# PLUS LUCIS

Verein zur Förderung des Physikalischen und Chemischen Unterrichts
Österreichische Physikalische Gesellschaft - Fachausschuss Lehrkräfte an Höheren Schulen

**Junglehrer | Mondbahn | Filme im Unterricht | Nobelpreis 2005**
**Physik & Mathematik | Labor im Internet | 150 Jahre Dynamo**
**Freihandexperimente | Bücher**

**ISSN 1606-3015**

1-2/2006

# Impressum

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

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

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

**Redaktionsteam dieser Ausgabe:**
H. Kühnelt und W. Rentzsch

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

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

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

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

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

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

**Umschlagbild:**
Collage aus Sonne auf Eingangstor in Freistadt/Mühlviertel, Sonnenuhr Schloßpark Schönbrunn

# Inhalt

**Vorwort** ..... 1

## Aktuelles

Österreichische Zentren für Didaktik – Naturwissenschaften ..... 2
Asteroid Itokawa ..... 6
Pünktlich durch gekämmtes Licht – *M. Peroutka, K. Römer, W. Adlassnig* ..... 52
Junge Physikbotschafter in Taipei – *U. Regner* ..... 62
Ludwig Boltzmann in Graz – Ausstellung ..... 64
Management & Umwelt – *R. Christian* ..... 72

## Fachdidaktik

Physikunterricht – Ideale junger Lehrer und Wirklichkeiten – *G. Merzyn* .... 3
Physikunterricht – Die Bedeutung von Vorstellungen – *E. Stütz* ..... 7
Auseinandergelebt? Physik und Mathematik – *G. Rath* ..... 9
Motivation durch Blockbuster – *M. Kriebert, H. Oberhummer* ..... 14
Wie sieht die Mondbahn aus? – *T. Kranjc* ..... 19
Erdaufgang am Mond? – *E. Stütz, H. Kühnelt* ..... 24
Technisches Schaffen erfordert physikalisches Denken – *L. Stadler* ..... 25
Ferngesteuertes Labor im Internet – *S. Altherr, M. Vetter, B. Eckert, H. J. Jodl* ... 28
Schüler unterrichten Knirpse – *J. Gamberger* ..... 36
Kinder schreiben Forschungstagebücher – *G. Graninger-Pohle* ..... 38
Schafft die Zentrifugalkraft ab! – *H. Kühnelt* ..... 39
Migration im NaWi-Unterricht – *S. Neumann, C. Nagel, H. Stadler* ..... 40
Projekte im Physikunterricht in den USA – *B. Gartner* ..... 43

## Tagungen

4. Georg von Peuerbach Symposium – von Newton zu Gauß ..... 35
IMST Tagung ..... 65
56. Jahrestagung der ÖGP ..... U4

## Historisches

W. v. Siemens – 150 Jahre Magnet-Dynamo – *F. Pichler* ..... 57

## Nachruf

Josef Schreiner – *Th. Duenbostl* ..... 55
Ernst Gunacker – *L. Mathelitsch, E. Reichel* ..... 56

## Freihandexperimente

Bohrende Hitze – *W. Rentzsch* ..... 66
Eisen in Sauerstoff – *H. Klinglmair* ..... 66
Carbonatnachweis in Kalktafelkreide – *H. Klinglmair* ..... 67
Das „verstopfte" Teesieb – *H. Klinglmair* ..... 67

**Bücher** ..... 68

# 2006

## Gedenken an Ludwig Boltzmann

*„Bring vor, was wahr ist;*
*schreib so, dass es klar ist.*
*Und verficht's, bis es mit dir gar ist!"*

Boltzmann's Motto entsprach seinem Charakter: geradlinig und undiplomatisch, wenn es um den Inhalt geht. Bei der Darstellung kommt Boltzmann dem Leser entgegen – kein Verstecken hinter klingenden Fremdwörtern und verdunkelnden Satzkonstruktionen: Seine „Populären Schriften" sind auch heute noch mit Genuss und Gewinn zu lesen. Und stehe zu deinem Standpunkt, solange du lebst!

Nicht nur die österreichischen Physiker gedenken Boltzmanns zum 100. Todestag. Eine internationale Tagung am Erwin Schrödinger-Institut für mathematische Physik in Wien beleuchtete Boltzmanns Vermächtnis für Fachleute wie auch für die interessierten Laien. Jürgen Renn, Direktor am Max Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, stellte in seiner „Wiener Vorlesung" die Frage, ob Boltzmann am Ende der klassischen Physik, insbesondere des mechanischen Zeitalters gestanden sei, oder am Beginn der modernen Physik. Beide Standpunkte lassen sich begründen, doch erscheint Boltzmanns Beitrag zur Physik des 20. Jahrhunderts als so bedeutend, dass Boltzmann als markante Persönlichkeit des Übergangs und als Wegbereiter der modernen Physik anzusehen ist. Planck's Ableitung des Strahlungsgesetzes, allgemein als der Beginn der Quantenphysik angesehen, beruht auf Boltzmann's statistischen Methoden und auf dessen Idee, Energie in kleinen Paketen zu betrachten.

Ein weiteres Gedenken an Boltzmann wird bei der Jahrestagung der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft am 18. September 2006 in Graz erfolgen – siehe die entsprechende Ankündigung im Heftinneren.

## IMST und die Fachdidaktik

Es tut sich was zur Unterstützung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. Regionale Netzwerke sind in den meisten Bundesländern in Zusammenarbeit von Landesschulrat, den Arbeitsgemeinschaften und IMST eingerichtet und vereinen Pflichtschulen mit Höheren Schulen. Sie sind aktiv und bringen in interessanten und qualitätsvollen Veranstaltungen wichtige Themen wie Standards und Prüfungskultur an zahlreiche Lehrkräfte heran.

Der MNI-Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung geht in sein drittes Jahr. Beim Innovationstag 2006 im Bio-Zentrum der Universität Wien am 21. 9. 2006 werden die abgeschlossenen Vorhaben präsentiert, über 150 Projekte wurden für das Schuljahr 2006/07 mit durchschnittlich EUR 3.000,- vom Kuratorium bewilligt. Auch das BMBWK setzt auf eine Verlängerung über 2007 hinaus. Bei entsprechender Mittelzuweisung ist die Ausweitung auf den Mathematik- und Sachunterricht der Volksschulen ab Herbst 2007 geplant.

Während es im Bereich der Mathematik Professuren für Didaktik an den Universitäten Wien, Klagenfurt und Linz gibt, fehlen diese bisher in den Naturwissenschaften – mit Ausnahme der Biologie in Salzburg. Dank einer Anschubfinanzierung durch das BMBWK sind Kompetenzzentren für Didaktik an den Universitäten Klagenfurt (für Deutsch und Mathematik) und Wien (für Biologie, Chemie und Physik) im Entstehen. Sie sollen vor allem österreichweite Aufgaben übernehmen. Fünf Didaktikprofessuren sollen bis Herbst 2007 besetzt werden. Als erste Aufgabe ist die Durchführung des zweijährigen Lehrgangs Fachbezogenes Bildungsmanagement ab Herbst 2006 zu bewältigen.

## Finnische Impressionen

Im Dezember 2005 bot sich mir die Gelegenheit, an einer vom Finnischen Unterrichtsministerium veranstalteten PISA-Tagung in Helsinki teilzunehmen. Der Eindruck von Johannes Reitinger (PLUS LUCIS 1-2/2005) wiederholte sich für mich. Die Pflichtschule ist ein allgemeines Anliegen. Die Förderung der Lernschwachen wird schon aus dem Grund ernst genommen, dass schlechte Ausbildung zu schlechten Chancen am Arbeitsmarkt und damit zu teurer Arbeitslosigkeit und hohen Folgekosten für die Gesellschaft führt. Etwa 16% der Schülerinnen und Schüler erhalten Förderunterricht (zur selben Zeit wie die normale Klasse), dafür stehen Lehrkräfte mit einjähriger Zusatzausbildung zur Verfügung. Für Schulverweigerer überlegt man sich Lösungen. Die Vorstellung, dass bezahlte Nachhilfe gang und gebe sein könnte, trifft auf völliges Unverständnis – man zahle genug Steuern.

Einige weitere Auffälligkeiten, wie sie von den Finnen berichtet wurden (und in 2 Tagen nicht überprüft werden können): Schule ist den Gemeinden als Schulerhalter wichtig und dient nicht als Spielball der Politik; Lernen ist nicht „uncool", und nur 1/6 der Bewerber für ein Lehrerstudium wird zugelassen – entsprechend ist das öffentliche Ansehen der Lehrerschaft. Das Vorschuljahr ist praktisch Pflicht.

Als Probleme werden genannt: das schlechtere PISA-Ergebnis für Burschen und der Lehrermangel in Mittel- und Nordfinnland. Vergessen sollte man nicht, dass nur 2% der Bevölkerung Ausländer sind.

---

Dieses Heft ist wieder zur Doppelnummer angewachsen. Dank sei den Kolleginnen und Kollegen, die Beiträge geliefert haben. Wie steht es mit Ihrem Beitrag, liebe Leserin, lieber Leser? Die Sommerzeit bringt neben dem verdienten Urlaub auch Zeit zur Muße und zum Schreiben.

Mit den besten Wünschen für einen erholsamen Sommer grüßt Sie herzlichst

Ihr Helmut Kühnelt

# Österreichische Zentren für Didaktik – Naturwissenschaften

Studierende für das Lehramt an Höheren Schulen stellen an Österreichs Universitäten einen beträchtlichen Anteil der Hörerinnen und Hörer, in manchen Fächern sogar die Mehrheit. Trotzdem wurde die fachdidaktische Ausbildung gegenüber der fachlichen bisher unterbewertet. Im Gegensatz zum deutsch- und englischsprachigen Ausland ist Fachdidaktik als wissenschaftliche Disziplin mit der Ausnahme Mathematik (Wien, Klagenfurt, Linz) und – an der Universität Salzburg – der Biologie nicht institutionell vertreten. (Dies hebt das Verdienst einzelner Personen, die als „Freiwillige" die Didaktik in Forschung und Lehre weiter entwickelt haben.)

Zur Übernahme österreichweiter Forschungs- und Entwicklungsaufgaben sowie von Fortbildungen wurde im Rahmen des IMST²-Projekts die Einrichtung von nationalen Zentren für Fachdidaktik vorgeschlagen. Das BMBWK hat diesen Vorschlag aufgegriffen und zunächst der Universität Klagenfurt je ein Zentrum für Deutschdidaktik und für Mathematikdidaktik und der Universität Wien je ein Zentrum für Didaktik der Biologie, der Chemie und der Physik durch Sondermittel finanziert. Da damit der bisherige Aufgabenbereich der Universitäten erweitert wird und zusätzliche Stellen wie auch Sachmittel erforderlich werden, wird die weitere Finanzierung in den Leistungsvereinbarungen zwischen BMBWK und den Universitäten zu regeln sein.

Mit 1. Jänner 2006 hat an der Universität Wien der Aufbau der drei naturwissenschaftsdidaktischen Zentren begonnen. Mit der Leitung in der Aufbauphase wurden Prof. Günther Pass (Biologie), Prof. Herbert Ipser (Chemie) und Prof. Helmut Kühnelt (Physik) betraut.

Als erste wichtige Aufgabe ist den Fachdidaktikzenren die Planung und Durchführung des Teils Fachdidaktiken der Naturwissenschaften des Lehrgangs Professional Academy – Fachbezogenes Bildungsmanagement aufgetragen worden (s. http://fbm.uni-klu.ac.at). Dafür wurden 3 Lehrkräfte in Teilzeit angestellt. Der Lehrgang beginnt am 28. Sept. 2006.

Der weitere Ausbau wird schrittweise erfolgen. Spätestens ab September 2007 sollten insgesamt 3 Professuren für Didaktik mit weiterem Personal tätig sein. Ein umfangreicher Aufgabenkatalog wurde in der Gründungsvereinbarung festgelegt – zu umfangreich, um im vollen Umfang jetzt schon angegangen zu werden (s. http://www.univie.ac.at/aeccp).

