiologie beweist uns heute, dass Leben rein naturwissenschaftlich erklärbar ist und auf physikalische und chemische Gesetzmäßigkeiten zurückgeführt werden kann. Nach Sherrington und anderen Biologen wird heute lebende Materie als ein dynamisches Gleichgewicht mehrphasiger Systeme aus Proteinen, Fetten, Kohlehydraten, Lipiden etc. und Wasser definiert. Diese Systeme haben die Eigenschaften, sich zu ernähren, zu wachsen, Ausscheidungen zu haben, sich u. U. bewegen zu können und sich selbst zu reproduzieren, also sich zu vermehren und zu sterben. Auch die Mathematik hilft uns beim Verständnis, wie Ordnung von selbst aus dem Chaos entsteht. Auch die bei organisch-chemischen Vorgängen wirksamen Kräfte der Selbstorganisation sind heute bekannt. Sie führen zur Erzeugung einer spontanen Ordnung und zur Stabilität der so erzeugten organischen Systeme, wobei etwas Energie verbraucht wird.

Nach Schrödinger essen wir nicht so sehr deshalb, um dem Körper Energie zuzuführen oder um Wärmeverluste auszugleichen, sondern vornehmlich um dem Körper Ordnung, d.h. negative Entropie zuzuführen, um Unordnung und Entropieüberschüsse wegzuschaffen. Die hohe molekulare Ordnung der von uns gegessenen Eiweißstoffe wird dem Körper entnommen, wobei er seine Entropie verringert. Wenn diese Stoffe als Ausscheidung den Körper verlassen, haben sie viel von ihrer Ordnung verloren, sie haben die Entropie im menschlichen Körper verringert und verlassen ihn, selbst in größerer Unordnung befindlich, zerlegt in Bestandteile und Verdauungsreste, wobei Entropie in die Kanalisation mitgenommen wird. Der menschliche und tierische Körper vermehrt ja durch die Lebensprozesse andauernd seine Entropie und muss diese immer wieder durch Wege dorthin, wohin auch der Kaiser zu Fuß geht, verringern.

Denn das durch die Gene und die eigene Lebensweise und Ernährung bestimmte persönliche Entropiemaximum bedeutet das Ende des Lebens. Wenn man nun Naturgesetze hat, die offenbar das Geschehen in der Natur richtig beschreiben, dann muss es doch auch möglich sein, auf Grund dieser Gesetze für noch nicht getätigte Beobachtungen und Experimente Voraussagen zu machen. Auf diese Weise können die vom Menschen aufgestellten Naturgesetze nochmals verifiziert werden.

## Erfolge der Physik

So hat der Jesuitenpater Lemaitre aus der Allgemeinen Relativitätstheorie eine Formel für die zeitliche Entwicklung des Universums abgeleitet. Die allgemeine Relativitätstheorie beruht auf den folgenden Tatsachen, die durch Beobachtungen und Folgerungen bewiesen sind. Jede Materie krümmt den sie umgebenden Raum. Auf der Erde merken wir dies an der Schwerkraft, die uns alle zum Mittelpunkt der Erde zieht. Diese Raumkrümmung wurde durch zwei Versuche auf der Erde selbst bewiesen. So zeigten 1971 zwei Atomuhren, von denen eine in Richtung Osten, die andere in Richtung Westen auf Flugzeugen die Erde umkreisten, einen von der Raumkrümmung abhängigen Zeitunterschied, und Uhren, die sich lotrecht zur Erdoberfläche bewegen, zeigen gegenüber einer ruhenden Uhr ebenfalls einen aus der Raumkrümmung berechneten Zeitunterschied. Dieser allgemein relativistische Zeitunterschied macht sich auch bei dem Global Positioning System (GPS) bemerkbar. Ohne die Berücksichtigung der relativistischen Effekte wäre es mit Hilfe dieses im All stationierten Satelliten-Messsystems nicht möglich, die eigene Position auf der Erde auf einige Meter genau zu bestimmen. Im Weltraum können wir die von der Sonne verursachte Raumkrümmung dadurch direkt messen, dass das Licht von weit entfernten Sternen, das in der Nähe der Sonnenoberfläche vorbeigeht, sich nicht mehr geradlinig, sondern auf einer gekrümmten Bahn fortpflanzt. Da diese Beobachtungen nur bei einer Sonnenfinsternis möglich sind, da die Sonne das Licht aller Sterne sonst überstrahlt, sind Beobachtungen von Sonnenfinsternissen für die Physik sehr wichtig. Der von Einstein vorausgesagte Effekt der Lichtablenkung wurde in etwa der vorausgesagten Größe tatsächlich gefunden.

Ein anderer Effekt wurde an der Bewegung der Jupitermonde beobachtet (Thirring-Lense Effekt). Diese bewegen sich in der von der enormen Masse des Planeten Jupiter gekrümmten Raumumgebung. Auch noch andere Effekte wie sogenannte Gravitationswellen, sehr schwache Schwankungen der Schwerkraft oder Effekte an den die Erde umkreisenden Satelliten (Schiff- Effekt) wurden richtig vorausgesagt. Für den Nachweis von Gravitationswellen in Pulsar-Systemen (PSR1912 + 16) wurde 1993 an J. Taylor und R. Hulse der Nobelpreis verliehen.

Wenn die zeitliche Entwicklung der Welt richtig ist, dann müsste es doch möglich sein, aus den bekannten Gesetzen der Atomphysik abzuleiten, wie sich bei der Urknallexplosion die einzelnen chemischen Elemente gebildet haben und

wie viel heute von jedem einzelnen Element einschließlich seiner Isotopen vorhanden ist. Das Erstaunliche ist nun, dass Alpher, Bethe und Gamow in einer mühsamen Rechnung zeigen konnten, dass eine solche Rechnung durchaus vernünftige Ergebnisse liefert. Tatsächlich kommen alle chemischen Elemente und ihre Isotopen fast genau in denselben Mengen auf der Erde und im ganzen von uns überblickbaren Weltall vor, wie es die Rechnung voraussagte.

Wenn sich eine Materiewolke ausdehnt, dann wird sie nach den Grundgesetzen der Wärmelehre kälter. Dann müsste man aber auch ausrechnen können, wie heiß diese Urknallmasse seinerzeit gewesen ist – man erhält rund eine Billion Grad. Da die Temperatur der Weltallmaterie aber mit zunehmender Ausdehnung sinkt und wir das Alter der Weltallmaterie kennen, muss es möglich sein, die Wärmestrahlung der heute im Weltall vorhandenen Materie aus der Theorie auszurechnen. Das Ergebnis sagt eine Strahlungstemperatur von etwa 3 Grad absolut voraus. Tatsächlich hat man im Weltraum diese Strahlung beobachten können: die im Weltraum gemessene Strahlungstemperatur beträgt 2,7 Kelvin über dem absoluten Nullpunkt (-273 Grad Celsius).

## Physik und Religion

Abschließend sollte noch darauf verwiesen werden, dass die Naturwissenschaft heute versucht, sich auch philosophisch-theologischen Fragen zu stellen, vgl. p 173 ff in [1], p 82-97 in [2], sowie [3]. So gibt es Versuche, ethische Werte und den menschlichen Willen naturwissenschaftlich zu erfassen. Auch Gottesvorstellungen, die im Temporallappen des Gehirns elektromagnetisch erzeugt werden, sind naturwissenschaftlichen Erklärungen zugänglich.

Einem Vertreter des Konventionalismus wird gelegentlich die Frage gestellt, was geschah denn in der Natur, als der

Mensch, der angeblich die Naturgesetze erfand, noch nicht da war? Wie war damals der Ablauf des Naturgeschehens? - Nun, es lief ab, wie immer und je, statistisch, von selbst. Denn was wir so die Naturgesetze nennen, sind nur Mittel unseres Geistes, um uns in der Welt zurechtzufinden. Nach Mach und Schrödinger vermag ja die Naturwissenschaft keine Erklärungen des Naturgeschehens zu liefern, also zu sagen, warum dies und jenes so und nicht anders geschieht. Alle Religionen zeugen aber von den Anstrengungen des menschlichen Geistes, verzweifelt seine eigene Zufälligkeit zu leugnen. Auch Anton Zeilinger meint: „Das Weltbild steht überhaupt noch nicht fest. Wir haben gerade erst begonnen, darüber nachzudenken“. „Ich finde Gott nicht vor in Zeit und Raum“, sagt der ehrliche Naturwissenschaftler, wird aber dann von jenen gescholten, die da sagen, „Gott ist reiner Geist“.

Nach Mach und Schrödinger vermag die Naturwissenschaft keine Erklärungen des Naturgeschehens zu liefern, also zu sagen, warum dies und jenes so und nicht anders geschieht. Die Erfassung der Naturvorgänge erfolgt durch den menschlichen Verstand, die Natur selbst ist unwissend und statistisch. Sie hat aber doch die Eigenschaft, eine einmal entstandene Ordnung aufrecht zu erhalten und brachte so Wesen hervor, denen Vernunft die Fähigkeit gab, über die Seltsamkeit ihres Ursprungs nachzudenken.

## Literatur

- [1] Cap, F. (2006): *Naturwissenschaftliche und religiöse Weltbilder*, Studienverlag, Innsbruck
- [2] Cap, F. (2007): *Glaube und Religion aus der Sicht eines Naturwissenschaftlers*, LIT Verlag, Wien.
- [3] Cap, F. (2008): *Wie man 130 Jahre alt wird*, Böhlau Verlag, Wien.

## Wie man 130 Jahre alt wird Der Mensch als Wesen der Natur Ferdinand Cap

2008. 194 S Gb. mit SU  
ISBN 978-3-205-78202-5  
EUR 19.90

Der Autor zeigt auf leicht verständliche Weise, wie das „Kraftwerk Mensch“ funktioniert und wie Ernährung und Lebensweise das Altern des Menschen beeinflussen. Das menschliche Leben ist wohl der höchste Wert, den die Natur hervorgebracht hat. Was aber ist das Leben, wie kam es dazu und warum und wann geht es zu Ende? Warum lebt der Mensch nicht unendlich lang?

Weshalb kommt es zum natürlichen Alterstod und was

könnte man tun, um möglichst lange zu leben? Gesundheit, Leben und Tod können heute naturwissenschaftlich voll verstanden werden. Der österreichische Nobelpreisträger Erwin Schrödinger, mit dem der Verfasser einige Zeit zusammenarbeiten konnte, hat als Erster die naturwissenschaftlichen Grundlagen für Leben, Altern und Sterben beschrieben. Das vorliegende Buch ist eine Weiterführung und Vertiefung seiner Gedanken und schlägt Verhaltensweisen vor, wie man älter werden kann.

Der Autor: geb. 1924; Physiker an der Universität Innsbruck. Als Mitarbeiter des österreichischen Nobelpreisträgers Erwin Schrödinger hat er sich seinerzeit auch mit dessen Ideen über die Physik des Lebens beschäftigt und nun in diesem Buch weitergeführt. Neben seiner Lehr- und Forschungstätigkeit an den Universitäten Wien, New York und Innsbruck sowie Gastprofessuren in Europa, der Sowjetunion, Südafrika, Indien und Japan hat sich der Verfasser mit dem Verhältnis zwischen der Naturwissenschaft und den Religionen auseinandergesetzt und darüber mehrere Bücher veröffentlicht.



Prof. Thomas Schönfeld beim Lieben-Symposium 2006 (Bild: Österr. Zentralbibliothek für Physik)

# Prof. Dr. Thomas Schönfeld 1923 – 2008

Am 23. Mai 2008 starb Professor Dr. Thomas Schönfeld nach schwerer Krankheit, wenige Wochen vor seinem 85. Geburtstag.

Thomas Schönfeld kam aus einer Familie, für die eine Stellungnahme zu gesellschaftlichen und politischen Fragen stets ein wichtiges Anliegen war. Sein Vater, Dr. Bruno Schönfeld, war Soziologe und ein bekannter Anwalt, der in der Zeit des Austrofaschismus unter anderen den späteren Bundespräsidenten Franz Jonas verteidigte und dessen Freispruch erwirkte. Bruno Schönfeld wurde im März 1938, nach der Besetzung Österreichs, verhaftet und blieb mehrere Monate in Haft. Thomas war 15 Jahre alt, als die Gestapo in die Wohnung kam und seinen Vater mitnahm.

Glücklicherweise gelang es der Familie zu flüchten, erst nach Großbritannien und dann in die Vereinigten Staaten. Schönfeld begann sein Studium 1940 am traditionsreichen Ursinus College in Collegeville, Pennsylvania. Als Physikprofessor hatte er dort John W. Mauchly, der später den ersten elektronischen digitalen Computer ENIAC baute. 1943 setzte Schönfeld sein Studium an der Columbia University fort, wo er auch als wissenschaftliche Hilfskraft arbeitete. 1944 wurde er zur Armee einberufen, nachdem er sein Studium mit einem BS am Ursinus College beendet hatte. Ein anderer Student, dessen wissenschaftliche Laufbahn in diesem College begann, ist Gerald M. Edelman, der 1972 den Nobelpreis für Medizin erhielt.

Nach dem Krieg arbeitete Schönfeld einige Zeit als Angestellter der US Militärregierung in Deutschland und kehrte 1947 mit seiner Frau Mia nach Wien zurück, um hier sein Studium

fortzusetzen. Bei seiner Dissertation am 1. Chemischen Laboratorium der Universität Wien, über „Adsorptionsercheinungen in hochverdünnten Lösungen“, die er unter der Anleitung von Univ. Doz. Dr. Engelbert Broda durchführte, begann er erstmals mit radioaktiven Isotopen zu arbeiten, ein Gebiet, das sein ganzes weiteres wissenschaftliches Leben prägen sollte. Damit begann auch seine lebenslange Freundschaft mit E. Broda.

Nach seiner Promotion wurde Schönfeld Assistent am 1. Chemischen Institut. Er habilitierte sich 1963 mit dem Thema „Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung radioaktiver Stoffe“. 1968 wurde er zum Titularprofessor ernannt und schließlich erfolgte 1972 seine Berufung zum Ordinarius am Institut für Anorganische Chemie der Universität Wien, wo er bis zu seiner Emeritierung 1993 lehrte und forschte.

Lange Zeit leitete Schönfeld das anorganische Grundpraktikum, zu dessen im Jahre 1966 erfolgten Umgestaltung und Modernisierung er wesentlich beigetragen hatte. Da alle Studentinnen und Studenten der Chemie und Physik dieses Praktikum absolvieren mussten, konnte eine ganze Generation von Chemikern und Physikern von Schönfeld lernen, wie man wissenschaftliche Fragen einfach erklären kann.

Es war die Zeit, in der radioaktive Isotope erstmals nicht nur für wissenschaftliche und medizinische Zwecke Verwendung fanden, sondern zum Werkzeug für die verschiedensten Anwendungen wurden, etwa um die Dichte von Rohrleitungen zu überprüfen. Andererseits war es die Zeit, in der als Resultat des Kalten Krieges die Möglichkeit einer

radioaktiven Verseuchung weiter Gebiete immer mehr Gestalt annahm. Beides waren Themen, mit denen sich Schönfeld in der Folge beschäftigte. Im Jahre 1956 erschien das Buch „Die technischen Anwendungen der Radioaktivität“, das Schönfeld gemeinsam mit E. Broda verfasste und das ins Japanische, Polnische, Rumänische, Russische, Tschechische und in das Englische übersetzt wurde. Im Jahre 1958 veröffentlichte der Österreichische Friedensrat die Schrift „Tödliche Strahlen, tödlicher Staub, wie die Wissenschaft die Atombombenversuche beurteilt“ unter Beratung von Thomas Schönfeld und Friedrich Scholl.

Schönfeld bemühte sich mit Vorträgen und einer zielgerichteten Ausstellung, die auch in den Bundesländern gezeigt wurde, alles zu tun, um die österreichische Öffentlichkeit auf die Gefahren aufmerksam zu machen. Auch seine wissenschaftliche Arbeit diente diesem Zweck. Im Forschungsprojekt „Deposition of inhaled fission products in lungs and lymph nodes of human beings“, an dem er im Auftrag der Internationalen Atombehörde von 1958-1965 arbeitete wurden die Spaltprodukte bestimmt, die in menschlichen Lungen gefunden wurden. So konnte gezeigt werden, in welchen Ausmaß auch Menschen in Österreich von den Folgen der atmosphärischen Atombombenversuche betroffen waren..

Aufgrund seines großen Fachwissens wurde er seit 1965 als Berater für das Forschungszentrum Seibersdorf für Fragen des Strahlenschutzes, vor allen in Fragen der Inkorporationsüberwachung und Reinigung radioaktiver Abwässer herangezogen. Daraus ergaben sich eine Reihe interdisziplinärer wissenschaftlicher Fragestellungen, die Schönfeld behandelte: Entwicklung von Methoden der Ausscheidungsanalyse, Arbeiten über die Sorption und Mitfällung radioaktiver Stoffe, Bau eines Teilkörperzählers, Aufbau eines Alpha-spektrometers (das erste in Österreich) und eines Betaflüssigkeitsszintillationspektrometers, komplexchemische Arbeiten in wässriger Lösung, Bau eines mobilen Hochleistungssammlers zur Bestimmung geringster Radiojodmengen in der Luft zur Überwachung grenznaher Kernkraftwerke. Nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl konnte er damit auch den Plutoniumgehalt der Luft messen.

Schönfeld wurde auch Mitglied der Österreichischen Strahlenschutzkommission. Im Jahre 1997 wurde er für seine grundlegenden Arbeiten auf dem Gebiet der Radio- und Strahlenchemie von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften mit dem Erwin Schrödinger Preis ausgezeichnet, nachdem er bereits 1978 den Rudolf Wegscheider Preis und 1959 für seine radiochemischen Arbeiten den Wissenschaftspreis des Theodor Körner Fonds erhalten hatte.

Als Vertreter des Österreichischen Friedensrats nahm Schönfeld an Kongressen im In- und Ausland teil, in denen die Forderung zur Ächtung der Atomwaffen das Thema war. Andere Tagungen, an denen Schönfeld als Vertreter des Österreichischen Friedensrats teilnahm, untersuchten, wie weit bereits gefasste UNO Beschlüsse, wie etwa das Verbot von Landminen oder das Verbot von biologischen Waffen tatsächlich umgesetzt wurden. Schönfeld war auch in engem

Kontakt mit den Aktivitäten der internationalen Pugwash Bewegung, in der sich führende Wissenschaftler bemühten, gemeinsam Wege zur Abrüstung zu erarbeiten. Die österreichische Gruppe der Pugwash Bewegung war 1960 von Hans Thirring gegründet worden. Es war Schönfeld zu verdanken, dass der Nobelpreisträger Professor Joseph Rotblat, der Präsident des Pugwash Komitees, 1998 nach Wien kam und an der Universität einen Vortrag hielt. Ebenso war er maßgeblich daran beteiligt, dass es zu einer Gründung des NGO Committee on Peace, Vienna mit dem Sitz im Vienna International Centre kam, an dem sich die verschiedensten österreichischen Friedensorganisationen beteiligen. An den Beratungen des NGO Committee on Peace nehmen meistens führende Diplomaten der UNO teil.

Schönfelds lebenslange Freundschaft mit seinem Lehrer Engelbert Broda drückte sich nicht nur in der gemeinsamen Veröffentlichung verschiedener Publikationen auf dem Gebiet der Isotopenchemie aus, sondern er war auch einer der Herausgeber von Ausgewählten Schriften Brodas mit dem Titel „Wissenschaft, Verantwortung, Frieden“. Nach dem Tod Brodas sorgte er für eine neue erweiterte Ausgabe von Brodas Ludwig Boltzmann Biographie.

Die Erforschung der Geschichte der Wissenschaft in Österreich war für Schönfeld ein großes Anliegen. Er organisierte gemeinsam mit Professor Fleischhacker das Symposium anlässlich des hundertsten Todestags von Josef Loschmidt, an dem führende Wissenschaftler aus der ganzen Welt teilnahmen. Es war charakteristisch für Schönfeld, dass er einige seiner Studenten für dieses Symposium begeistern konnten, so dass neben den prominenten Professoren auch junge Diplomanden zu hören waren. Auch für die 2003 erschienene Biographie der österreichischen Physikerin Marietta Blau hat Schönfeld wichtige Beiträge verfasst. Ohne seine Mitarbeit wäre diese Biographie nie erschienen. Es war für Schönfeld selbstverständlich, dass er die Arbeitsgruppe der GÖCH „Geschichte der Chemie“ stets mit Anregungen und Vorträgen immer wieder unterstützte.