Vordringliche Aufgaben der Zentren, bei denen Mitarbeit erwünscht ist, sind für die nächste Zeit:

- Planung, Durchführung und Evaluation innovativer Forschungs- und Entwicklungsprojekte (angewandte und grundlagenorientiert) und Nutzbarmachen von Ergebnissen für die Schulpraxis.
- Beratung und Begleitung nationaler Entwicklungen (z.B. von Lehrplänen und Standards) bzw. internationaler Programme (z.B. PISA).
- Systematische Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses bzw. von forschungsinteressierten Lehrer/innen.
- Erarbeitung von Vorschlägen für Maßnahmen zur Verbesserung der Lehrer/innenbildung
- Aufbau eines Bibliotheksservices für einschlägige Literatur.
- Impulse zur Verbreitung von e-learning & e-teaching.
- PR-Tätigkeit zur Erhöhung des Prestiges der Fachdidaktiken durch öffentliche Diskussionen, Tagungen, Publikationen,

## Symposium Didaktiken der Naturwissenschaften

### 20. Oktober 2006, 15 – 18 Uhr

Großer Hörsaal des Instituts für Materialphysik, Universität Wien, Strudlhofgasse 4, 3. Stock

Die im Jänner 2006 gegründeten Österreichischen Kompetenzzentren für Didaktik der Biologie, der Chemie und der Physik laden zu einem Symposium über Aspekte der Naturwissenschaftsdidaktik ein.

**Vorträge:**

Prof. Dr. Manfred Euler (IPN Kiel): „Lernen durch Experimentieren"

Prof. Dr. Elke Sumfleth (Uni Essen): „Chemiedidaktik: ‚Chemie light' oder doch eine forschende Disziplin?"

Prof. Dr. Ulrich Kattmann (Uni Oldenburg): „Didaktische Rekonstruktion der Evolution – Wie Biologie sinnvoll gelernt wird"

Die Einladung richtet sich an Alle, denen die Lehreraus- und -weiterbildung in den Naturwissenschaften und die Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts ein Anliegen ist.

## Gastvorlesung Prof. Labudde

Das Blockseminar „Lernen und Lehren der Naturwissenschaften aus konstruktivistischer Sicht" findet am 10. und 11. Nov. 2006 und am 19. und 20. Jänner 2007 an der Universität Wien statt. Dieses Seminar ist Teil des Dissertationskollegs Didaktik der Naturwissenschaften. Details zur Anmeldung ab 1. 10. 2006 unter http://www.univie.ac.at/aeccp.

Physikunterricht

# Ideale junger Lehrer und Wirklichkeit

Gottfried Merzyn

## Unsere Lehrerbefragung

In einem zweijährigen Projekt befragten wir junge Gymnasiallehrer der Physik am Ende des Referendariats. Systematisch wurden zwei Examensjahrgänge in fünf deutschen Bundesländern erfasst. 180 Referendare antworteten bei dieser schriftlichen Befragung (Antwortquote 59%). Ergebnisse desjenigen Teils, der die Lehrerausbildung zum Inhalt hat, sind inzwischen in einem Buch (Merzyn 2004) und in mehreren Aufsätzen dargestellt worden. An dieser Stelle soll ein anderer Teil der Ergebnisse präsentiert werden. Es geht in ihm um „gelungenen Unterricht".

## Gelungener Unterricht

Der Begriff „gelungener Unterricht" wird in der fachdidaktischen Diskussion selten benutzt. Dieser Befund gilt auch dann, wenn man inhaltlich benachbarte Begriffe hinzunimmt, beispielsweise „guter Unterricht" und „hohe Unterrichtsqualität". Dennoch wird mit dem Begriff natürlich ein Kernanliegen der Schule und der Fachdidaktik bezeichnet. Was ist wichtig, wenn nicht dieses: guten Unterricht machen, Maßstäbe für guten Unterricht gewinnen, Rahmenbedingungen für guten Unterricht schaffen, Lehramtsstudenten ein Stück weit zu gelingendem Unterricht hinführen? Die unterrichtsbezogenen Zeitschriften dienen von der ersten bis zur letzten Seite diesem Anliegen; jedes Lehrbuch der Fachdidaktik und jeder Lehrplan handeln davon. Gerade aus der Fülle der Ratschläge und Forderungen, die sich in all dieser Literatur finden, ergeben sich für den jungen Lehrer Schwierigkeiten. Er muss lernen, Wichtigeres und weniger Wichtiges zu unterscheiden. Er muss die Vielzahl der Erkenntnisse und Empfehlungen stark verdichten und vereinfachen. Nur so wird er seine anfängliche Unsicherheit überwinden. Nur so wird er bei der Unterrichtsplanung und dann auch vor der Klasse handlungsfähig bleiben. Der Begriff „gelungener Unterricht" kann helfen, sich über das Ergebnis dieses Verdichtungsprozesses zu verständigen.

Zentral ist die Frage nach gelungenem Unterricht im Schulpraktikum und bei Vorführstunden im Referendariat. Die Unterrichtsnachbesprechungen haben anfangs als eine wesentliche Funktion die, zwischen dem Studenten und dem Betreuer ein gemeinsames Gerüst an Merkmalen guten Unterrichts auszuhandeln. Dieses kann dann im weiteren Verlauf des Praktikums (Referendariats) eine Basis für Urteile geben, die auch vom Studenten als einigermaßen fair akzeptiert werden. Schlecht wird er sich bei der Nachbesprechung fühlen, wenn dort auf einmal Aspekte im Zentrum stehen, denen er bis dahin keine große Aufmerksamkeit glaubte schenken zu müssen. Um solchen Überraschungen zu begegnen, sind wiederholt Beurteilungskataloge und -raster verfasst worden. Auch in ihnen wird das komplexe Unterrichtsgeschehen stark komprimiert. Sie sind aufschlussreiche Beiträge zum Thema „gelungener Unterricht".

## Kennzeichen gelungenen Unterrichts in der Befragung

In unserer Untersuchung fragten wir:

„Bei einer wirklich guten Physikstunde muss sehr vieles zusammenkommen. Nennen Sie ein bis drei besonders markante Kennzeichen für 'gelungenen' Unterricht!"

Die antwortenden jungen Lehrer hatten gerade die Gymnasiallehrerausbildung fertig durchlaufen (also Universitätsstudium und ein in der Regel zweijähriges Referendariat). Sie alle hatten gerade das 2. Staatsexamen bestanden.[*)] 169 von den 180 ausgewerteten Fragebögen enthielten ein oder mehrere Kennzeichen gelungenen Unterrichts. Insgesamt 446 Kennzeichen wurden genannt. Auf diese Zahl beziehen sich die nachfolgend angegebenen Prozentsätze.

## Schüleraktivität

Am häufigsten wird Schüleraktivität als Kennzeichen gelungenen Unterrichts angesehen. 41% aller Antworten zielen in diese Richtung. Typische Antworten sind „hohe Schülerbeteiligung", „Schüler arbeiten selbständig", „Schülerexperimente", „Schüler stellen Fragen", „Diskussion", „Schüler finden Erklärung".

Die jungen Lehrer wenden sich damit gegen einen Lehrer eine Physikvorlesung im Schulgebäude. Sie übernehmen

Univ. Prof. Dr. G. Merzyn, Universität Lüneburg, befasst sich mit Ausbildungsfragen.

*) Die volle Lehrbefugnis für Gymnasien wird in Deutschland mit zwei Staatsprüfungen und einem zweijährigen Praktikum erreicht.

zentrierten Unterricht, gegen einen Frontalunterricht, gegenpädagogische Leitideen, die sich im Ansatz schon bei den Philanthropen finden. Arbeitsschulbewegung und Reformpädagogik stellten dann vor knapp 100 Jahren die Selbsttätigkeit der Schüler ins Zentrum ihrer Bestrebungen. Neuerdings wird diese pädagogische Leitidee als Element des „Konstruktivismus" fortgeführt.

Der Sammelbegriff „Schüleraktivität" umfasst theoretisch eine Vielzahl unterschiedlicher Tätigkeiten und Unterrichtsformen. In der alltäglichen Unterrichtspraxis spielen nur wenige Handlungen eine nennenswerte Rolle. „Schüleraktivität" im Physikunterricht bedeutet weit überwiegend „Schülerversuch" (vgl. Abb. 2 unten), und eine Diskussion um Schüleraktivität verengt sich leicht auf die Frage „Schüler- oder Lehrerexperiment?" (Merzyn 1996).

## Interesse und Motivation

Mit deutlichem Abstand auf dem zweiten Platz landet eine Gruppe von Antworten (26%), die die affektive Seite des Unterrichts betonen. Interesse, Spaß, Motivation sind Schlüsselbegriffe in dieser Antwortgruppe. Das ausgeprägte Eintreten der jungen Lehrer für einen Physikunterricht, der stark am Schülerinteresse ausgerichtet ist, kommt nicht überraschend. Ein ganz ähnliches Votum findet sich bereits in einer großen, schulformübergreifenden Physiklehrerbefragung von 1994 (Merzyn 1994). Dort hatten die Lehrer Stellung nehmen sollen zur Aussage „Es ist wichtiger, Interesse und Freude an Physik zu wecken, als möglichst viele Fachkenntnisse zu vermitteln." Abb. 1 zeigt, wie stark die Lehrer damals dem Satz zustimmten.

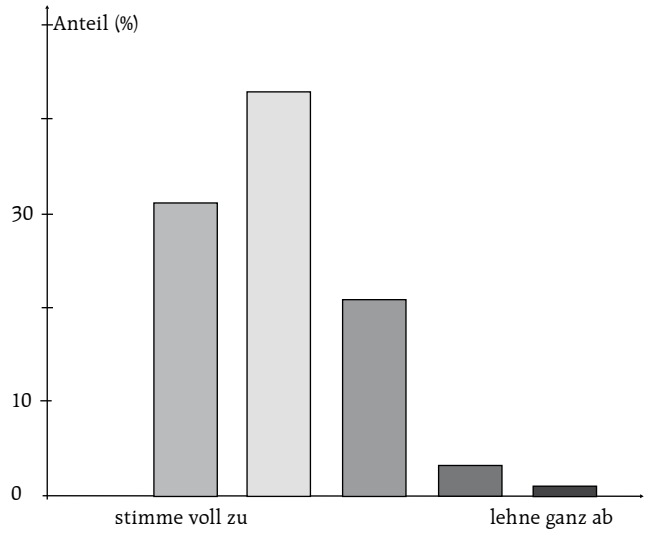



Abb. 1: Physiklehrer nehmen Stellung zur Aussage „Es ist wichtiger, Interesse und Freude an Physik zu wecken, als möglichst viele Fachkenntnisse zu vermitteln". Antwortverteilung (Merzyn 1994)

Die erste und die zweite Gruppe von Kennzeichen gelungenen Unterrichts ergänzen einander. Während die erste mehr den kognitiven Aspekt im Blick hat, ist die zweite klar auf die affektive Seite gerichtet. Beide Gruppen gleichermaßen stellen den Schüler in den Mittelpunkt. Beide Gruppen zusammen wenden sich gegen eine Lern- und Paukschule alten Stils, in der die Schüler nur Objekt der Unterweisung sind.

## Alltagsbezug

Den dritten Platz unter den Antworten nimmt eine Gruppe ein, in der es stärker um die Unterrichtsinhalte geht. Kennzeichen ist hier der Alltagsbezug des Unterrichts. Typische Antworten lauten „Alltagserfahrung ist Ausgangspunkt der Stunde", „Anwendungen des Gelernten verdeutlichen". Auch „Schülervorstellungen" und „Naturphänomene" wurden dieser Gruppe zugeordnet. Zu dieser dritten Gruppe gehören 13% der Antworten – also wieder ein deutlicher Abstand zur vorhergehenden Gruppe.

Wer Alltagsbezug und Anwendungsnähe für den Physikunterricht fordert, wendet sich damit, grob gesagt, gegen eine reine Fachorientierung. Er wendet sich gegen einen Unterricht, bei dem Auswahl der Inhalte und ihre Abfolge allein der innerfachlichen Sicht der Hochschuldisziplin „Physik" folgen. Da mit dem Alltag der Alltag des physikalischen Laien, insbesondere auch der des Schülers, gemeint ist, fordert die dritte Antwortgruppe erneut, den Schüler zu beachten.