Professor Schönfeld gehörte einer Generation an, die gehofft hatte, dass nach dem Sieg über den Faschismus eine bessere und friedliche Zukunft folgt. Trotz aller Enttäuschungen hat er nie aufgehört, sich mit seiner ganzen Persönlichkeit für eine bessere Zukunft einzusetzen.

Es war ein Privileg, sein Kollege zu sein. Wir lernten ihn kennen und schätzen als einen engagierten Lehrer und Wissenschaftler, als einen Menschen, der für seine Überzeugungen lebte. In seiner Standfestigkeit, seiner Loyalität, seiner Charakterfestigkeit war er für alle, die ihn kannten, ein Vorbild.

So wird er in unserer Erinnerung weiterleben.

em. Univ. Prof. Dr. Kurt Komarek und Dr. Robert Rosner

# Freihandversuche

Herbert Klingelmair

## Wirbelströme

### „Lokomotive“

Man überprüft, ob eine auf dem Tisch liegende zylindrische Bleistiftspitzerdose aus Aluminium (Durchmesser ca. 3,5 cm; Höhe ca. 6 cm), deren Deckel samt integriertem Spitzer abgenommen wurde (Klinge besteht aus Stahl!), von einem starken Magneten (z. B. Stabmagnet aus etlichen extrem starken NdFeB-Magneten von [www.conrad.at](http://www.conrad.at), Best.-Nr. 50 36 22) angezogen wird. Nachdem man festgestellt hat, dass dies nicht der Fall ist, zieht man einen Magnetpol quer zur Zylinderachse (und evtl. in Bewegungsrichtung leicht nach unten gerichtet) in knappem Abstand über die Dose, welche der Bewegung des Magneten folgt und abrollt.

Sollte nun ein Beobachter meinen, der von der rasch bewegten, den Magneten führenden Hand verursachte „Luftzug“ wäre Schuld am Abrollen des Versuchsobjekts, kann man probieren, ob der beobachtete Effekt auch auftritt, wenn man die Hand ohne Magnet in der beschriebenen Art bewegt oder die Spitzerdose gegen eine Filmdose austauscht.



„Lokführer“ Lukas

## Wirbelstrommotor und -bremse

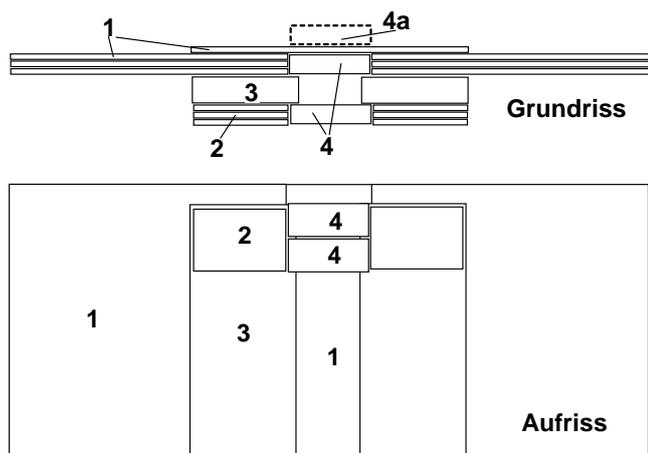
Ein grauer, in seiner Mitte mit einer Nadel durchstochener FilmDOSendeckel wird auf die Öffnung der Spitzerdose aufgesetzt oder eigentlich ein wenig in deren oberen Rand hineingeschoben. Die Mitte des Spitzerdosenbodens wird ebenso durchlöchert (feiner Nagel, Zange, Hammer). Eine durch diese Nadelstiche geführte Einmalkanüle geeigneter Länge (Kanülenspitze mit Seitenschneider abzwicken, sonst Verletzungsgefahr!) bildet nun eine Achse, um die der Zylinder locker drehbar sein sollte.

Als Achslager dienen zwei Abgreifklemmen ([www.conrad.at](http://www.conrad.at), Best.-Nr. 121780), welche jeweils über einen Bananenstecker ([www.leybold-didactic.de](http://www.leybold-didactic.de), [340 89] Kupplungsstecker; [www.phywe.de](http://www.phywe.de), Best.-Nr.07278.05; [www.conrad.at](http://www.conrad.at), Art.-Nr. 592390) auf einer Steckplatte ([www.leybold-didactic.de](http://www.leybold-didactic.de), [576 74] Rastersteckplatte A4) fixiert sind.

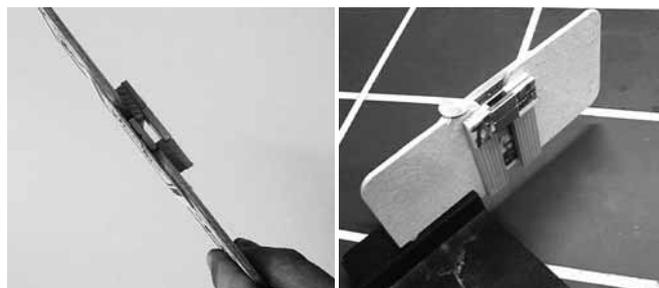
Wenn man einen kräftigen Magnetpol quer zur Achse rasch über den Zylinder führt, so lässt sich dieser in recht flotte Drehung versetzen. Umgekehrt wird die mit der Hand in Rotation versetzte Spitzerdose durch den seitlich nahe an ihren Mantel herangeführten Magneten wirkungsvoll abgebremst.



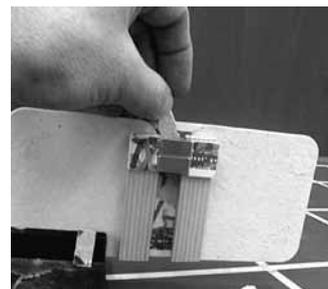
## Fällt der Groschen? (Bierdeckel-Wirbelstrombremse)



Das vorliegende primitive Rocktaschen-Modell zur Veranschaulichung der Wirkungsweise einer Wirbelstrombremse wird aus sieben Bierdeckeln (s. Skizze, 1), sechs kleinen aus einem Bierdeckel herausgeschnittenen Kartonstücken (2), zwei ca. 8 cm langen und 4 mm dicken Holzleisten (3) zusammengeklebt (Alleskleber und/oder beidseitig haftendes Klebeband) und mit vier NdFeB-Magneten (4; [www.conrad.at](http://www.conrad.at), Best.-Nr. 503622-93, 20 x 10 x 4 mm) bestückt.



Zwei Magnete 4a dienen gegebenenfalls als Montagehilfen zur Fixierung der beiden Magnete 4, welche auf der Vorderseite des hinten in der Mitte gelegenen Bierdeckels haften. Lässt man ein halbiertes Zehngroschenstück oder



anderes nicht ferromagnetisches Metallkleinzeug in den Schlitz zwischen den Magneten plumpsen, merkt man deutlich, wie der freie Fall gebremst wird, während nicht-metallisches Material ohne Verzögerung fällt.

## CO<sub>2</sub> Nachweis in Atemluft

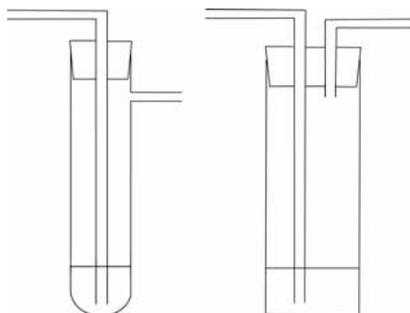
Nachdem ich kürzlich in einer Zeitschrift als Illustration eines preisgekrönten Projekts ein Foto eines Schülers gesehen habe, der gerade durch einen Trinkhalm in ein Kalklauge enthaltendes Laborbecherglas pustet, und ich anschließend in einem Lehrbuch aus dem Jahr 1991 über eine komplizierte Skizze gestolpert bin, hab ich mir gedacht, vielleicht ist es doch nicht zu simpel, eine nochmalige kurze Darstellung dieses Standardversuchs zu probieren.

### Material

- Weithals-Weißglasflasche oder PET-Flasche mit weitem Flaschenhals oder Reagenzglas 30 mm / 200 mm mit Seitansatz
- passender Stopfen mit einer (s. Reagenzglas) oder zwei (s. Flasche) Bohrungen
- ein (rechtwinkelig) gebogenes Glasrohr mit einem langen Schenkel (s. Reagenzglas) oder zwei gebogene Glasrohre, davon eines mit einem langem Schenkel
- ein paar ml Kalklauge

### Einatmen:

Die einzuatmende Luft wird am Seitansatz des Reagenzglases bzw. am kurzschenkelligen Glasrohr angesaugt. Die Kalklauge bleibt klar.



### Ausatmen:

Die ausatmete Luft wird in das langschenkellige Glasrohr geblasen. Die Kalklauge wird flockig-weiß getrübt.



Einatmen



Ausatmen

# 39. Internationale Physikolympiade 2008 in Hanoi



Andreas Theiler, Raffael Krismer und David Wurm mit  
ÖPG-Präsidentin Prof. Monika Ritsch-Marte, Ing. Mag. Helmuth Mayr  
und Prof. Leopold Mathelitsch

## Vom Breitensport zum Spitzensport

Am Ende einjähriger Kurse wird in Landes- und Bundeswettbewerben aus den etwa 550 Physik begeisterten Kursteilnehmern das Team gefiltert, das am internationalen Bewerb teilnehmen darf. Diesmal führte die Reise im Juli 2008 unter der Leitung von Prof. Mag. Ing. Helmut Mayr und Mag. Engelbert Stütz ins ferne Vietnam. Junge Physikerinnen und Physiker aus 82 Ländern versuchten sich an den Aufgaben.

**Andreas Theiler (HTL Weiz)** hat eine BRONZE-Medaille errungen,

**Raffael Krismer (BRG Adolf-Pichler-Platz Innsbruck)**  
**David Wurm (BRG Fadingerstraße Linz)** und  
**Michael Scherbela (Bischöfliches Gymnasium Graz)**  
erzielten eine Honourable Mention  
**Josef Kaufmann (BG/BRG St. Johann i.T.)**  
verfehlte leider den 4. Rang.

Die Aufgaben und Lösungen finden Sie unter  
<http://ipho2008.hnue.edu.vn>.

Die Österreichische Physikalische Gesellschaft lud die Olympiadeteilnehmer zur Jahrestagung ein und gratulierte zu den schönen Leistungen.

Dank gebührt auch den Kursleitern und insbesondere dem Betreuungsteam beim Bundeswettbewerb:

**Mag. Ing. Helmuth Mayr**  
**Mag. Engelbert Stütz**  
**Mag. Heimo Hergan und**  
**Dr. Johann Zöchling**

Wir gratulieren!



Mag. Gerhard Stur, Alexander Kuttner, Konstanze Krommer, Mag. Susanne Neumann, Tanja Wagner, ÖPG-Präsidentin Prof. Monika Ritsch-Martel und Prof. Leopold Mathelitsch

# Fachbereichsarbeiten Physik – Prämierung

Die Österreichische Physikalische Gesellschaft zeichnet seit 1994 physikalische Fachbereichsarbeiten aus. Das Spektrum der eingereichten 14 Arbeiten reicht von Untersuchungen an Elektrogitarren bis zur Quantenoptik. Nach Entscheidung einer Jury wurden 4 Arbeiten prämiert, die auch die Vielfalt der Einreichungen widerspiegeln.

## Preisträger

Mathematische Methoden der Allgemeinen Relativitätstheorie  
**Florian Andritsch** **BRG Keplerstraße Graz**  
 Betreuung: Mag. Dr. Gerhard Rath

Die neuesten Entwicklungen in der Quantenkryptographie  
**Konstanze Krommer** **Kollegium Kalksburg Wien**  
 Betreuung: Mag. Susanne Zankel-Larisch

Physik und Technik von E-Gitarren und deren Verstärkern  
**Alexander Kuttner** **Don Bosco Gymnasium Unterwaltersdorf**  
 Betreuung: Mag. Gerhard Stur

Physikalische Grundlagen des Treibhauseffekts  
**Tanja Wagner** **BRG 14 Wien**  
 Betreuung: Mag. Susanne Neumann

Die Auszeichnung erfolgte im Rahmen der Jahrestagung der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft in Leoben.

## Weitere Einreichungen:

Laser in Technik und Grundlagenforschung anhand von ausgewählten Beispielen  
**Berger Simon** **BRG Linz**  
 Betreuung: Mag. Engelbert Stütz

Quanteneffekte in Halbleitersystemen  
**Elsinger Lukas** **RG Lambach**  
 Betreuung: Mag. Christian Kitzberger

Dunkle Materie – Warum es das Universum nicht geben dürfte, es sich aber trotzdem ausdehnt  
**Fabian Christoph** **BRG Mürzzuschlag**  
 Betreuung: Dr. Claudia Haagen-Schützenhöfer

Ansichten über die Entstehung der Welt  
**Haid Thomas** **BRG-BORG Landeck**  
 Betreuung: Prof. Mag. Rudolf Ostermann

Stirlingmotor  
**René Hubert Holzapfel** **BG/BRG Klusemannstraße Graz**  
 Betreuung: Mag. Gerhard Raudner

Die Erdatmosphäre und ihre Rolle bei der globalen Erwärmung  
**Martin Leitner** **GRG XII 1120 Wien**  
 Betreuung: Mag. Johannes Fuchs

Alternative Energieformen und die Anwendung bei Passivhäusern  
**Lukas Possnigg** **BRG 18 Wien**  
 Betreuung: Mag. Andrea Schmidt

Aufbau eines Lasersystems samt Spektroskopie zur Abbildung kalter Atomwolken  
**Benedict Simlinger** **Evangelisches Gymnasium Wien**  
 Betreuung: Mag. Martina Kronberger

Die quantenmechanische Revolution  
**Klaus Wakonig** **Don Bosco Gymnasium Unterwaltersdorf**  
 Betreuung: Mag. Gerhard Stur

Was die Welt zusammenhält – Die Urkraft  
**Georg Wolfgang Winkler** **BGRG Knittelfeld**  
 Betreuung: Mag. Roswitha Koch

# Roman Ulrich Sexl-Preis 2008

Für seinen vieljährigen Einsatz österreichischen Lehrkräften die Teilnahme an den Veranstaltungen PHYSICS ON STAGE und SCIENCE ON STAGE zu ermöglichen wurde vom Vorstand der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft (ÖPG)



## OSTr Dipl.-Ing. Dr. Christian Gottfried

mit dem Roman-Ulrich-Sexl-Preis 2008 ausgezeichnet.

Mit großem Einsatz und Organisationstalent – dankenswerter Weise unterstützt durch das BMUKK mit MR Dr. Dorninger und Mag. Eva Kasparovsky – hat er seit dem Jahr 2000 für die internationalen Veranstaltungen PHYSICS ON STAGE und SCIENCE ON STAGE geworben und die österreichischen Veranstaltungen betreut.

Physics on Stage wurde von den drei internationalen Organisationen CERN, ESA und ESO begründet. Später kam unter weiteren Zentren das Forschungszentrum für Molekularbiologie in Heidelberg hinzu, so dass statt Physik nun „Science“ ins Rampenlicht gebracht wird. Ziel ist der Austausch guter Praxis in der Vermittlung der Naturwissenschaften in Schule und Gesellschaft. Dazu werden in nationalen Wett-

bewerben interessante naturwissenschaftliche Projekte vorgestellt; die vom Publikum und einer Jury ausgewählten „Besten“ werden zum europäischen Event eingeladen. Damit können österreichische Lehrkräfte an einem internationalen Gedankenaustausch teilnehmen und auch Preise gewinnen.

OSTr Dipl. Ing. Dr. Christian Gottfried hat als Experimentalphysiker am Institut für Hochenergiephysik der ÖAW und am CERN gearbeitet, er hat an einer BHS unterrichtet, und ist trotz Pensionierung enthusiastischer Verbreiter der Ideen von „Science on Stage“.

Wir gratulieren!

---

# IYPT 2008 in Trogir (Kroatien)



## Das österreichische Team

Katharina Wittmann (Team Captain), Thomas Lindner (Teamleader), Julian Ronacher, Markus Kunesch, Bernhard Zatloukal, Angel Usunow, flankiert von Prof. Leopold Mathelitsch und ÖPG-Präsidentin Prof. Monika Ritsch-Martel

errang beim INTERNATIONAL YOUNG PHYSICISTS TOURNAMENT mit einem hervorragenden 3. Rang eine Bronzemedaille, wobei die Silbermedaille nur um Haaresbreite (326,3 zu 326,2 Punkte) an das Team der Gastgeber ging.

Die Österreichische Physikalische Gesellschaft lud das erfolgreiche Team und seine Betreuer zur Physikertagung nach Leoben ein und ehrte die Jungphysiker.

Wir gratulieren!

# Kurzbericht zum FA LHS (Lehrkräfte an Höheren Schulen und Fortbildung)

Helmut Kühnelt

Das derzeitige Team des FA-Vorsitzes (ao. Univ.-Prof. i.R. Dr. Helmut Kühnelt und Prof. Mag. Haimo Tentschert) beendet seine Tätigkeit mit Ablauf des Vereinsjahres.

## Neue FA-Vorsitzende:

**ao. Univ.-Prof. Dr. Leopold Mathelitsch** (Institut für Physik der Universität Graz) und  
**Prof. Mag. Engelbert Stütz** (BRG Hamerling Linz und Universität Linz) gewählt.

## Aktivitäten des Jahres 2007/2008:

- Arbeitstagung der Arbeitsgemeinschaftsleiter Physik an AHS und des FA LHS-Vorstands in Wels (25. - 26. 3. 2008)

### Inhalte des Erfahrungsaustauschs

Organisation der Arbeitsgemeinschaften in den verschiedenen Bundesländern,

Fachliche Lehrerfortbildung und derzeitige Schwierigkeiten durch die Überführung der bisherigen Fortbildungsinstitutionen (PI des Bundes,...) an die neuen Pädagogischen Hochschulen.

Bildungsstandards im Fach Physik; Stand der Einführung eines fachbezogenen Bildungsmanagements (Uni-Lehrgang)

- Fortbildungen im Rahmen von ARGE-Veranstaltungen zum Thema Bildungsstandards und zum Experimentieren sowie in der Fortbildungswoche (Februar 2008)

### Vortragsprogramm des FA LHS im Rahmen der ÖPG-Jahrestagung in Leoben

Dr. Helga Stadler (Univ. Wien): Was sagt uns PISA 2006?  
Doz. Dr. Claudia Wulz (Inst. für Hochenergiephysik, ÖAW Wien): LHC und Österreichs Beteiligung am CMS.

Forschungsaktivitäten aus Kernbereichen der Montanuniversität

## Heiße Probleme der nächsten Zeit:

Nach einer Statistik aus dem Unterrichtsministerium waren im Schuljahr 2007/08 rund 970 von 1880 Physiklehrkräften an AHS mindestens 50 Jahre alt. Das heißt, dass diese Zahl in den nächsten 10 Jahren in Pension gehen wird, eine ähnliche Altersstruktur dürfte an BHS vorliegen. Spätestens in 5 Jahren wird der pensionsbedingte Personalbedarf die Zahl der Absolventen des Lehramts Physik beträchtlich übersteigen.

Neben Werbeaktionen unter Maturant/innen für das Lehramtsstudium werden auch Weiterqualifizierungen von fachfremden Lehrkräften und Quereinsteigern notwendig sein.

Mit der Umstellung des Lehramtsstudiums auf Bologna muss der fachlichen und der fachdidaktischen Ausbildung der LA-Kandidat/innen verstärkte Beachtung geschenkt werden. Zur Frage der gegenseitigen Anrechnung von Lehrveranstaltungen an Universitäten und Pädagogischen Hochschulen könnten durch Kooperationsmodelle (wie in der Steiermark) Erfahrungen gesammelt und evaluiert werden.

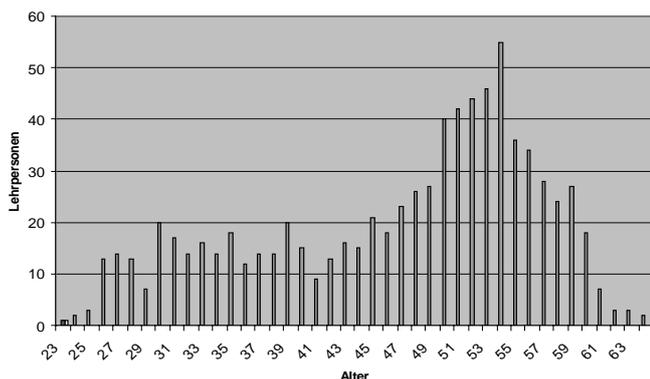
Zur Lehramtsausbildung ist auf eine Resolution zu verweisen, die vom FA LHS 1994 erarbeitet und vom ÖPG-Vorstand zustimmend zur Kenntnis genommen wurde. Sie fordert ähnlich wie die DPG-Resolution (<http://www.dpg-physik.de/info/broschueren>) das Physik-Lehramtsstudium als eigenständiges Physikstudium mit dem Schwerpunkt „Vermittlung“ (s. <http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/951/>).