Fasst man die drei dominierenden Antwortgruppen zusammen, so orientiert sich gelungener Unterricht in dreifacher Weise am Schüler. Er zielt

- auf aktives Handeln der Schüler,
- auf emotionale Beteiligung der Schüler und
- auf Verknüpfung der Lerninhalte mit dem alltäglichen Leben der Schüler.

## Die Unterrichtsrealität im Vergleich dazu

Es ist erhellend, die drei bevorzugt genannten Kennzeichen gelungenen Physikunterrichts mit dem derzeit in Deutschland, aber nicht nur dort, üblichen Unterricht zu vergleichen.

## Schüleraktivität

Die schon erwähnte bundesweite Lehrerbefragung von 1994 macht deutlich, dass der Physikunterricht sich im wesentlichen auf fünf Aktionsformen verteilt: Abb. 2.

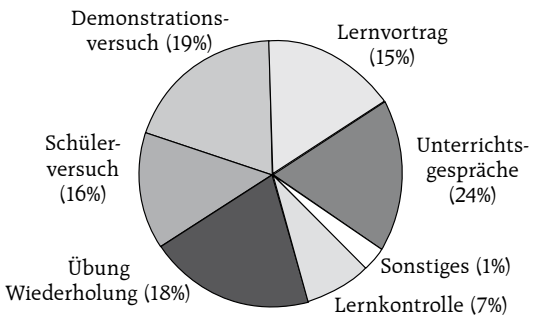



Abb. 2: Zeitanteile verschiedener Aktionsformen im deutschen Physikunterricht, nach einer bundesweiten, schulformübergreifenden Lehrerbefragung (n = 577) (Merzyn 1994)

Dabei ist die Aktionsform „Unterrichtsgespräch", wie man inzwischen besser als damals weiß, vorwiegend ein fragend-entwickelndes Gespräch. Es ist eng geführt (BMBF 2001, S.45). Der Umfang der Schülerbeteiligung ist gering, und für eigenständige gedankliche Leistungen bleibt wenig Raum. Als wichtigste Schülertätigkeit bleibt der Schülerversuch. Selbst bei ihm agieren die Schüler selten selbständig. Sie arbeiten üblicherweise recht genaue Versuchsanleitungen ab. Betrachtet man den Unterricht insgesamt, ist die Schüleraktivität mithin gering.
Das Bild der Physiklehrerbefragung von 1994 ist im Einklang mit einer umfassenden amtlichen Bestandsaufnahme des Schulunterrichts in Niedersachsen aus derselben Zeit. In ihr wird der naturwissenschaftliche Unterricht der Sekundarstufe I als weitgehend lehrerzentriert beschrieben (Merzyn 1996, S. 46). Dieses Bild wird auch durch neuere Untersuchungen bestätigt. In der TIMS-Studie ergab sich: „Der Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe scheint vornehmlich Demonstrationsunterricht zu sein, in dem Lehrkräfte mit Hilfe des Vorführexperiments einen physikalischen Gedankengang entwickeln. Das gelenkte Schülerexperiment ist selten, und die Entwicklung von Experimenten durch Schüler kommt praktisch nicht vor" (BMBF 2001, S. 36). Die auf TIMSS folgenden Videostudien lieferten erneut ganz ähnliche Beschreibungen (Tenorth 2004, S.184 und 231).

## Interesse und Motivation

Hier ist die Lage noch klarer als bei der Schüleraktivität. Das Schulfach Physik hat seit langem mit erheblichen Problemen zu kämpfen, was das Schülerinteresse betrifft. Eine am Beginn der Sekundarstufe I noch verbreitete Aufgeschlossenheit und Neugier vergeht, sobald der Fachunterricht einsetzt, recht bald. Nur eine Minderheit der Schüler, vorzugsweise Jungen, bleibt interessiert. Der Rest wird nicht nur gleichgültig, sondern entwickelt z. T. ausgesprochene Aversionen gegen das Fach. Nach Muckenfuß (1995, S. 77) beispielsweise ist in der Realschule für 25 % der Jungen und für 60% der Mädchen Physik eines der drei unbeliebtesten Schulfächer. Im Gymnasium signalisieren die Kurswahlen der gymnasialen Oberstufe eine ähnlich verbreitete Ablehnung (Heber 1998, S. 52).

## Alltagsbezug

Auch bei diesem Aspekt ergibt sich eine deutliche Diskrepanz zwischen gewünschtem (idealem) und realem Unterricht. Sichtbar wird diese Diskrepanz vor allem in Schülerbefragungen. Für den Bereich der Haupt- und Realschule sei stellvertretend die Untersuchung von Berge und Göttsching (1977) angeführt. Viele Schüler sehen danach keine Verbindungen des Schulfaches Physik mit dem Alltag. Sie wünschen sich mehr Themen, die auch außerhalb der Schule wichtig sind, und mehr Gespräche über physikalische Probleme im täglichen Leben. Für den Bereich des Gymnasiums diene eine Befragung von Dengler (1995) als Beispiel. An führender Stelle nennen die Schüler als Wunsch an den Physikunterricht: „mehr praktische Anwendungen".

Realer Physikunterricht ist, wie dieser sehr knappe Überblick zeigt, durch erhebliche Defizite genau in jenen drei Bereichen geprägt, die nach Ansicht der befragten Lehrer gelungenen Unterricht charakterisieren.

Die zugehörige fachdidaktische Diskussion zu diesen Defiziten betrachtet die drei Bereiche nicht als drei voneinander getrennte Problemzonen, sondern weist auf den engen inneren Zusammenhang hin. Im Zentrum der Überlegungen steht das fehlende Interesse. Schüleraktivität und Alltagsbezug gelten als besonders geeignet, diesem Mangel abzuhelfen und Interesse zu mehren.

## Reformtendenzen

Die Ideale der von uns befragten jungen Lehrer stehen also in allen drei Hauptpunkten in markantem Kontrast zum Schulalltag. Sie sind Wegweisungen, was sich ändern müsste. Bekanntlich zielen aktuelle österreichische Reformbemühungen in dieselbe Richtung. Drei Beispiele:

- Am BG/BRG Leibnitz haben in den letzten Jahren im „Naturwissenschaftlichen Labor" eigenständige und praktische Arbeiten den Frontalunterricht fast vollständig verdrängt (Rauch, Kreis 2002, S. 98).
- Im Rahmen von IMST², Schwerpunkt Schulentwicklung, sind an vielen Schulen didaktische Initiativen in Gang gekommen. Hauptmotivator dafür ist, wie diese Zeitschrift berichtete, die angestrebte Steigerung der Attraktivität bei Schüler/innen, um dem Image eines trockenen und theoretischen Unterrichts entgegenzutreten (Rauch, Kreis 2001).
- Im neuen Lehrplan für die AHS-Oberstufe wird gefordert, die physikalischen Konzepte schülerzentriert, ausgehend von den Erfahrungen der Schüler und Schülerinnen in ihrer Umwelt, zu bearbeiten (Kühnelt 2003).

Ähnliche Bestrebungen findet man auch in anderen Ländern. So ist in einem aktuellen Bericht aus Finnland „Schülerorientierung" ein zentraler Begriff für den naturwissenschaftlichen Unterricht (Reitinger 2005).

## Resümee

Die jungen Lehrer unserer Befragung haben bemerkenswert klare und bemerkenswert einheitliche Vorstellungen von gelungenem Unterricht. Hervorstechend nennen sie drei Kennzeichen: Schüleraktivität (41% der Nennungen), Interesse und Motivation der Schüler (26%), Alltagsbezug des Unterrichts (13%). Sie stellen mit diesen Kennzeichen eine starke Schülerorientierung ins Zentrum. Ein Vergleich mit Eigenschaften realen Unterrichts zeigt dessen erheblichen Abstand von „gelungenem Unterricht".
In den Kennzeichen bringen die Befragten teils direkt, teils indirekt zum Ausdruck, wie wichtig ihnen höheres Schülerinteresse und größere Fachbeliebtheit ist. Ihre Voten fügen sich nahtlos in die aktuelle internationale Diskussion zur Verbesserung des Physikunterrichts ein.

## Literatur:


Berge, O.E., Göttsching, A. (1977): Über die Einstellung der Mädchen zum Physikunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie 27, 257-261.

BMBF (2001). Bundesministerium für Bildung und Forschung: TIMSS – Impulse für Schule und Unterricht. Bonn: BMBF.

Dengler, R. (1995): Physik – ein Teil unserer Kultur? Erlangen: Palm & Enke.

Heber, I. (1998) in: Peschel, I. et al. (Hrsg.): Physik-Handbuch. Bad Honnef: Dt. Physikalische Gesellschaft.

Kühnelt, H. (2003): Lehrplan Physik für die AHS-Oberstufe - neu 2004? PLUS LUCIS 2,2.

Merzyn, G. (1994): Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht. Kiel: IPN (IPN-Reihe Bd. 139).

Merzyn, G. (1996): Schülerexperimente und Lehrerausbildung. Praxis der Naturwissenschaften – Physik 45, 7, 45-47.

Merzyn, G. (2004): Lehrerausbildung – Bilanz und Reformbedarf. Überblick über die Diskussion zur Gymnasiallehrerausbildung, basierend vor allem auf Stellungnahmen von Wissenschafts- und Bildungsgremien sowie auf Erfahrungen von Referendaren und Lehrern. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.

Muckenfuß, H. (1995): Lernen im sinnstiftenden Kontext. Berlin: Cornelsen.

Rauch, F., Kreis, I. (2001): IMST². Schwerpunkt Schulentwicklung. PLUS LUCIS 2, 10-12.

Rauch, F., Kreis, I. (2002): Schulentwicklung und Innovation im naturwissenschaftlichen und mathematischen Unterricht. In: Krainer, K. et al. (Hrsg.): Lernen im Aufbruch: Mathematik und Naturwissenschaften. Pilotprojekt IMST². Innsbruck: Studienverlag, 95-104.

Reitinger, J. (2005): Finnland und PISA. PLUS LUCIS 1-2, 5-9.

Tenorth, H.-E. (Hrsg.) (2004): Kerncurriculum Oberstufe, Bd. II. Weinheim: Beltz.


# Asteroid Itokawa

Der Asteroid Itokawa bewegt sich zwischen 0,953 AE (Perihel) bis 1,695 AE (Aphel) in rund 556 Tagen auf einer exzentrischen Bahn um die Sonne, seine Bahn ist weniger als 2 Grad gegen die Ekliptik geneigt.

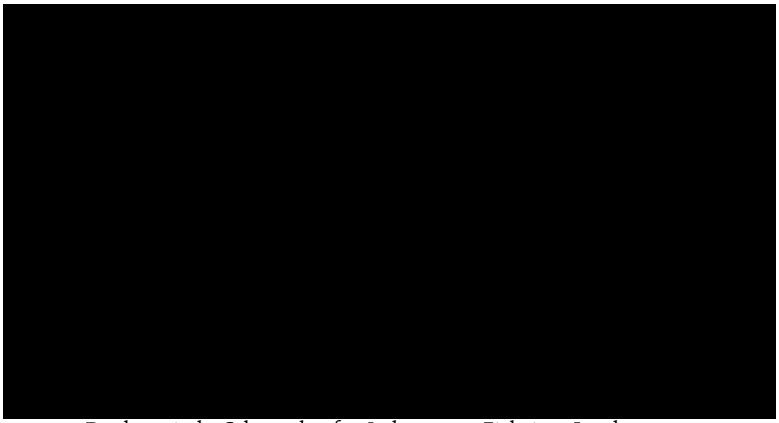
Die lange Reise des japanischen Forschungssatelliten Hayabusa, japanisch für Falke, begann am 9. Mai 2003. Ähnlich wie andere Sonden im Sonnensystem gelangte er nicht direkt zu seinem Ziel. Etwa ein Jahr nach dem Start, am 19. Mai 2004, holte das kleine Raumschiff durch einen nahen Vorbeiflug an der Erde den fehlenden Schwung. Am 12. September 2005 schließlich schwenkte der Satellit in eine Umlaufbahn in 20 km Höhe über dem Asteroiden Itokawa ein. Danach wurde die Höhe langsam bis auf 7 km reduziert und die Oberfläche des Asteroiden kartographiert, um nach einem geeigneten Landeplatz zu suchen. Schließlich sollte der Satellit auf Itokawa landen.