Das Angebot der ÖPG an die Lehrerschaft ist zu überdenken. Die ÖPG-Jahrestagung liegt praktisch am Schulbeginn. Dies führt zu einem unbefriedigenden Besuch des von Tagungsleitung und Fachausschuss organisierten Programms.

## Alterstruktur der Lehrkräfte an AHS

Im Zuge der Beratungen zur Neuorganisation des Lehramtsstudiums konnte dank der Mitwirkung des BMUKK ein Überblick über die Altersstruktur der naturwissenschaftlichen Lehrkräfte an AHS gewonnen werden.

Altersverteilung der Chemie-Lehrerinnen an AHS 2007/08



Am Beispiel der Altersverteilung der Chemielehrkräfte an AHS im vergangenen Schuljahr sieht man, dass etwa 50% der Lehrkräfte über 50 Jahre alt sind. In konkreten Zahlen sind dies für Chemie 409 von insgesamt 803, für Physik 972 von 1883 und in Biologie 687 von 1347 – letztere Zahl ist durch die in dieser Gruppe fehlende Kombinationspflicht erklärlich. Dem gegenüber stehen jährliche Absolventenzahlen an Universitäten von etwa 15 für Chemie und 35 für Physik (gemittelt über die Studienjahre 2003/04 und 2004/05, Quelle: Statistik Austria), wobei allerdings nur jenes Fach gezählt wird, in dem die Diplomarbeit angefertigt wurde. Da bereits jetzt bspw. in Wien ein Mangel an Physiklehrkräften herrscht, wird sich die Situation verschärfen. Nicht berücksichtigt ist außerdem die Situation an den BMHS.

Es sollte also für ein universitäres Lehramtsstudium aus Naturwissenschaften geworben werden. Unbekannte Faktoren des Bedarfs an Lehrkräften sind die künftige Struktur der höheren Schulen und die Entwicklung der Schülerzahlen.

# Bücher

## **Geschichten zur Teilchenphysik Physiker sind auch Menschen**

**Herbert Pietschmann**

1. Aufl., 176 S., zahlreiche sw. Abb., Ibero/European University Press Wien 2007. ISBN 978-3-85052-235-9 EUR 19,-

## **Kann das alles Zufall sein?**

**Geheimnisvolles  
Universum**

**Heinz Oberhummer**

1. Aufl., 169 S., 32 farb. Abb., geb. Ecowin Verlag, Salzburg 2008 ISBN 978-3-902404-54-1. EUR 22,-

Physik wird von Menschen gemacht, am Weg zu allgemein anerkannter Erkenntnis spielen Ehrgeiz, Prioritätsstreben und der Wunsch nach Anerkennung ebenso eine Rolle wie Kooperation und Gedankenaustausch. Herbert Pietschmann legt mit diesem Bändchen eine sehr persönliche, teils autobiographische Darstellung der Geschichte der schwachen Wechselwirkung und der Neutrinos vor. Dazu ist er umso mehr prädestiniert, als er selbst seit über 40 Jahren durch Forschung und Organisation von Tagungen zu diesem Gebiet wesentlich beigetragen hat. Eingestreut in diese Geschichte sind viele Blitzlichter auf persönliche Seiten jener Physiker, welche die schwache Wechselwirkung erforschten.

Ist das erste Kapitel „Die Geschichte eines ungewöhnlichen Teilchens“ eher den experimentellen Aspekten gewidmet, stehen im zweiten Kapitel „Spieglein, Spieglein an der Wand...“ die theoretischen Konzepte der Symmetrien und deren Verletzung im Vordergrund. Wir lernen dabei auch menschliche Seiten u.a. von C. N. Yang und T. D. Lee, von Feynman und Gell-Mann kennen. Das Kapitel „Die Physiker und der Liebe Gott“ befasst sich vor allem mit Einstein und seiner Ablehnung der Vorstellung, dass Gott würfle. Pietschmann stellt den Atheisten Steven Weinberg dem Philosophen C. F. von Weizsäcker gegenüber, um schließlich persönlich Stellung zu nehmen.

Sozusagen als Draufgabe gibt es die Geschichte der Elementarteilchen in Versen, die Herbert Pietschmann 1966 zur Entspannung – er musste Thermodynamik pauken – verfasste.

Sein Ziel, Physik im Zusammenhang mit jenen Menschen zu zeigen, die an der Erforschung der Natur arbeiten, und damit Physik auch für jene Leserinnen und Leser attraktiv zu machen, die sich von der inhaltlichen Seite allein nicht angezogen fühlen, erreicht Pietschmann bestens.

Helmut Kühnelt

Der Sternhimmel hat Heinz Oberhummer schon in seiner Jugend fasziniert, sein Forschungsgebiet als theoretischer Kernphysiker wurde folgerichtig die nukleare Astrophysik, die Wissenschaft von der Erzeugung von Isotopen jenseits von Wasserstoff und Helium. In seinem Buch lässt er die Leserinnen und Leser an seinem Staunen teilnehmen, wie genau einige – dafür aber umso wichtigere – Details passen müssen, damit das Universum so ist, wie es ist. Insbesondere die Elemente Kohlenstoff und Sauerstoff sind für Leben in der uns bekannten Form unverzichtbar. Und gerade die Verschmelzung von drei Alpha-Teilchen zu C-12 im Roten-Riesen-Stadium von Sternen erfordert, wie Oberhummer mit Kollegen zeigen konnte, eine unglaubliche Feinabstimmung der Stärke der Kernkräfte. Kann dies – und viele andere Fakten – nur Zufall sein? Jedenfalls ist dies die Basis, auf der sich Leben entwickeln konnte bis zu einer Stufe, auf der über Bedingungen für Leben nachgedacht werden kann.

Auf dem Weg zu einer möglichen Antwort führt Oberhummer durch das Universum, erklärt seine Bausteine, lässt die Gefährdung des Lebens durch Asteroiden erahnen, skizziert die aktuelle Kosmologie auf 20 Seiten und lässt uns an Hand der Sternentwicklung verstehen, warum wir nur Sternstaub sind. Woher wissen wir, dass es Dunkle Materie und Dunkle Energie geben muss? Sind wir allein im Weltraum? Erstmals erscheint es möglich, Spuren von Gasen in fernen Planetenatmosphären zu messen, die Auskunft über mögliches Leben auf dem Planeten geben können – nach Oberhummer ein Privileg unserer Zeit.

Im letzten Kapitel wendet Oberhummer sich der heute viel diskutierten Frage zu, ob unser Universum dank einer unfasslichen Feinabstimmung von Parametern – vielleicht als einziges – existiert oder ob es viele Universen geben könnte mit unterschiedlichen Parametern und Lebensdauern, und ob wir gerade in jenem mit den „zufällig richtigen“ Parametern leben. Aufgepeppt wird der Textteil durch comic-artige Zusammenfassungen am Ende jedes Kapitels und einen Bildteil mit prächtigen Farbbildern. Formelfreiheit soll eine breite Leserschaft zur Lektüre anregen, und auf diese ist die Darstellung abgestimmt. So wird die interessierte Leserin von einem sympathischen Autor auf eine packende Reise durch das „geheimnisvolle Universum“ mitgenommen.

Helmut Kühnelt

## **Schwarze Löcher Rätselhafte Phänomene im Weltall**

**Cornelia Faustmann**

1. Aufl., 186 S., 64 Abb., geb.

Seifert Verlag Wien

ISBN 978-3-902406-51-4

EUR 21,90

Walter Thirring beschreibt in seinem Vorwort, welche Schwierigkeiten prominente Physiker des 20. Jahrhunderts hatten, Phänomene wie Schwarze Löcher zu akzeptieren. Cornelia Faustmann, nun Studentin der Astronomie, hingegen ist ein Fan Schwarzer Löcher seit früher Jugend. In dem vorliegenden Band hat sie ihre Fachbereichsarbeit zu einem populärwissenschaftlichen Buch ausgebaut.

Als „Vorgeschichte“ wird zunächst die Entstehung von Sternen durch Kollaps von interstellaren Gaswolken und ihr weiteres Schicksal bis zu den möglichen Endstadien Weißer Zwerg, Neutronenstern, bzw. Schwarzes Loch beschrieben. Im Hauptkapitel werden Schwarze Löcher als „rätselhafte Phänomene“ zunächst historisch betrachtet. Ausgehend von Michell's und Laplace's Vorstellung, dass bei hinreichend massiven Sternen Licht gefangen bleibt, wird die Entwicklung der Theorie über Chandrasekhars Leistung, mittels der Quantenstatistik für relativistische Elektronen die Maximalmasse Weißer Zwerge abzuschätzen, bis heute einschließlich der wichtigen Beiträge von S. Hawking referiert und auch die Evidenz für verschiedene Arten von Schwarzen Löchern – Dank sei den Teleskopen im Weltall – dargestellt. Anschließend geht es mehr in die Details der modernen Theorien – und hier stellt sich dem Rezensenten doch die Frage, ob dies auf dem vorgesehenen Raum und für die Zielgruppe Nichtexperten möglich ist. Das dritte Hauptkapitel „Science & Fiction“ diskutiert den Fall eines Astronauten in ein Schwarzes Loch, Wurmlöcher und Zeitreisen. Amüsant, aber auch irritierend – einerseits werden Subjekte/Objekte durch Gezeitenkräfte zerrissen und andererseits unternehmen sie Zeitreisen...

Bei der gedrängten Fülle an Ideen und Begriffen, die auf den Leser einstürzen, sind die zahlreichen Literaturverweise und insbesondere der Verweis auf Internetquellen zur Vertiefung nützlich. Vielleicht ist es eine der besten Wirkungen, wenn sich bei der Lektüre Fragen auftun, die so brennend sind, dass ihnen gleich nachgegangen wird.