Die Größe des Asteroiden ergab sich zu 535 m × 294 m × 209 m, seine Dichte zu etwa 2,3 mit einer 10%igen Unsicherheit. Aus der Dichte und dem Fehlen von Kratern auf der Oberfläche wird geschlossen, dass es sich im Gegensatz zu größeren Asteroiden (z.B. Ida) um einen Schotterhaufen handelt, der durch die Gravitation zusammengehalten wird.

An Bord des Satelliten, der mit Ionentriebwerken ausgestattet ist, befindet sich eine spezielle Kanone, um fünf Gramm schwere Kügelchen aus Tantal auf den Boden des Kleinplaneten abzufeuern. Beim Aufschlag mit 300 m/s wird Material herausgeschlagen. Der Asteroidenstaub sollte in einem Trichter eingesammelt werden. Ob dies bei den Landungen des Satelliten im November 2005 gelungen ist, ist unklar.

Der Satellit ist teilweise defekt und es ist unsicher, ob er jemals zur Erde zurückkehren wird.
(Quelle: http://www.isas.ac.jp/e/snews)

Mögliche Aufgabe: *Wie groß ist die Fallbeschleunigung ungefähr auf Itokawa, wie groß die Fluchtgeschwindigkeit?*



Der kosmische Schotterhaufen Itokawa war Ziel eines Landesmanövers des japanischen Forschungssatelliten Hayabusa.

# Physikunterricht
# Die Bedeutung von Vorstellungen

## Engelbert Stütz

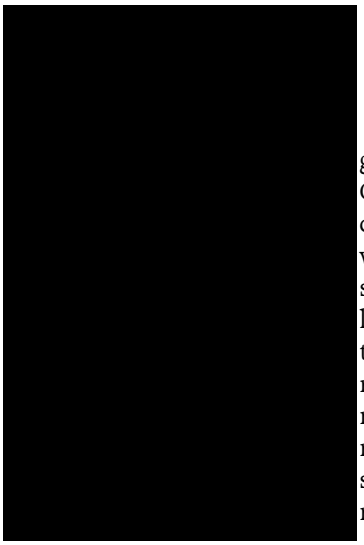
Was ist guter naturwissenschaftlicher Unterricht? Was ist guter Physikunterricht? In einem Beitrag einer IMST² Arbeitsgruppe [1] werden zehn zentrale Ansprüche formuliert. Die Ansprüche sind als „Spannungsfelder" beschrieben. Der erste Punkt scheint mir von besonderer Bedeutung. Es geht um eine Art Gratwanderung: „Die Schüler/-innen arbeiten sich in bestehendes Fachwissen ein und bauen dabei auf ihrem eigenen Vorwissen auf (individuelles Wissen und gesellschaftlich erwartetes Fachwissen)".

Ich möchte im Folgenden zeigen, dass dieses Aufbauen auf das eigene Vorwissen im Physikunterricht auch eine Auseinandersetzung mit grundlegenden physikalischen Konzepten bedeutet, die auch dazu führen kann, dass die eigenen Vorstellungen revidiert oder völlig durch neue ersetzt werden müssen. Das hat Konsequenzen für das Lehren und Lernen.

Unsere Vorstellungen über unsere Umwelt entwickeln sich ab dem Zeitpunkt, wo wir lernen, uns in der Welt zurecht zu finden, also vom frühesten Kindesalter an. Dabei kommt es vor allem darauf an, dass sich die Vorstellungen im Alltag bewähren. Dies führt zu einer tiefen Verankerung. Häufig stimmen die vorunterrichtlichen Vorstellungen mit den naturwissenschaftlichen nicht überein. Um nicht von vorneherein Lernschwierigkeiten in Kauf zu nehmen, ist nach wie vor D. P. Ausubels [2] Feststellung und Forderung aktuell: „Der wichtigste Faktor, der das Lernen beeinflusst, ist, was der Lernende schon weiß. Man berücksichtige dies und lehre entsprechend." (*„The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly."*) Die Forschung zu vorunterrichtlichen Vorstellungen [3] (Präkonzepte [4]) hat umfangreiche Kenntnisse gebracht, z.B. gibt es in R. Driver's Buch „Making Sense of Secondary Science" [5] 573 Literaturhinweise.

Probieren Sie folgenden ganz einfachen Versuch: Sie nehmen ein zylindrisches Trinkglas, das mit Wasser gefüllt ist, in die Hand und führen es zum Mund. Bevor Sie das tun, beantworten Sie für sich die Frage: Wie erscheinen Ihnen die Finger der Hand, die das Glas hält? Vergrößert, verzerrt oder ....? Man sieht die Finger nicht! Das Glas scheint wie verspiegelt.

OStR Mag. Engelbert Stütz unterrichtet Physik und Mathematik am BRG Linz, Hamerlingstraße. Träger des Roman Ulrich Sexl-Preises 2004



Die Überraschung wird noch größer, wenn man dem Grund nachgeht. Das Licht, das von den Fingern gestreut wird und dann durch die Glasoberfläche ins Wasser gelangt, wird an der waagrechten Wasser-oberfläche total reflektiert. Es gelangt daher nicht ins Auge. Ein Versuch mit einem Laserpointer (Vorsicht bei der Handhabung!) macht das sichtbar.

Von den vielen Leuten, die ich vor dem Versuch fragte, wie die Finger aussehen werden, konnte das niemand richtig vorhersagen, obwohl alle schon aus einem Glas Wasser getrunken hatten. Ich verstehe das so: Wir alle wissen, dass das Wasser im Glas durchsichtig ist. Wir glauben, die Finger zu sehen. Goethe formulierte es so: *„Man sieht nur das, was man weiß."*

In Zusammenhang mit diesem Versuch finde ich es bemerkenswert, dass alle, die das Phänomen beobachteten, nach der Erklärung fragten oder darüber nachdachten. Anhand dieses Versuches kann die Frage „Warum Physik?" bzw. „Warum Physikunterricht?" diskutiert werden. (Siehe auch [6] Seiten 11-75.) Es ist offensichtlich, dass es keinen praktischen Grund gibt, das Phänomen kennen oder verstehen zu müssen, um Wasser aus dem Glas trinken zu können. Es geht hier um etwas wie „der Suche nach der Wahrheit" [6], nach einer Suche, die keine Verwertung im Blick hat. Um Physik zu betreiben, muss man nicht unbedingt eine Antwort auf die Frage haben „Wozu braucht man das?". Michael Faraday konnte nach seiner Entdeckung der Induktion auch nicht sagen, wozu seine Entdeckung brauchbar ist. Der bekannte amerikanische Physiker und Nobelpreisträger Richard Feynman formuliert das so: „Physik ist wie Sex. Es kommt zwar ab und zu was Nützliches heraus, aber deshalb machen wir es nicht." (*„Physics is like sex: sure, it may give some practical results, but that's not why we do it."* [7])

Für den Physikunterricht sind neben der Kenntnis von Präkonzepten Vorstellungen über das Lernen von Bedeutung. Sicher, niemand glaubt wirklich an den Nürnberger Trichter. Trotzdem legen Ausdrücke wie „Wissensspeicher" Vorstellungen nahe, dass man Wissen wie eine Computerdatei abspeichern könnte. Lernen funktioniert nicht wie das Speichern von Daten, die man bei Bedarf wieder abrufen kann.

Unser Gehirn ist keine Festplatte. Lernen ist mit einem Klärungsprozess verbunden. Natürlich kann eine Erklärung auf dem Weg zum Verstehen wichtig sein, aber eine Erklärung allein bedeutet noch keine Klärung. D. Nachtigall [4] formuliert sein didaktisches Credo so: „Jemandem Schulstoff vortragen ist nicht lehren; etwas im Gedächtnis abspeichern ist nicht lernen; Abgespeichertes Memorieren können ist kein Nachweis für Verständnis; Lehren erfordert, sich mit Lehrstoff und Lernenden gleichsam solidarisch einzulassen. Aber Lernen ist eine Aktivität, die von und nicht an einem Individuum verrichtet wird."

Wer ist beim Lehren und Lernen wofür verantwortlich? Wenn man Wissen nicht übergeben kann, dann muss allen Beteiligten klar sein, wer wofür verantwortlich ist. „Die Schüler/innen lernen sowohl durch aktives Aufnehmen als auch durch selbständiges Handeln und gestalten den Unterricht verantwortungsvoll mit (Fremdbestimmung und Selbstbestimmung)." [1]

Bei gut gemachten Formen selbständigen Lernens sind die Ziele bekannt und es ist geklärt, wer wofür verantwortlich ist. Das kann für den Lehrer entlastend sein, da er nicht als derjenige in Erscheinung treten muss, der immer alle und alles in Griff hat. Solches zu leisten (oder zu glauben, es tun zu müssen) strengt einfach sehr an [8].

Welche Forderungen und Schlussfolgerungen sind für die Lehrerausbildung zu erheben und zu ziehen? Der österreichische Physiker und ehemalige Generaldirektor des CERN Viktor Weisskopf fordert Wertschätzung von didaktischen Fähigkeiten als gleichwertig und gleichgewichtig neben der Fachkompetenz: „… Denn das Lehren und Darstellen der Physik ist eigentlich schwieriger als das Forschen. … Bei Promotionen, bei Berufungen ist immer die Originalforschung das Wichtigste. Wie verschieden ist das z.B. in der Musik, wo der reproduzierende Künstler, der Pianist, der Violinist, der Dirigent viel mehr Ehre, Publizität und Geld bekommt als der Komponist. Wir müssen in der Wissenschaft einen Mittelweg finden. …" (zitiert in [4]). Wenn das Wissen der Studentinnen und Studenten über vorunterrichtliche Vorstellungen später in der Unterrichtspraxis umgesetzt werden soll, dann muss die Ausbildung eine intensive Vorbereitung mit vielen Lernmöglichkeiten durch selber geplanten und gehaltenen Unterricht ermöglichen und verlangen. Wünschenswert scheint mir ein Programm wie bei der Lehrerausbildung Bildnerische Erziehung an der Kunstuniversität Linz. Dort sieht der Studienplan [9] die Lehrveranstaltungen Fachdidaktik 1 und 2 vor zur Vermittlung der theoretischen Grundlagen. Im ersten Studienabschnitt sind ab dem dritten Semester vier Semesterwochenstunden „Unterrichtspraxis BE 1–2" vorgesehen, im zweiten Studienabschnitt insgesamt neun Semesterwochenstunden „Unterrichtspraxis BE 3–5". Eine intensive Betreuung für Vor- und Nachbereitung ist gewährleistet. Je fünf Studenten haben einen Betreuer.

Helmut Fischler [10], [11] untersuchte den Einfluss von Unterrichtserfahrungen auf die Vorstellungen vom Lehren und Lernen bei Lehrerstudenten der Physik. Er schreibt zusammenfassend: „Die Vorstellungen von Lehrern über Lehren und Lernen von Physik sind als entscheidende Faktoren für die Lehr- und Lernprozesse im Unterricht anzusehen. Der Entwicklung dieser Vorstellungen sollte daher in der Lehrerausbildung größte Aufmerksamkeit gewidmet werden."

Ich möchte abschließend den Physikunterricht bildhaft vergleichen: Physik lernen und lehren ist wie Bergwandern. Es gibt keinen Lift, der einen bequem zum physikalischen Verständnis bringt. Physik lernen und lehren ist wie Schifahren. Es kann spannend sein, eine Fernsehübertragung eines Schirennens zu verfolgen. Ein besserer Schifahrer wird man dabei allerdings nicht. Da muss man schon selber auf die Piste.