Farbige Illustrationen unterstützen und beleben den Text, sparsam gebrauchte Formeln sind in eigene Kästchen verbannt und können von vorgebildeten Lesern und Leserinnen selbst angewandt werden. Ein Gefühl wird sich bei der Lektüre sicher einstellen: Bewunderung, wie viel über solch exotische Himmelsobjekte bekannt ist und wie viel darüber hinaus spekuliert wird. Die Begeisterung der Autorin für ihr Thema könnte ansteckend sein.

Helmut Kühnelt

## **Die Welt hinter den Dingen**

**L. Schultz, J. Richter,  
H.-F. Wagner (Hrsg.)**

2. erw. Aufl., 2008, 180 S., zahlr.

Abb. WILEY-VCH Verlag, Weinheim

ISBN 978-3-527-40872-6

EUR 17,90

Mit dem Jahr der Physik 2000 begann die Deutsche Physikalische Gesellschaft eine Reihe populärer Veranstaltungen von „Highlights der Physik“ in verschiedenen deutschen Städten mit unterschiedlicher Thematik. Dazu wurden allgemein verständliche Themenhefte erstellt, die nun gesammelt vorliegen. Dadurch ergeben sich fünf Kapitel, in denen sich die moderne Physik widerspiegelt: „Zeit – Licht – Zufall“ spannt den Bogen von Einstein's Wunderjahr 1905 mit Photonen, spezieller Relativitätstheorie und Brownscher Bewegung zum gekrümmten Raum der ART. Im „Spiel der Kräfte“ erfahren wir von den vier fundamentalen Kräften (Gravitation, Elektromagnetismus, schwache und starke Wechselwirkungen) und viel über die Erscheinungsformen elektrischer Wechselwirkungen wie etwa die van-der-Waals-Kraft, die den Gecko an glatten Flächen klettern lässt. „Tanz der Elemente“ und „Welt hinter den Dingen“ bringen ein gelungenes Potpourri vom Weltraum bis zur Physik von Membranen. „Physik und Leben“ zeigt die bedeutende Rolle, die die Grundlagenwissenschaft Physik durch ihre Anwendungen in Biologie und Medizin spielt. Die erweiterte Neuauflage enthält als neue Kapitel „Energie“ und „Wellen“ (von der Stradivari zum Tsunami).

Was darf man sich erwarten? Ein sehr reich bebildertes Buch zum Schmökern, das vielfältige Bereiche der Physik anreißt, naturgemäß zwar nicht tief betrachtet, aber zu einem Überblick über viele Phänomene führt. Leider fehlen Hinweise auf weiter führende Literatur. Besonders geeignet scheint es als Geschenk an alle, die endlich wissen möchten, was Physik von Heute ist.

Helmut Kühnelt

## **Big Business und Big Bang**

**M. Rauner, S. Jorda**

2. vollst. überarb. u. erw. Auflage,  
2008. 278 + x S., brosch.

Wiley-VCH Verlag, Weinheim

ISBN 3-527-40814-2

EUR 17,90 (D)

Das Berufsbild des „Physikers“ ist heutzutage mehr als andere Jobs mit oberflächlichen Vorurteilen behaftet. Der klassische Vertreter dieser Gattung ist männlich, schlecht

gekleidet, etwas eigenartig, dafür aber genial. Womit er sich beschäftigt, versteht im Grunde niemand so recht, muss auch nicht sein, denn für gewöhnlich hat es mit dem „wirklichen“ Leben wenig zu tun.

Davon, dass ein Physikstudium Qualifikationen vermittelt, die in unterschiedlichsten Branchen sehr gefragt sind, wird wenig gesprochen. Wer sich für Physik interessiert, kann, muss aber nicht notwendigerweise der Welt der „anderen“ den Rücken kehren, um über die Wunder des Universums nachzugrübeln. Die Problemstellungen, die diplomierte und promovierte Physiker/innen abseits der Grundlagenforschung erwarten, sind so vielfältig, dass man darüber ein Buch schreiben könnte. Genau das haben Stefan Jorda und Max Rauner, selbst Physiker, als Redakteure des „Physik Journals“ getan. Das Ergebnis, der Berufs- und Studienführer „Big Business und Big Bang“ sei Schüler/innen, aber auch Studierenden wärmstens ans Herz gelegt.

Fundierte Recherchen bieten einen interessanten und unterhaltsamen Einblick in verschiedenste Gebiete, in denen Absolventinnen und Absolventen heute tätig sind. Dabei werden nicht nur naheliegende Arbeitsfelder wie Medizintechnik, Halbleiterindustrie, die Automobil- oder Softwarebranche eingehend beleuchtet. Wer sich fragt, warum denn, um Himmels Willen, gerade Unternehmensberatungen auf der Suche nach Physiker/innen sind, wie man es als Theoretiker/in in der Finanzwelt zu etwas bringen kann und was man in einer Bank mit Wissen um Differentialgleichungen anfängt, wird eingehend informiert. Exotischere Karrieren zeigen darüber hinaus, dass sich Wissenschaft und Kreativität nicht ausschließen. Auch der klassischen Universitätslaufbahn mit Berufsbild „Wissenschaftler/in“ ist ein Kapitel gewidmet, denn kaum ein Laie weiß, wie man es denn tatsächlich zu einer Professur bringt. Mit romantischen Vorstellungen wird hier aufgeräumt, auch die Grundlagenforschung ist ein hartes Pflaster.

Was es bedeutet, sich für den einen oder anderen Weg zu entscheiden, wird von Personen berichtet, die ihn selbst gegangen sind. Die zahlreichen Interviewpartner erzählen erfrischend offenherzig über ihre berufliche Laufbahn. Dabei werden nicht nur Bilderbuchkarrieren zitiert - auch negative Erfahrungen kommen zur Sprache.

Der zweite Teil des Buches liefert Tipps für die Praxis, d.h. sehr detaillierte Informationen zu Studium und Berufsmöglichkeiten, sowie eine ausführliche Liste von Universitäten, Fachhochschulen und Forschungsgesellschaften. An dieser Stelle bedauert man, dass dieser Studienführer vor allem für den deutschen Markt verfasst wurde. Trotzdem, Allgemeines über Anforderungen und Ablauf des Studiums sowie Informationen zu beruflichen Möglichkeiten danach sind auch für österreichische Schüler/innen und Studierende äußerst interessant und hilfreich.

Birgit Schörkhuber



## **Chemie macchiato** **Cartoon-Chemiekurs für** **Schüler und Studenten** **Kurt Haim, Klaus Müller,** **Johanna Lederer-Gamberger**

214 S., zahlr. Abb., brosch.

Pearson Studium, München 2007

ISBN 978-3-8273-7242-0. EUR 14,95

Dieses Buch kommt auf eine einmalige Weise daher, erregt Aufmerksamkeit, erweckt Hoffnung ... auf (besseres) Chemieverständnis und macht neugierig. Es scheint eine Antwort zu sein auf die Frage „Kann man Chemie auch dann verstehen, wenn man sich gar nicht dazu gezwungen fühlt?“ Einfach so, so nebenbei!

Nach einem kurzen Durchblättern ist tatsächlich mit einer solchen Wirkung zu rechnen, mit eingängigen Erkenntnissen, die man schon wieder in Zweifel zieht, weil man mit viel mehr Verständnisschwierigkeiten gerechnet hat als man wirklich erlebt.

So liest man erst die Comic-Texte, freut sich über deren Dichte und – wenn man sich gleich anfangs die Zeit nimmt – beginnt man vorne, mit der „Entstehung von Materie“. Es lohnt sich aber auch die Lektüre des Vorworts, der „Betriebsanleitung“. Die Absichten der Autoren und des Illustrators machen die Genese der Texte und Abbildungen verständlich und erleichtern nicht unwesentlich den Umgang mit der Themenwahl, den Schwerpunkten und den Verkürzungen. Sie machen es auch möglich, einzelne Ungereimtheiten und fachliche Ausrutscher hinzunehmen: Anbrennen von Zucker im Rahmen des Karamellisierens darf nicht gleichgesetzt werden mit dem Verbrennen, also der Reaktion des Zuckers mit dem Luftsauerstoff! Im übrigen „zerfällt“ ein Stoff während des Verbrennens nicht! (Vgl. S. 104 und 105). Vom Lesen, vom gewinnbringenden Arbeiten mit dem Buch lässt man deshalb nicht ab.

Die Wahl der Überschriften und damit der Inhaltecluster deckt die chemischen Basiskonzepte weitgehend ab, entspricht den lehrplankongruenten Lerninhalten und stellt somit Beziehungen her zu den Bildungsstandards. Dadurch gelingt es auch, den so wichtigen Bezug zur auch außerhalb eines Labors und Klassenzimmers erlebbaren Chemie aufzuzeigen. Und ein weiteres Ziel der Autoren wird sicher erreicht, nämlich die Herstellung von Querbezügen zu biologischen und physikalischen Sachverhalten. Das gelingt auf beeindruckende Weise innerhalb des Kapitels „Atomverbände“, in dem auch die Komplexbindung und die zwischenmolekularen Kräfte integriert und damit sinnvoll und systematisch bearbeitet werden.

Nebenbei kann mit den hervorragend „animierten“ Laborgeräten sowie mit den anspruchsvoll-witzigen Texten u.a. auch dem Genderaspekt Aufmerksamkeit gezollt werden.

Ein wichtiges Prinzip im Aufbau der Sachdarstellungen ist die Dreistufigkeit. Nach einer Vorankündigung folgt die ausführliche Erklärung, welche dann im Gespräch zwischen „Destillato“, „Reagenzia“ und „Kolbi“ von vernachlässigbaren Details befreit und auf das Wesentliche verdichtet wird. Manchmal muss der Leser dabei Zugeständnisse machen und findet bei der modellhaften Begründung der unterschiedlichen Bindungstypen auch eine didaktisch sinnvolle Selbstkritik, etwa auf S. 76 im vorletzten Absatz oder auch auf S. 97 unten.

Das alles geschieht auf eine sehr gekonnte Weise, wobei die Quintessenz des Comics nur verständlich wird, wenn man sich zuvor der ausführlicheren Darlegung gewidmet hat. D.h. die Reihenfolge ist gleichermaßen zwingend wie hilfreich.

Wie oben schon angedeutet, finden sich jedoch auch Aussagen und Vereinfachungen, welche in gewisser Weise nur schwer zu akzeptieren sind und deshalb vor der Drucklegung einer neuen Auflage überdacht werden müssen.