*"There are no tricks to follow*
*Nor shortcuts to go,*
*But only sustained and dedicated*
*work will make a genuine difference."*

LUO XIANG KAI [12]

## Literatur


[1] ohne Autorenangabe. Ein guter Unterricht … http://imst2.uni-klu.ac.at/materialien/_design/guterunterricht.pdf (Februar 2004)

[2] Ausubel David Paul (1968). Educational Psychology: A Cognitive View. Holt Rinehart and Winston. New York

[3] Häußler Peter u. a. (1998). Naturwissenschaftsdidaktische Forschung – Perspektiven für die Unterrichtspraxis. IPN Kiel

[4] Nachtigall Dieter (1995). Krise des Physikunterrichts, In PLUS LUCIS 1/1995. Wien

[5] Rosalind Driver (2001). Making Sense of Secondary Science. Routledge / Falmer. London

[6] Kircher / Girwidz / Häußler (2000). Physikdidaktik. Vieweg Braunschweig/Wiesbaden

[7] Feynman Richard. Zitat in http://www.quotedb.com/category/science/author/richard-p-feynman

[8] Unruh / Petersen (2003). Guter Unterricht – Handwerkszeug für Unterrichtsprofis. AOL Verlag Lichtenau

[9] Studienplan BE Kunstuniversität Linz (2005). http://www.khs-linz.ac.at/portal/DE/institut_fuer_kunst_und_gestaltung/bildnerische_erziehung/studium/studienplan/1526.html

[10] Fischler Helmut (2000). Über den Einfluss von Unterrichtserfahrungen auf die Vorstellungen vom Lehren und Lernen bei Lehrerstudenten der Physik Teil 1: Stand der Forschung sowie Ziele und Methoden einer Untersuchung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften; Jg. 6. 2000. S. 27–36 IPN Kiel

[11] Fischler Helmut (2000). Über den Einfluss von Unterrichtserfahrungen auf die Vorstellungen vom Lehren und Lernen bei Lehrerstudenten der Physik Teil 2: Ergebnisse der Untersuchung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften; Jg. 6. 2000. S. 79–95 IPN Kiel

[12] LUO Xingkai (1998). Educational Considerations for Designing, Selecting and Using Hands-on Experiments. In: ICPE-GIREP International Conference Hands-on Experiments in Physics Education PROCEEDINGS. Universität Duisburg.

# Auseinandergelebt?
# Physik und Mathematik

## Probleme und Lösungsansätze zur Koordination

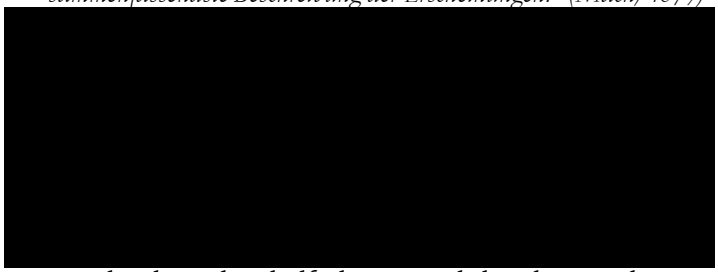
Gerhard Rath

Die beiden begannen als enges Paar, ja sie waren kaum zu unterscheiden. Mechanik oder Astronomie wurden als Teile der Mathematik an den Universitäten gelehrt, auch in den Schulen war die Physik zuerst eine durch und durch mathematische. Doch trotz vieler Gemeinsamkeiten trennten sich die Wege. Für heutige Schüler/innen überwiegen vielleicht schon die Unterschiede: Die Physik macht sich ihre eigene Mathematik, die Mathematik nimmt sich aus der Physik, was sie gerade braucht (eine Diplomarbeit von S. Kirchlechner (Graz, 1994) beleuchtet diese Problematik).

Im Folgenden werde ich darstellen, wie es zu dieser Trennung kam und worin wesentliche Unterschiede bestehen. Es werden aber auch Ansätze gezeigt, die im Rahmen der Aktion IMST² bzw. IMST3 des bm:bwk versuchten und versuchen, die Koordination der beiden Fächer zu verbessern.

### Ein kurzer Blick zurück

*„Der Zweck des physikalischen Studiums ist die Erkenntnis des Zusammenhanges der Erscheinungen. Der Schüler soll angeleitet werden zur Beobachtung und zur Ableitung von Regeln aus den Beobachtungen. Dazu ist die Mathematik nur ein Mittel. Es bleibt in der Physik noch sehr viel zu verstehen übrig, auch wenn man alle Mathematik bei Seite lässt. Wo aber Mathematik angewandt wird, muss man sich die Bedeutung dieser Anwendung gegenwärtig halten und gelegentlich auch dem Schüler klar machen. Jede Formel, die ein Naturgesetz ausdrückt, ist bloß ein zusammenfassender Ausdruck einer Reihe von Thatsachen. Die Formel ist die kürzeste, einfachste, zusammenfassendste Beschreibung der Erscheinungen." (Mach, 1879)*



Die Physik ist als Schulfach im 18. Jahrhundert aus der Mathematik entstanden und wurde vorerst nach mathematischen Methoden unterrichtet. In der zweiten Hälfte des 19. Jhdts wurde die Kritik an dieser Zielrichtung immer stärker, wie auch das vorangestellte Zitat aus dem Jahr 1879 zeigt. Es stammt von niemand Geringerem als Ernst Mach und ist bereits Teil der damaligen Lehrpläne für Mittelschulen der k. u. k. Monarchie. Prägnant formulierte dies die Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte 1905 in den berühmten Meraner Reformvorschlägen: *„Die Physik ist im Unterricht nicht als mathematische Wissenschaft, sondern als Naturwissenschaft zu behandeln." (nach: Liebers 1978, S. 414)*

Damit richtete sich das Augenmerk der Didaktik stärker auf Aspekte wie Beobachten oder Experimentieren, wodurch Ziele und Umsetzung des Einsatzes von Mathematik im Physikunterricht immer weniger beachtet wurden. Verstärkt wurde die Trennung im 20. Jhdt durch die Orientierung des Mathematikunterrichts an den Prinzipien seiner Wissenschaft: weg von bloßen Rechenmethoden, hin zu Mengenlehre, Logik und Axiomatik (Jung 1978).

Betrachtet man die aktuellen fachdidaktischen Diskussionen und Schwerpunkte, so wird deutlich, dass die Fragestellungen dieses Artikels nicht „in Mode" sind. Die zahllosen Aktivitäten bezüglich eines fächerübergreifenden Unterrichts beziehen sich zu allermeist auf die Zusammenarbeit von Physik mit Chemie und/oder Biologie. Dies zeigt sich z.B. auch in den Themen bzw. Häufigkeiten von IMST-Projekten (siehe Punkt 3).

### Wechselseitige Probleme

#### *Systematik und Lehrplan*

Jede der beiden Wissenschaften hat ihre eigene, spezifische Struktur und Systematik. Von Lehrplänen, die sich daran orientieren, können natürlich kaum sinnvolle wechselseitige Bezüge erwartet werden. Am deutlichsten zeigt sich dies an den Universitäten, wo physikalische und technische Studien die benötigte Mathematik im Rahmen ihrer Lehrgänge selbst (meist in den Anfangssemestern) lehren.

Da Entsprechendes in der Schule kaum möglich sein wird, fehlen dem Physikunterricht der höheren Schulen mathematische Grundlagen etwa bereits zur Beschreibung einfacher Bewegungen (Differential und Integral). Manchmal

Dr. Gerhard Rath, BRG Kepler Graz und Institut für Physik/Fachdidaktik, Karl Franzens Universität Graz

machen sich Physiklehrer/innen ihre eigene Mathematik in verkürzter Darstellung, mit der Gefahr, das andere Fach eher zu stören als ihm zu nützen. (Knecht 1967, S. 23 ff)

Allerdings geben die aktuellen Lehrpläne für die Oberstufe der AHS (bm:bwk 2004) gerade für mögliche Kooperationen größere Freiheiten, da die Inhalte der Physik in nur mehr 2 Teile gegliedert sind: 5./6. Klasse und 7./8. Klasse. Die entsprechenden Oberstufenlehrbücher sind jedoch im Wesentlichen bei der bisherigen Abfolge geblieben. Wird in Physik und in Mathematik nach Lehrbuch (egal welches) unterrichtet, so wären etwaige Parallelitäten rein zufällig, obwohl gegenseitige Bezüge öfters auftauchen. Die tatsächliche Koordination bleibt völlig in der Verantwortung des/der Lehrer/in.

## *Zahlen und Rechnen*

In den Jahren um 1960 gab es intensive Diskussionen, die auf eine mathematisch stringente Fundierung der Größen- und Einheitensysteme der Physik abzielten (z.B. Fleischmann 1961). Die Auswirkung auf die Unterrichtsrealität war nicht allzu groß, mittlerweile traten andere didaktische Fragen in den Vordergrund. Faktum bleibt, dass im Physikunterricht ständig mit „benannten Zahlen" (Größen) gearbeitet wird, ohne dass die mathematischen Hintergründe besonders beachtet werden. Dies mag für „Experten" kein Problem darstellen – sehr wohl kann es „Laien" verwirren.

**Welche Arten von Zahlen verwendet die Physik?**

Eine physikalische Zahl entsteht durch Quantifizierung von Objekten, Eigenschaften oder Prozessen der Realität. Daher hängt sie insbesondere von einer Reihe von Festsetzungen und Entscheidungen ab (Oy 1977, Ehlers 1960).

Nach E. Röhrl (1984) sind Messwerte im Prinzip *natürliche Zahlen* - sie haben ja (nach der Messgenauigkeit) immer eine begrenzte Stellenzahl und können durch Wahl der Einheit „natürlich" werden (z.B: 0,03 m = 3 cm). Mittelwerte von Messwerten können als rationale Zahlen angesehen werden, zu ihnen müssten Fehlergrenzen angegeben werden. Ohne weitere Angabe bedeutet z.B. „$\ell$ = 1 m" eigentlich $\ell$ = 1 m +/– 0,5 m, wogegen „$\ell$ = 1,0 m" meint, dass der Wert im Rahmen der verwendeten Möglichkeiten und mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zwischen 0,95 m und 1,05 m liegt. „Maßzahlen" können als „Modellvorstellung" verstanden werden, sie sind rein gedankliche Konstrukte, reelle Zahlen mit beliebiger Genauigkeit.
Neben Zahlen werden in der Physik abhängig vom jeweiligen Zweck Symbole und Zeichen wie „=" oder „Δ" in unterschiedlicher Weise verwendet (Eisner 1991).

**Wie wird in der Physik gerechnet?**

Mit Maßzahlen kann „normal" gerechnet werden. In diesem Kalkül kommt es auf die verwendeten Einheiten an, da ein Wechsel auch die Zahlen ändert. Wenn man etwa 4 Meter durch 2 Sekunden dividiert, ergibt sich $v$ = 2 [m/s]. Darin bedeutet $v$ nicht die Geschwindigkeit selbst, sondern nur die Anzahl der m/s.

Davon zu unterscheiden ist das Rechnen mit Größen. Hier arbeitet man mit Funktionen und Funktionszusammenhängen (z. B: $U = R.I$), was eine Beschreibung physikalischer Vorgänge ergibt, die in allen Maßsystemen gleich aussieht. Obwohl es so scheint (Symbole +, - , . ...), handelt es sich dabei nicht um „normales" Rechnen, sondern um besondere Operationen, die so definiert sind, dass aus bestimmten Verknüpfungen von Größen neue entstehen - z. B.: $s/t = v$. Hier wird Weg durch Zeit nicht „normal" dividiert! Algebraisch handelt es sich um Operationen in einer Abelschen Gruppe, wobei jede Größenklasse einen (eindimensionalen) Vektorraum bildet (Rang, S. 27ff). Die Bedeutung der Einheiten ist in diesem Kalkül eher gering, die Form der Gleichungen hängt von ihnen nicht ab.

## *Aufgaben - Problemlösen*

In der Mathematik werden Aufgaben meist zur Festigung und Übung erarbeiteter Formalismen eingesetzt. Häufig sind sie bereits in mathematischer Sprache gegeben.

In der Physik wird man kaum folgendes Problem finden: $s$ = 3 m, $t$ = 2 s; $v$ = ? Meist werden Aufgaben in Texte und Alltagszusammenhänge eingebunden und damit für Schüler/innen schwieriger. Dies führt zu einem Dilemma: Bloße Einsetzaufgaben sind - auch aus konstruktivistischer Sicht - unerwünscht (Dittmann u. a.: „Die zerrechnete Physik"), aber die Einbettung in Kontexte erhöht den Problemgehalt von Aufgaben für Schüler/innen.

Bei Textaufgaben ist zumeist klar (oder sollte sein), was gegeben und was gefragt ist. Die Schwierigkeiten liegen dann dazwischen: Welche Lösungsstrategien sind anwendbar (welche Gesetze, Formeln…)? Was ist wichtig, was kann weggelassen bzw. vereinfacht werden?

*Der deutsche Didaktiker Heinz Muckenfuß erzählte einmal über seine Tochter, dass sie sich weigerte, ein Lehrbuchbeispiel in Physik zu rechnen. Dabei ging es um den Abwurf eines Hilfspaketes aus einem Flugzeug. Unter der Angabe von Höhe und Fluggeschwindigkeit sollte (unter Vernachlässigung des Luftwiderstandes) ein Auftreffpunkt berechnet werden. Nach Insistieren des Vaters begründete die Tochter endlich die Unsinnigkeit dieser Aufgabe: Bei fehlendem Luftwiderstand kann das Flugzeug ja gar nicht fliegen!*

Worauf sich das spezifische Augenmerk richtet, mag für Physiker/innen klar sein – für Schüler/innen kann es eine zusätzliche Abstraktionsleistung erfordern. Die Abhängigkeit von Bezugssystemen und temporären Setzungen ist ein integrativer Bestandteil, Physik findet immer im Kontext statt.

Ein schönes Beispiel dazu führt L. Mathelitsch an (2003):
*In der Mathematik ist ein Punkt etwas völlig Verschiedenes als eine Ebene. Das ist in der Physik nicht so – ein Punkt kann eine Ebene sein, es hängt vom Bezugssystem ab. Für eine Wurfbewegung – etwa in einem Zimmer – ist die Erde eine Ebene mit einem homogenen Gravitationsfeld. Betrachte ich das Sonnensystem als ganzes, ist es sinnvoll, die Erde auf einen Massenpunkt zu reduzieren.*

## Beispiele zur Koordinierung – IMST-Projekte

Wie für jede fächerübergreifende Aktivität gibt es auch für die Zusammenarbeit zwischen Physik und Mathematik verschiedene Organisationsformen – eine Übersicht bieten Häußler u. a. (1998). Die Bandbreite reicht von kurzen abgestimmten Sequenzen bis zu integrativer themenzentrierter Projektarbeit. Im Rahmen der Aktionen IMST, IMST² und IMST3 des bm:bwk wurden mehrere solcher Versuche durchgeführt und dokumentiert, die Projektberichte sind über die IMST-Webseiten zugänglich.

Im BG Zaunergasse Salzburg wurde der organisatorische Rahmen verändert: Jeweils zwei Wochenstunden wurden in einer 8. Klasse gemeinsam durch die beiden Lehrer/innen (M/Ph) unterrichtet. In diesen Teamteaching-Stunden wurde nach der Methode des selbst organisierten Lernens insbesondere versucht, mathematische Modelle auf physikalische Aufgabenstellungen anzuwenden (Ginzinger, Unterrainer 2005). Dieser Versuch ist auch insofern interessant, als er längerfristig angelegt ist. Im Schuljahr 2005/06 wird die Koordination nach dieser Organisationsform in einer 6. Klasse durchgeführt. Die Autoren kamen zu dem Schluss, *„dass viele kleine Schritte durch die fächerübergreifende Zusammenarbeit die Transformation von aus der Mathematik bekannten Rechenmodellen auf physikalische Anwendungen verbesserten."* (S. 13) Allerdings wurde die Überwindung des „Kasterldenkens" als ständige Herausforderung bezeichnet.

Was tun, wenn die notwendige Mathematik zur Beschreibung von Pendelschwingungen noch nicht vorhanden ist? Im RG Rahlgasse in Wien wurde das Tool „mathe-online" (dazu gab es einen großangelegten MNI-Projektverbund) zur Kompensation der mathematischen Defizite eingesetzt. Anhand eines Lernpfades wurde teilweise in offenen Lernsequenzen eine mathematische Modellierung von Schwingungen von Fadenpendeln durchgeführt und evaluiert (Wieninger 2005). Mit hohem Zeitaufwand gelang es, den Schüler/innen die notwendigen mathematischen Grundlagen zu vermitteln.

Im Projekt „Differenzialrechnung? Anwendungen in der Physik" (BORG Monsberger Graz) wurde ebenfalls mit Computerunterstützung versucht, die Kluft zwischen den beiden Gegenständen zu überbrücken. Dabei wurden die unterschiedlichen Themen der Differenzialrechnung mit Hilfe einer vorbereiteten Website in SchülerInnengruppen durchgearbeitet. Zu Differentialquotient, Extremwertaufgaben und Kurvendiskussionen fanden sich WebLinks mit physikalischen Anwendungen (Kiesling 2005).

Auch hier wurde der fächerübergreifende Unterricht grundsätzlich positiv bewertet, die Differenzialrechnung wurde verständlicher.

Einen sehr spezifischen Zugang zur Veranschaulichung von Mathematik wählte man an der HTL Anichstraße in Innsbruck (Holl u.a. 2005). „Schwingende Mathematik" am Monochord machte Brüche und Mittel hörbar und gemahnte so an Pythagoras, einen der Ersten einer mathematischen Welterklärung und -beschreibung.

Geschwindigkeit, Beschleunigung und Bewegungsdiagramme waren der physikalische Ausgangspunkt für die „Fächerübergreifende Erarbeitung des Funktionsbegriffs" in einer 4. Klasse des HIB Liebenau Graz. Von Seiten der Mathematik ging es um die lineare Funktion, aber auch grundsätzlich um den Umgang mit Proportionen, Graphen und Formeln. Messdaten aus Schülerversuchen wurden im Mathematikunterricht ausgewertet (Köberl, Kögler 2002). Der Fächerübergreifende Unterricht wurde nach dem Projekt überwiegend als „gut" empfunden.

Interdisziplinär und breit angelegt war ein fächerübergreifendes Projekt des BRG 6 Wien zum Thema „Vermessung". Inspiriert durch das Buch „Längengrad" von Dana Sobel arbeitete man in Physik über Orientierung und Navigation, in Mathematik an Problemen der Geodäsie und Landvermessung, auch auf praktische Weise. Erstellt wurden u. a. Poster und Portfolios (Fertl u.a. 2002).

Projekte zum gleichen Thema wurden auch am BRG Kapfenberg (Weißenbacher 2002) und am GRG XI Wien (Drexler u.a. 2001) durchgeführt und veröffentlicht.

Von vielen dokumentierten fächerübergreifenden „Labors" (insbesondere im IMST²-Schwerpunkt S2) integrierten wenige die Mathematik. Im BG/BRG/BORG Eisenstadt versuchte man die Zusammenarbeit im Projekt „MN³+" (Bauer u. a.), um die Attraktivität des naturwissenschaftlichen Zweiges zu steigern. *„Am schwierigsten war es, Querverbindungen zwischen der Mathematik und den drei naturwissenschaftlichen Fächern herzustellen. Sehr häufig würde dabei die Mathematik nur als Hilfswissenschaft fungieren."* (S. 7). Eine Untersuchung der Rückwirkung auf die Stamm-Fächer ergab, dass gerade in Mathematik und Physik das Interesse nur bei einem Teil der Schüler/innen gestiegen war, bei einem Teil (in Mathematik etwa ein Viertel) sank es sogar. Die Abstimmung der Lehrpläne mündete in ein Fach „Naturwissenschaftliches Arbeiten" – in dem jedoch nur mehr Chemie und Biologie vertreten waren.

Eine „Einführung in die Vektorrechnung" verwendete in einem Stationenbetrieb auch physikalische (experimentelle) Beispiele für Vektoren wie das Kräfteparallelogramm oder die Bestimmung von Schwerpunkten. Gerade diese zeigten jedoch Denkschwierigkeiten der Schüler/innen (Akademisches Gymnasium Wien, (Kendl 2003)).

Dieser Überblick erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, die Recherche zeigte aber, dass der Anteil der fächerübergreifenden Vorhaben Mathematik – Physik innerhalb der Vielzahl von Projekten gering ist (die Gesamtzahl der dokumentierten Projekte beträgt ca. 350). Mathematik mit den Naturwissenschaften abzustimmen ist nicht mehr „in Mode". Dabei zogen alle genannten Projekte grundsätzlich positive Resümees, was Zufriedenheit und Interesse der Lehrer/innen sowie der Schüler/innen betrifft. Erkauft wurden die Erfolge jedoch oftmals durch hohen Zeit- und Arbeitseinsatz.

## MPh5, MPh6 – Projekte am BRG Kepler Graz

Unter den genannten Titeln versuchten und versuchen wir (Waltraud Knechtl, Christa Preis und der Autor) in den letzten beiden Jahren (unterstützt durch IMST) den Unterricht in Physik und Mathematik in der 5. und danach in der 6. Klasse aufeinander abzustimmen. Wir verwenden eine Art des koordinierenden Unterrichts, die wir bei einem vorangehenden IMST-Projekt (Knechtl u. a. 2004) entwickelt haben mit dem Ziel, mit relativ wenig Aufwand und weitgehend personenunabhängig durchführbar zu sein. Diese Organisationsform ermöglicht, immer wieder koordinierte Sequenzen bei passenden Themen anzusetzen, und soll so den punktuellen Charakter gemeinsamer Projekte überschreiten und permanent Denkbarrieren überwinden helfen.

Die Systematik der beiden Fächer bleibt im Wesentlichen erhalten, es gibt aber immer wieder Themen bzw. Bereiche, wo aufeinander Bezug genommen wird. Notwendig dazu ist eine Abstimmung der Lehrstoffverteilungen zu Jahresbeginn, bei der bereits die zu koordinierenden Themen ins Auge gefasst und grob zeitlich zugeordnet werden. Der Rest erfolgt während des Schuljahrs, oft „zwischen Tür und Angel" oder per Mail. Wichtig waren für uns gemeinsame Workshops, in denen am Projekt gearbeitet werden konnte.

## Was bringt das koordinierte Unterrichten?

### *Allgemeiner Profit fächerübergreifender Vorhaben*

Im Sinne konstruktivistischer Prinzipien wie „Wissen in verschiedenen Kontexten anwenden lernen" (IMST² Grundbildungskonzept, Anton 2003) erwarten wir ein tieferes und breiteres Verständnis für wesentliche Konzepte und Methoden beider Fächer.

### *Anwendungen und Sinnzusammenhänge*

Die Mathematik braucht Kontexte – die Physik kann ihr diese beisteuern. Der Physikunterricht kann zeigen, wozu mathematische Konzepte tatsächlich gebraucht werden. Anwendungen von mathematischen Techniken stehen im Physikunterricht in anderen und vielfältigeren Zusammenhängen als im Mathematikunterricht, wo sich ihr Sinn meist auf das Einüben von Kalkülen beschränkt.

Beispiel: Potenzfunktion (gebrochene Hochzahlen). Die Standard-Rechnungen zum 3. Kepler-Gesetz wurden in Physik mit weiterem Sinn „unterfüttert", etwa mit aktuellen Fragen zum Sonnensystem (Gibt es einen 10. Planeten? Wie weit ist er entfernt?)

### *Mathematische Fertigkeiten*

Die Physik braucht mathematische Werkzeuge – die Mathematik kann ihr diese liefern. Die Komplexität und Vielfalt der Physik lässt oft wenig Zeit, sich mit Rechenvorgängen genauer zu befassen. Die quantitative Auswertung von Messdaten aus Physikstunden kann im Mathematikunterricht stattfinden. Ein weiteres Beispiel sind Umformungen innerhalb des physikalischen Größensystems („Ableiten von Formeln").

Beispiel: Exponentielle Abnahmen. In Physik wurde die Abkühlung von heißem Wasser gemessen (Temperatur, Zeit). Diese Realdaten wurden in Mathematik durch Funktionsgraphen angenähert.