So erscheint es problematisch und nicht immer konsequent, wenn bei der Strukturformel des Wassermoleküls die freien Elektronenpaare immer wieder anders angezeichnet werden, obwohl das EPA-Modell eigentlich eine sehr einheitliche Darstellung zugrunde legt (S. 78 und 79). Mindestens ab S. 78 wird das Kohlenstoffdioxid als Kohlendioxid angegeben, obwohl schon lange klar ist, dass die zweite Bezeichnung vermieden werden soll, um eine Assoziation mit „Kohle“ zu vermeiden. Auf S. 111 unten hat man dies berücksichtigt! Die Darstellung der Funktion des „Puffers“ hätte gemäß der Idee der Autoren eigentlich noch eine vereinfachendere Erklärung verdient (S. 170); denn Puffer sind ganz einfache Systeme, welche Oxonium-Ionen bzw. Hydroxid-Ionen abfangen, so dass eine dramatische Säure- bzw. Laugenwirkung verhindert wird.

Das leidige Problem mit der Unterscheidung von Plus-Pol und Minus-Pol bei galvanischen Elementen und Anode und Kathode bei elektrolytischen Vorgängen wird durch die anodische Oxidation und kathodische Reduktion aufzuheben gesucht (S. 186 ff). Dies deckt sich allerdings nicht immer mit traditionellen Unterrichtsabläufen.

Man merkt nun an den Seitenangaben im Verein mit den Kritikpunkten, dass sich das Buch nach hinten hin etwas „verengt“. Man könnte sagen, die Konzentration lässt nach und die Kapitel erfahren nicht mehr dieselbe akribische Bearbeitung wie im vorderen Bereich des Buches, dem allerdings die aufschlussreiche Kleinschrittigkeit bei der Berechnung des pH-Werts, des „pondus hydrogenii“ (S. 159) zu widersprechen scheint.

Samt und sonders handelt es sich bei diesem Buch um eine gut zu begründende und letztlich unverzichtbare Bereicherung des Lernmittelangebots. Wer das Buch bearbeitet, es mit Freude gelesen und sich konstruktiv mit den drei „Laborgeräten“ unterhalten hat, weiß nicht nur mehr über chemisches Know-How, er und sie gewinnen auch einen

sicheren Überblick über die wichtigen Fachinhalte aus AC, OC und PC. Er und sie können deshalb auch leichter weiterlernen. Er und sie fassen Mut und Zutrauen und vermögen die Verstehenshindernisse auf originellere Weise zu überwinden als mit den herkömmlichen Lernangeboten. „Chemie macchiato“ ist eine ideale Ergänzung für den Schulunterricht ... und für den Studienanfang! Für den chemischen Lernmittelmarkt ist es eine Innovation und für den Lehrer eine didaktische und mathetische Pflichtlektüre.

Michael A. Anton



## Physik macchiato

Kamilla Herber, Thomas Müller

1. Aufl., 216 Seiten, 2007

München: Pearson Studium

ISBN: 978-3-8273-7240-6

€ 15,40 [A]

Mit lockeren Texten und netten Cartoons führen Madame Joulie und Dr. Wattson durch Teile des klassischen Lehrstoffs. Das Buch sei gedacht für Menschen, die „Physik plötzlich brauchen“, z.B. für jene, die im Lauf eines Studiums merken, dass sie ihre Kenntnisse wieder auffrischen sollten. Nun kann man von einem kleinformatigen Buch (A5-Format) mit 200 Seiten kein ausführliches Lehrbuch erwarten. In sieben Kapiteln (Energie und Arbeit, Bewegungen, Gleichstromkreise, Elektromagnetismus, Schwingungen und Wellen, Licht, Kernphysik) geht es daher um Grundwissen (oder Teilen davon), werden Grundbegriffe wiederholt und in einfachen Anwendungen verwendet. Allerdings erscheint dem Rezensenten die Darstellung allzu gedrängt, ein Partner zum Diskutieren könnte hilfreich sein.

Für eine Erstauflage sind erfreulich wenig Fehler zu finden. Beim Auftrieb (S. 77) hat sich der Zeichner vertan: Im Gegensatz zur Darstellung schwimmen oder schweben Körper im Wasser, wenn Gewicht und Auftrieb im Gleichgewicht sind. Und bei der C-14-Methode auf S. 184 führt in einem an sich hübschen Beispiel eine unrealistische Annahme für die Aktivität des Holzes eines antiken Schiffswracks zu unglaubwürdigen Ergebnissen und zu einer nur psychologisch begründbaren „Korrektur“ des Ergebnisses. Erfreulich ist, dass so häufige Missverständnisse wie ein „Gleichgewicht“ zwischen Zentripetalkraft und Zentrifugalkraft hier nicht gepflegt werden.

Nützlich könnten die Cartoons für Lehrer sein – als Anregung oder Vorlage. Zum Wiederholen des Schulstoffs im Selbststudium erscheint die Darstellung allerdings zu gedrängt.

Helmut Kühnelt

## **Mathe Macchiato**

**I. Wagner, H. Partoll,  
W. Küstenmacher**

2003, 213 S., Pearson Studium  
ISBN 978-3-8273-7241-3

## **Mathe Macchiato Analysis**

**I. Wagner, H. Partoll, P. Fejes**

2005, 216 S. Pearson Studium  
ISBN 978-3-8273-7140-9

## **Statistik Macchiato**

**A. Lindenberg, I. Wagner,  
P. Fejes**

2007, 213 S., Pearson Studium  
ISBN 978-3-8273-7241-3

Naturwissenschaften den altherwürdigen Staub abzuklopfen und ihnen damit gleichzeitig das Furcht einflößende zu nehmen, haben sich in den letzten Jahren so manche auf die Fahnen geschrieben. So, wie es scheint, auch der Verlag Pearson Studium, der 2003 mit Mathe Macchiato – ein Cartoon-Mathematikurs für Schüler und Studenten ein eher unkonventionelles Lehrbuch herausbrachte, das auf den Charme süßer Comic-Charaktere und locker-flockigen Plauderton setzt. Mittlerweile werden auch Physik, Chemie, Statistik und Analysis mit Schokostreusel serviert, ein Konzept, das Aha-Erlebnisse und Spaß am Lösen von alltagsnahen Problemen garantieren soll. Die Bücher decken zwar viele Bereiche des Schulstoffs ab, wollen aber weder Unterricht noch Schulbuch ersetzen. Eher geht es den Autor/innen um einen alternativen Zugang, der nicht nur für Schüler/innen, sondern auch für Studierende und Interessierte attraktiv und unterhaltsam sein kann.

**Mathe macchiato** beginnt mit den Grundrechnungsarten und endet mit einem Ausblick auf die Differentialrechnung. Dazwischen erklärt die zuckersüße Miss Mathe den Funktionsbegriff, Häschen schleppen Koordinatenachsen herbei und ganz nebenbei werden scheinbar trockene Stoffgebiete wie Winkelfunktionen oder unendliche Reihen spannend aufbereitet.

Die Autor/innen führen viele mathematische Konzepte als Lösungsstrategien für alltagsnahe Probleme ein, Mathematik wird als nützliches Werkzeug präsentiert, das überraschend einfach zu handhaben ist. Zeitweise ist jedoch nicht ganz klar, für welche Altersgruppe dieses Buch gedacht ist,

wenn da z.B. von der Unbegrenztheit einer Ebene im Sinne der abstrakten, mathematischen Idee die Rede ist und auf der selben Seite erklärt wird: „Eine Figur mit drei Eckpunkten heißt Dreieck.“

**Mathe macchiato Analysis** zielt auf deutlich ältere, oder einfach weniger verspielte Klientel ab. Das zeigt sich sowohl in den behandelten Stoffgebieten (Differential- und Integralrechnung) als auch in den Comic-Charakteren, deren Humor allzu oft der untersten Schublade entstammt, wohl, um bei der pubertierenden Leserschaft gut anzukommen. Trotzdem bietet das Buch einen sehr guten Überblick über Themen, die vielen Schülerinnen und Schülern Schwierigkeiten bereiten. Von der Bedeutung des Differentials, über Kurvendiskussion und Extremwertaufgaben bis hin zum Volumen von Drehkörpern finden sich an vielen Stellen sehr anschauliche und gut aufgebaute Erklärungen. Leider sind manche Grafiken recht unübersichtlich und auch Piktogramme kommen etwas verschwenderisch zum Einsatz.

**Statistik macchiato** liefert einen sehr schön zu lesenden und interessanten Einstieg in die Wahrscheinlichkeitsrechnung. Nach Einführung der Grundbegriffe gelangt man recht schnell zu komplexen Aufgabenstellungen, die spannend und alltagsnah zum Weiterlesen und Weiterlernen motivieren. Vom Wahrscheinlichkeitsbegriff nach Laplace führt der Weg über Kombinatorik zu den wichtigsten Verteilungsfunktionen und schließlich zu Begriffen wie Signifikanz, Korrelation oder dem Chi-Quadrat-Test, die in vielen Studienrichtungen benötigt werden. Die Autor/innen gehen mit mathematischem Formalismus sparsamer um als in den beiden anderen Werken und setzen verstärkt auf (er)klärende Gespräche zwischen den sympathischen Hauptpersonen Statistica und ihrem Lehrling Bernie. Ein eher trockenes Thema erfrischend aufbreitet - sehr empfehlenswert.

Birgit Schörkhuber

## **Unterricht Physik Experimente – Medien – Modelle**

**Gernot Born, Horst Harreis (+)  
und Heiner Schwarze (Hrsg.)**

Aulis Verlag Deubner  
Jeder Band EUR 22,-

Als Buchreihe für den Physikunterricht in der Sekundarstufe I weisen alle Bände den gleichen Aufbau und die gleiche innere Gliederung auf: Einleitung, Struktur des Inhaltsbereichs und Basiswissen, Didaktische Leitvorstellungen und Gesamtplanungsfeld. Nach Literaturhinweisen folgen die Unterrichtsvorschläge, die zusammen mit den Materialien auf über 30 Seiten den Hauptteil eines jeden Bandes bilden. Jeder Unterrichtsvorschlag ist unter Formulierung der Lernziele und ausführlicher Beschreibung der einzelnen Lernschritte detailliert ausgearbeitet. Die eingesetzten Medien/

Materialien/Experimente sind ebenfalls dem jeweiligen Themenband zu entnehmen. Angeboten werden kopierfertige Arbeitsblätter und die Lösungen, Kopiervorlagen für häusliches Experimentieren und für Bauanleitungen, Testblätter und vieles mehr. Diese umfangreichen Materialien werden ergänzt durch Zusatzmedien wie Transparente, Diapositive, CD-ROM u. a., die in einer Medientasche in der Umschlaginnenseite des Bandes untergebracht sind. Die vorgeschlagenen Unterrichtseinheiten bieten vielfältige Anregungen für Schüleraktivität.