**Die Koordinierungen in der 5. und 6. Klasse im Überblick**

| **Mathematik** | **Physik** |
|---|---|
| Zehnerpotenzen, Exponentialschreibweise | Größenordnungen: Raum und Zeit, Fermi-Probleme |
| Funktionen | Bewegungsaufgaben, Diagramme |
| Winkelfunktionen, Trigonometrie | Entfernungsmessung, Positionsbestimmung, Kraftkomponenten |
| Vektoren | Kraft, Impuls, Arbeit |
| Trigonometrische Funktionen | Schwingungen und Wellen |
| Geometrische Folgen und Reihen | Springender Ball, Gedämpfte Schwingung |
| Exponentialfunktion | Abkühlkurve, Entladung von Kondensatoren |
| Logarithmus | Weber-Fechner'sches Gesetz, Lautstärke, dB |
| Stochastik | Statistische Mechanik – Gase; L. Boltzmann |

Die bisherigen Erfahrungen mit diesem Konzept sind durchwegs positiv und motivieren uns, das Projekt weiterzuführen. Für die beteiligten Lehrer/innen ergaben sich Einblicke in das jeweils andere Fach, die Erkenntnis von Ähnlichkeiten, Parallelitäten und Unterschieden. Wir passten Methodiken und Begrifflichkeiten aneinander an bzw. wiesen auf die Verwendung im anderen Fach hin. Zum Teil waren es nur kleine Unterschiede in Bezeichnungen und Sprechweisen, die sich dadurch einebnen ließen (zum Beispiel die Verwendung von „Zehnerpotenzenschreibweise" – „Exponentenschreibweise" – „Gleitkommadarstellung" für das gleiche Konzept).

Bei den Schüler/innen traten Effekte schon auf, als sie erkannten, dass die beteiligten Lehrer/innen über das jeweils andere Fach Bescheid wussten und explizit darauf Bezug nahmen. Auch verstärkte Einsicht in die Sinnhaftigkeit diverser Themen aus beiden Fächern war unmittelbar aus Äußerungen erkennbar.

Auf weitere Aktivitäten wie Evaluation und Dokumentation der Sequenzen oder Untersuchungen zur Qualität von Aufgaben kann hier nicht eingegangen werden. Sie sind im Projektbericht sowie auf unseren aktuellen Webseiten zugänglich (s. Literatur).

## Zusammenfassung

Physik und Mathematik haben sich in verschiedene Richtungen entwickelt, sie haben sich tatsächlich „auseinandergelebt". Zur Überbrückung der Unterschiede finden sich nur vereinzelte, zumeist punktuelle Versuche der Koordination. Meiner Meinung nach liegt hier ein großes Potential brach, die Zusammenarbeit dieser beiden Fächer könnte wegen der grundsätzlichen Bedeutung der Mathematik für die Physik mit wenig Aufwand viel für Schüler/innen bringen.

Daher folgen die Vorhaben am BRG Kepler einem systematischen, langfristig aufbauenden Ansatz, der letztlich alle Schuljahre der Sekundarstufe umfassen soll. Wenn beide Gegenstände einander wieder besser verstehen, sollten sie auch besser verstanden werden.

## Literatur


Anton M. u.a.: Ein dynamisches Konzept für mathematisch-naturwissenschafltiche Grundbildung.

IMST²-Newsletter, Jahrgang 2/8, 2003/04. Herausgegeben vom IFF im Auftrag des bm:bwk

Bauer S., Kaiser C., Kirisits D.: MN³+ Netzwerke

BG/BRG/BORG Kurzwiese, Eisenstadt 2001 und 2002

bm:bwk: Lehrplan AHS Oberstufe, Bundesministerium für Unterricht, Wien. BGBl. II Nr. 277/2004
http://www.bmbwk.gv.at/schulen/unterricht/lp/abs/ahs_lehrplaene_oberstufe.xml

Dittmann H., Näpfel H., Schneider W.: Die zerrechnete Physik. In: Wege in der Physikdidaktik, Band 1. Palm&Enke, Erlangen 1991

Drexler A. u.a.: Trigonometrie – Mathematik, Physik und Darstellende Geometrie. GRG XI Geringergasse, Wien 2001

Ehlers G.: Mathematik und physikalische Wirklichkeit. In: Der Mathematikunterricht Jg. 6 (1960), Heft 4, S. 11ff

Eisner, M.: Physics Educators and Mathematics Educators Should work together. In: The Physics Teacher 10/91, S. 478 ff

Fertl I., Salner-Gridling I., Schaberreiter C., Schröder B.: Fächerübergreifende Lehrerkooperation im Unterrichtsprojekt „Vermessung", BRG 6 Marchettigasse, Wien 2002

Fleischmann R.: Die Struktur des physikalischen Begriffssystems. In: Zeitschrift für Physik, Bd. 129, 1961, S. 377ff.

Ginzinger R., Unterrainer K.: Lösen physikalischer Aufgaben mit mathematischen Modellen. Versuch der Überwindung des „Kasterldenkens". BG Zaunergasse, Salzburg 2005

Häußler u.a.: Perspektiven für die Unterrichtspraxis, S. 44 ff. IPN Kiel 1998

Holl A., Gabriel-Peer M., Huber J.: Schwingende Mathematik am Monochord. HTL Anichstraße Innsbruck 2005

IMST²: http://imst2.uni-klu.ac.at IMST3: http://imst.uni-klu.ac.at/

Jung, W: Bericht: Joint ICMI/ICPE/CTE/UNESCO/IDM – Conference on Cooperation between science teachers and mathematics teachers, 1978. In: physica didactica 5 (1978), S. 263 ff

Kendl, G.: Einführung in den Vektorbegriff. Akademisches Gymnasium, Wien 2003

Kiesling, S: Differenzialrechnung? Anwendungen in der Physik. BORG Monsbergergasse, Graz 2005

Kirchlechner, S.: Aspekte zur Koordination des Physik- und des Mathematikunterrichts an AHS. Diplomarbeit am Inst. f. Physik der Universität Graz, 1994

Knecht, W: Die Koordination des Mathematik- und Physikunterrichts. In: Physikunterricht heute. Diesterweg-Verlag Frankfurt/Main 1967, S. 23 ff

Knechtl W., Rath G., Sprenger S.: Fächerkoordinierender Unterricht – Beiträge zur Grundbildung? IMST²-Projektbericht, Graz 2004

Knechtl W., Rath G.: MPh5. Mathematik - Physik in der 5. Klasse Realgymnasium koordiniert unterrichten. BRG Kepler, Graz 2005

Köberl-Kögler I., Kögler H.: Fächerübergreifende Erarbeitung des Funktionsbegriffs in der 4. Klasse
HIB Liebenau, Graz 2002

Liebers, K.: Zu einigen Problemen der Anwendung der Mathematik im Physikunterricht. In: Physik in der Schule, 10/1978, S. 413ff

Mach, E.: Entwurf einer Lehrinstruction für den physikalischen Unterricht an Mittelschulen. In: Verordnungsblatt des Ministeriums für Cultus und Unterricht, Wien 1879, S. 298ff

Mathelitsch L.: Mathematik und Physik. Manuskript (unveröffentlicht) zu einer gleichnamigen Lehrerfortbildungsveranstaltung, PI Steiermark 2003

MPh5: http://rath.brgkepler.at/imst/mph5

MPh6: http://rath.brgkepler.at/imst/mph6

Oy, K. v.: Was ist Physik? Klett, Stuttgart 1977

Rang O.: Zum praktischen Umgang mit dem Größenkalkül. In: Weninger J., Dierks W.: (Hrsg.): Arbeiten zu Größen- und Einheitenproblemen. IPN Arbeitsberichte, Kiel 1983, S. 9 ff

Röhrl, E.: Bedeutung von Zahlausdrücken. In: Der Mathematikunterricht, Heft 4/1984, S. 92 ff

Weißenbacher A.: Variationen über ein mathematischen Thema. BG/BRG Kapfenberg 2002

Wieninger, H.: Einsatz von Mathe Online im Physikunterricht einer 6. RG-Klasse AHS im Projektverbund „mathe-online network". GRG6 Rahlgasse, Wien 2005

# Motivation durch Blockbuster?

Martina Kriebert und Heinz Oberhummer

## Einleitung

Spielfilme werden von einem Großteil der Bevölkerung im Kino, Fernsehen oder auf DVD und VHS angesehen. Einige besuchen Kinos, mehr als 2/3 konsumieren Filme auf DVD und fast alle sehen sich Filme im Fernsehen an. Dieses Verhalten ist vor allem in der jungen Generation ausgeprägt, wo etwa 30% der Besucher im Kino unter 19 Jahre alt sind [1]. Daher hat dieses Angebot der Unterhaltungsindustrie auch große Auswirkungen auf Ansichten, Einstellungen und Interesse von SchülerInnen und StudentInnen. Die Auswirkungen von Filmen, die im weitesten Sinne naturwissenschaftlich-technische Szenen beinhalten, kann für das Verständnis und die Bildung der Bevölkerung in diesen Wissenschaftsdisziplinen verglichen mit den üblichen Methoden formeller und informeller Bildung enorm sein.

Ein besonders schlagendes Beispiel dafür findet man in der „Eurobarometer Survey", die in allen Mitgliedsstaaten der EU durchgeführt wird. Ein Ergebnis dieser Untersuchung war, dass das naturwissenschaftliche Wissen der europäischen Bevölkerung in den Jahren zwischen 1992 und 2001 praktisch unverändert blieb mit einer einzigen bemerkenswerten Ausnahme: das Wissen über Dinosaurier stieg in diesem Zeitraum um fast 10% [2]. Dies ist höchstwahrscheinlich auf den Hype zurück zu führen, der durch den Blockbuster "Jurassic Park" von Stephen Spielberg ausgelöst wurde.

Neueste Untersuchungen zeigen, dass das schwindende Interesse der jungen Generation an Naturwissenschaft und Technik zu einem Großteil auf die mangelnde Attraktivität der damit zusammenhängenden naturwissenschaftlichen Fächer in der Schule zurück zu führen ist [3]. Diese Fächer werden von einem Großteil der SchülerInnen als uninteressant und schwierig empfunden, sodass es nicht verwunderlich ist, dass viele SchülerInnen eine negative Einstellung zu diesen Fächern erwerben und besitzen. Mehr als die Hälfte der europäischen Bevölkerung (55,9%) glaubt, dass vor allem der Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern in der Schule wenig interessant ist [2]. Dies gilt insbesondere auch für den Unterrichtsgegenstand Physik, von dem behauptet wird, dass er nicht nur unbeliebt, sondern auch wirkungslos ist [4]. Dies führt dazu, dass die Anzahl der StudentInnen aus Physik z.B. auch auf der TU Wien seit Jahren auf äußerst niedrigen Niveau stagniert [5].

Bildungsinitiativen, welche das Interesse an Naturwissenschaft und Technik erhöhen, sind von äußerster Wichtigkeit für unsere europäische Gesellschaft, in welcher bereits im Jahre 2010 ungefähr 700.000 Naturwissenschafter und Techniker fehlen werden [6]. Es ist eine unabdingbare Notwendigkeit für die Pläne der europäischen Kommission, die die durchschnittlichen Forschungsinvestitionen bis zum Jahre 2010 auf 3% des Bruttoinlandsprodukts im Jahre 2010 erhöhen will, dass auch genügend ForscherInnen im naturwissenschaftlich-technischen Bereich vorhanden sind.

Weiters zeigen neuere Untersuchungen, dass das mangelnde Interesse von Schülerinnen an naturwissenschaftlich-technischen Studien und Berufen auch auf fehlende Leit- und Rollenbilder für Wissenschafterinnen zurück zu führen ist. Im naturwissenschaftlich-technischen Forschungsbereich gibt es an Universitäten, Forschungsinstitutionen und Unternehmen insbesondere in Führungspositionen noch immer ein großes Defizit an Forscherinnen. Zum Beispiel beträgt das Verhältnis von Studentinnen zu Studenten in der Studienrichtung „Technische Physik" an der TU Wien nur 17% [7]. Die Verwendung von Filmen kann auch in dieser Richtung durch die Analyse von Filmen, in denen die Hauptperson eine Wissenschafterin ist, etwas bewirken. Es gibt viele Beispiele hiefür in Spiel- und Dokumentarfilmen, wie z.B. „Contact" (1997) oder „Madame Curie" (1991).