Von den geplanten 24 Bänden ist nun etwa die Hälfte erschienen ([s. http://www.aulis.de/items/view/unterricht-physik.html](http://www.aulis.de/items/view/unterricht-physik.html)).

**In letzter Zeit erschienen:**

### **Band 3/II: Optik III/2**

Wölb- und Hohlspiegel, Spiegelteleskop, Auge, Farben

**C. Schmidt-Roedenbeck, R. Müller,**

**P. Engelhardt, D. Herdt und H. Wiesner**

Format DIN A4, 86 S., 116 Abb., Spiralbdg., mit 4 Farbtransparenten. ISBN 978-3-7614-2536-7

Dieser Band schließt den Themenbereich „Optik“ ab. Wie alle anderen Bände nutzt er neben fachdidaktischen Erkenntnissen den Interessensaspekt, um bessere Lernerfolge bei den Schülerinnen und Schülern zu erzielen. Themen wie Astronomie und Astrophysik, damit verbunden das Spiegelteleskop, sowie der Kontext von Physik und Medizin oder Biologie steigern bekanntlich das Interesse an Physikunterricht. Die Unterrichtsvorschläge und die zahlreichen Materialien dieses Buches verstehen sich als Hilfe und Anregung bei der individuellen Unterrichtsplanung. Hervorzuheben ist die sehr eingehende Darstellung des optischen Systems Auge bei Mensch und Tier.

### **Band 12: Akustik**

**G. Pospiech und F. Siemsen**

DIN A4, 88 S., 58 Abb., Spiralbdg., mit Mini-Disc. ISBN 978-3-7614-2591-6

Fragen, mit denen dieser Band einen alltagsnahen Zugang zur Thematik „Akustik“ herstellt: Welche erstaunlichen Phänomene aus dem Reich des Schalls wecken Neugier, Fragen und Forschungsdrang? Was wäre das für ein Leben ohne das lebendige Wort, ohne Musik, ohne das Murmeln des Baches? Ohne Donner, ohne Verkehrslärm? Woher rührt der Zauber von Musik? Aber auch: Wie finde ich mich in der Vielfalt der Schallerscheinungen zurecht? Welche Sinne nehmen Schall wahr? Der Schall als Welle wird in diesem Band anhand einer wohlgedachten Abfolge von Unterrichtsvorschlägen und mit Hilfe von vielen kopierfertig vorliegenden Materialien behandelt – eine große Erleichterung bei der Vorbereitung eines guten Physikunterrichts.

### **Band 15: Elektrizitätslehre I**

Elektrischer Stromkreis, Antrieb und Widerstand

**R. Johansen, F. Kranzinger, M. Laukenmann und H. Schwarze**

Format DIN A4, 88 S., 137 Abb., Spiralbdg., mit 2 Farbtransparenten und 1 CD-ROM. ISBN 978-3-7614-2691-3

Der Kreisstrom der Elektrizität. Stromkreise in der Anwen-

dung. Elektrischer Antrieb und elektrische Potentialdifferenz. Kennlinien: Lampen, Leuchtdioden, Widerstände. Rechnen und Messen mit Widerständen. Spannungsteiler und Anwendungen. Elektromagnetische und elektronische Schalter.

### **Band 23: Entropielehre I**

Temperaturdifferenz und Entropiestrom

**R. Johansen, K. Rincke und H. Schwarze**

DIN A4, 80 S., 124 Abb., Spiralbdg., mit 3 Farbfolien

ISBN 978-3-7614-2537-4

Grundlegende Konzepte der elementaren Wärmelehre werden in diesem Band mit der Entropie entwickelt. Ausgehend von Temperaturdifferenzen und Entropieströmen wird die Entropieerzeugung behandelt und mit Wärmepumpen die Richtung des Entropiestroms umgekehrt sowie der absolute Nullpunkt und die Kelvin-Skala betrachtet. Neben grundlegenden fachorientierten Unterrichtseinheiten finden sich auch kontextgebundene Sequenzen (z.B. „Wärmeisolierung eines Hauses“), die an die Erfahrungswelt der Schüler anknüpfen.

Der Ansatz, Entropieflüsse statt Energieflüssen zu betrachten, folgt dem Karlsruhe Physikkurs. Dies erfordert ein Abgehen von Gewohnheiten und erscheint bei den gewählten Anwendungen noch nicht zwingend. Als experimentelle Ergänzung zu einem Unterrichtsgang gemäß dem Karlsruher Konzept sind die Materialien zu empfehlen.

### **Lexikon Geschichte der Physik A-Z**

**Armin Hermann**

4. Aufl., einbändige Sonderausgabe

Format DIN A5, 464 S., 58 Abb., br.

Aulis Verlag Deubner Köln 2007

ISBN 978-3-7614-2694-4

EUR 18,60.

Das Lexikon stellt einen Nachdruck des zuerst 1971 erschienen und zuletzt 1986 ergänzten Werkes des Physikhistorikers Armin Hermann dar. Der Vorteil ist ein günstiger Preis, ein Nachteil liegt wohl darin, dass dadurch weder neuere Forschungsergebnisse berücksichtigt werden, noch die physikalische Entwicklung der letzten 40 Jahre berücksichtigt werden konnte. Für die klassische Physik und die frühe Quantenphysik stellt das Werk jedoch ein handliches Kompendium zur Entwicklung physikalischer Konzepte und der involvierten Akteure dar. Reproduktionen von Titelblättern und Abbildungen der Originalliteratur und Briefen lockern den Text gelegentlich auf.

Helmut Kühnelt

## Das ganze Spektrum der Physik



PRISMA Physik bringt Transparenz in die Physik! Die klare Struktur bis ins Detail macht das Vermitteln von Fachwissen und Kompetenzen einzigartig leicht.

- Verständliche Texte und nachvollziehbare Arbeitsweisen
- Fachwissen und Methoden werden immer gemeinsam vermittelt
- Lehrer/innenmaterialien, auch für fachfremd Unterrichtende



### PRISMA Physik Schulbuch

NEU	PRISMA Physik 2	140352	978-3-209-05781-5	€ 9, <sup>20</sup>	○
NEU	PRISMA Physik 3	140467	978-3-209-06125-6	€ 9, <sup>20</sup>	○
NEU	PRISMA Physik 4				Erscheint im November 2009

### PRISMA Physik Projekte

NEU	PRISMA Physik Projekt Fortbewegung		978-3-209-06364-9	€ 7, <sup>00</sup>	●
NEU	PRISMA Physik Projekt Fortbewegung Lehrer/innenmaterial		978-3-209-06368-7	€ 8, <sup>20</sup>	●
NEU	PRISMA Physik Projekt Schall und Lärm		978-3-209-06366-3	€ 7, <sup>00</sup>	●
NEU	PRISMA Physik Projekt Schall und Lärm Lehrer/innenmaterial		978-3-209-06369-4	€ 8, <sup>20</sup>	●
NEU	PRISMA Physik Projekt Brücken und Bionik		978-3-209-06363-2	€ 7, <sup>00</sup>	●
NEU	PRISMA Physik Projekt Brücken und Bionik Lehrer/innenmaterial		978-3-209-06367-0	€ 8, <sup>20</sup>	●
NEU	PRISMA Physik Projekt Zeit		978-3-209-06374-8	€ 7, <sup>00</sup>	●
NEU	PRISMA Physik Projekt Naturbeobachtung		978-3-209-06365-6	€ 7, <sup>00</sup>	●



### PRISMA Physik Arbeitsblätter

NEU	PRISMA Physik Arbeitsblätter 1		978-3-209-06370-0	€ 25, <sup>70</sup>	●
NEU	PRISMA Physik Arbeitsblätter 1 CD-ROM		978-3-209-06371-7	€ 19, <sup>00</sup>	●

### PRISMA Physik multimedial

NEU	PRISMA Physik multimedial CD-ROM 1		978-3-209-06372-4	€ 14, <sup>90</sup>	●
NEU	PRISMA Physik multimedial CD-ROM 2		978-3-209-06373-1	€ 14, <sup>90</sup>	●



Weitere Informationen unter [www.oebv.at/prisma](http://www.oebv.at/prisma)

○ Gratis Ansichtsexemplar für Lehrerinnen und Lehrer ● Vollpreis ● Prüfstück zum Vorzugspreis mit 20 % Ermäßigung für Lehrerinnen und Lehrer  
Stand 01/2009, Preisänderungen und Druckfehler vorbehalten, Aktionszeitraum der Prüfstücke zum Vorzugspreis gültig bis 30.4.2009 und solange der Vorrat reicht.



## Machen Sie mit!

- Weiterentwicklung des Unterrichts in Mathematik, Naturwissenschaften, Informatik und verwandten Fächern
- Bewährtes entwickeln, Aktuelles und Neues im Unterricht erproben
- Austausch mit gleich gesinnten Kolleginnen und Kollegen

## Einladung

AN LEHRKRÄFTE DER VOLKSSCHULE UND DER SEKUNDARSTUFE (HS, AHS, BMHS, PTS, BS)  
zu Entwicklungsprojekten und Innovationsvorhaben in den MNI-Fächern sowie in Deutsch.

Der IMST-Fonds bietet fachliche, organisatorische und finanzielle Unterstützung für Ihr Projekt.

Die vom IMST-Fonds geförderten Projekte betreffen

- Lernen und Lehren mit neuen Medien
- Grundbildung und Standards
- Themenorientierung im Unterricht
- Interaktionen im Unterricht - Unterrichtsanalyse
- Entdecken, Forschen und Experimentieren
- Anwendungsorientierung und Berufsbildung
- Naturwissenschaften und Mathematik in der Volksschule
- Deutsch

Information und elektronische Antragstellung bis 30. 4. 2009 unter  
<http://imst.uni-klu.ac.at/fonds>

---

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