## Beispiel der Umsetzung anhand einer Szene aus „Titanic"

Da Jugendliche eine besondere Vorliebe für die neuesten Blockbusters im Kino haben, war dies ein Anstoß, derartige populäre Filme auch im Physikunterricht einzusetzen. Wir wählten Szenen aus bekannten Blockbusters aus, die zu einem Thema des Lehrplans der entsprechenden Schulstufe passten. Der Ausschnitt sollte nicht länger als etwa drei Minuten dauern und konnte durchaus Details beinhalten, die besonders actionreich wirkten, aber physikalisch schlichtweg nicht möglich sind.

Der Film „Titanic", der vom Sinken des berühmten Ozeanriesen „Titanic" auf seiner Jungfernfahrt erzählt, ist sehr bekannt. Rose Dawson ist 17 Jahre alt, als sie auf der Titanic in die USA reisen soll, um dort zu heiraten. Sie wurde von ihrer Mutter zu dieser Heirat gezwungen, ist todunglücklich und will sich am Schiff das Leben nehmen. Dabei wird sie

Mag. Dr. Martina Kriebert, Lehramts- und Doktoratsstudium an der Technischen Universität Wien, derzeitiges MAS-Studium an der Medizinischen Universität Wien, Lehrtätigkeit am Lise-Meitner-Realgymnasium, Schottenbastei 7-9, 1010 Wien, Email: mkriebert@yahoo.de

Univ. Prof. Dr. Heinz Oberhummer, Leiter der Arbeitsgruppe Astrophysik, Beteiligung an mehreren EU-Projekten im Bildungsbereich, Koordinator des EU-Projekts Cinema and Science (CISCI), Atominstitut der Österreichischen Universitäten, TU Wien, Wiedner Hauptstr. 8-10, 1040 Wien, Email: ohu@kph.tuwien.ac.at

aber von Jack Dawson, einem malenden Dritte-Klasse-Passagier, gerettet. Sie lernen sich besser kennen und verlieben sich ineinander, was aber sowohl der Verlobte von Rose als auch ihre Mutter wieder zunichte machen wollen. Unter all dieser Aufregung trifft die Titanic aber auf einen Eisberg und beginnt zu sinken.

Dieser Blockbuster ist für die 3. Klasse Unterstufe passend, wenn man die verschiedenen Aggregatzustände im Physikunterricht erarbeitet. Weiters kann dabei nochmals der Auftrieb (Schwimmen, Schweben, Sinken) der 2. Klasse wiederholt werden.

In der ausgewählten Filmsequenz fährt die berühmte „unsinkbare" Titanic über den Ozean, als die Schiffsbesatzung plötzlich einen Eisberg vor sich entdeckt. In Panik versuchen sie, den Kurs des Schiffes zu ändern. Aber auf Grund der Geschwindigkeit und der Trägheit des Schiffs können sie dem Eisberg nicht komplett ausweichen. Das Schiff kollidiert mit dem Eisblock und wird schwer beschädigt. Wasser gelangt mit großem Druck in den unteren Bereich des Schiffs. Menschen, die nicht mehr flüchten können, sterben.

Im Gespräch mit den Jugendlichen kann herausgearbeitet werden:

1. Kondensierende Luft der atmenden Schiffsmatrosen ist sichtbar. Das zeigt die Kälte, die in dieser Gegend herrscht. Weiters kann man anhand dieses Beispiels die Wolkenbildung erklären.
2. Während der hoffnungslosen Versuche, den Eisberg nicht zu rammen, kann die Trägheit des Schiffs beobachtet werden.
3. Wenn das Schiff auf den Eisberg trifft, scheint es oberhalb des Wassers den Eisblock nicht einmal zu berühren. Dies zeigt das Archimedische Prinzip gut, das aussagt, dass der Eisblock unter Wasser viel mehr Volumen einnimmt als oberhalb des Wassers.
4. Druck und Kraft des Wassers kann beim Eindringen des Wassers in die Maschinenräume gesehen werden. Einzelne Maschinen werden mitgerissen.
5. Wie ist es möglich, ein Schiff aus Tonnen von Stahl zum Schwimmen zu bringen?
   Diskussion über Schwimmen, Schweben, Sinken.

Mittels eines Versuchs kann das „Heben eines Wracks" demonstriert werden. Man legt eine Plastikflasche gefüllt mit Wasser in einen Behälter voll Wasser. Nur mit Hilfe eines Strohhalms kann das „Wrack" gerettet werden, indem man durch den Strohhalm Luft in die Flasche bläst.

Durch ein weiteres Experiment kann der Unterschied zwischen Schwimmen, Schweben und Sinken wiederholt werden. Dazu verwendet man drei Filmdosen, Wasser und Münzen. Wie kann man je eine Filmdose im Wasser zum Schwimmen, Schweben, Sinken bringen?

Es hat sich bewährt, den SchülerInnen vorerst zu erklären, wovon der Film handelt und dann die Filmszene zu zeigen. Wenn dann alle SchülerInnen – auch diejenigen, die den Blockbuster noch nicht kennen – wissen, worum es geht, zeigt man den Ausschnitt nochmals. Bei diesem zweiten Durchgang sollen die Jugendlichen genau beobachten, was ihnen an physikalischen Einzelheiten auffällt und sich dazu Notizen machen. Anschließend soll in der Klasse eine Diskussion über die physikalischen Inhalte angeregt werden. Danach können auch Versuche durchgeführt werden, um bestimmte Naturgesetze aufzuzeigen.

## Studie über den Einsatz von populären Filmen im Unterricht

Im Rahmen einer Dissertation [8] führten wir eine Studie durch, um festzustellen, ob die Verwendung von Blockbusters als Unterrichtsmethode Schüler für Naturwissenschaften begeistern, ihr Interesse für technische Errungenschaften und ihr wissenschaftliches Weltbild verändern kann. Dazu benötigten wir eine Versuchs- und eine Kontrollgruppe von SchülerInnen. Für die Kontrollgruppe wurden die herkömmlichen Methoden des Physikunterrichts verwendet, während die Versuchsgruppe innerhalb eines Zeitraums von zwei Monaten zwei Blockbusters gezeigt bekam. Da es sich um eine Feldstudie handelte, wurden die Schüler nicht darüber informiert, dass sie Teil einer Studie waren. Um relevante Ergebnisse zu erhalten, wurden SchülerInnen des Realgymnasiums, des Gymnasiums und des Wirtschaftskundlichen Realgymnasiums ausgewählt. Es wurden für die Versuchs- und Kontrollgruppe jeweils die gleichen Altersstufen herangezogen. Pro Klasse wurden jeweils drei SchülerInnen interviewt, wobei sich die Aufteilung der Geschlechter in der Stichprobe nach der Grundgesamtheit (ganze Klasse) richtete. Die Befragten bekamen „offene Fragen" gestellt. Das bedeutet, dass diese Fragen nicht mit „ja" oder „nein" beantwortet werden können, sondern zum Erzählen anregen sollen. Für die Interviews wurde nur ein roter Faden für die offenen Fragen verwendet. Dieser bestand aus folgenden Fragen:

- Was fällt dir spontan zu deinem Physikunterricht ein?
- Wie kommt man bei eurem Lehrer zur Note?
- Wo würdest du Physik in einer Beliebtheits-Reihung all deiner Fächer einordnen?
- Was würdest du ändern bzw. beibehalten am Unterricht, wenn du selbst Physiklehrer wärst?
- Möchtest du sonst noch etwas sagen?

Für die Studie an AHS-Schülern wurde zur Auswertung der Daten die qualitative Foirschungsmethode GABEK [9] verwendet. Mit Hilfe von GABEK kann man aus verbalen Daten (Interviews) die Meinungen und Einschätzungen bzw. Wissen über Ursachen und Auswirkungen der Befragten ablesen. Zu diesem Zweck benutzt man das Programm WinRelan (Windows Relationen Analyse), die Computer-Implementation von GABEK.

Die Interviews der Studie wurden mittels des Leitfadens von einer den Schülern unbekannten Person geführt. Dadurch war eine Transkription der mündlichen Interviews nötig. In WinRelan müssen zuerst alle verbalen Daten codiert werden. Dazu wird jedes Interview vorerst in zusammenhängende Textpassagen (in GABEK als Sätze bezeichnet) aufge-

teilt und dann aus diesen die Schlüsselbegriffe zur Codierung ausgewählt. Eine Ausdrucksliste gibt dann an, wie häufig jeder Schlüsselbegriff vorkommt. In Assoziationsgraphen kann dargestellt werden, mit welchen Begriffen ein ausgewählter Schlüsselbegriff immer wieder verbunden wird, d.h. welche Schlüsselbegriffe immer in einem gemeinsamen Kontext genannt werden. Weiters kann eine Bewertungscodierung mit diesem Programm vorgenommen werden, sodass in einer Bewertungsliste nachzulesen ist, welche Schlüsselbegriffe vom Befragten positiv betrachtet werden und welche negativ. Durch eine Kausalcodierung wird nach kausalen Zusammenhängen zwischen Schlüsselbegriffen in den einzelnen Textpassagen gesucht. So lässt sich herausfinden, was für die Schüler wichtige Ziele (Grundwerte) sind und welche Maßnahmen ihrer Meinung nach zu diesenhinführen. GABEK bietet auch die Möglichkeit, solche Zusammenhänge durch Kausalnetzgraphiken zu visualisieren.

Im letzten und schwierigsten Schritt werden die Schlüsselbegriffe gruppiert und zu Kategorien zusammengefasst. Dazu wird eine Clusteranalyse auf die Sätze in GABEK angewendet. Es entstehen sprachliche Gestalten. Die Clusteranalyse ist ein Verfahren zur Gruppenbildung. Es werden GABEK-Sätze zu einer Gruppe zusammengefasst, wobei alle bekannten Schlüsselbegriffe als Merkmale in die Bildung einfließen. Außerdem wird die Distanz, also die Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit zweier Sätze berechnet. Die Clusteranalysen sind somit quantitative Forschungsmethoden.

Nachdem die Gruppierung mit Hilfe des Computers abgeschlossen ist, werden die Gruppen der Clusteranalyse auf inhaltliche Zusammenhänge überprüft. So werden die Gestalten zu Hyper-Gestalten gruppiert. Die Hyper-Gestalt enthält somit die inhaltliche Zusammenfassung der Gestalten, aus denen sie gebildet wurde. Auf analoge Weise können dann noch eine Hyper-Hyper-Gestalt und eine Zusammenfassung der Hyper-Hyper-Gestalten konstruiert werden. Es entsteht der Gestaltenbaum mit den Gestalten verschiedener Ebenen. Themen, die in den Gestalten höherer Ebene noch auftauchen, sind den Befragten besonders wichtig, da sie in vielen Aussagen vorkommen – sonst wären sie bereits bei der Bildung der Gestalten niedrigerer Ebenen eliminiert worden.

## Ergebnisse der Studie

Man kann die Urteile der SchülerInnen der Kontrollgruppe kurzgefasst wiedergeben, ohne auf Einzelheiten einzugehen. Dies ist möglich mittels einer Zusammenfassung, die nach syntaktisch-semantischen Regeln des GABEK-Verfahrens formuliert wurde:

*Wir verstehen das Thema besser durch Versuche, weil wir uns dann die Theorie besser vorstellen können. Andrerseits helfen uns auch Skizzen zusätzlich zu unserer Mitschrift, die alles anschaulicher machen. Außerdem interessieren uns Beispiele aus dem Alltag. All das merken wir uns leicht. Anstrengender ist es, Merksätze und Formeln auswendig zu lernen. Um das zu lernen, braucht man eine gute Mitschrift. Wenn man alles in den Stunden immer wieder wiederholt, merkt man es sich und braucht dann für den Test gar nicht mehr so viel zu lernen.*

Auch die Meinungen der SchülerInnen, die versuchsweise populäre Filme physikalisch analysierten, können in dieser Art wiedergegeben werden:

*Wenn an die Tafel geschrieben worden ist, was wir aufschreiben müssen, können wir mehr als wenn wir selbst Notizen machen müssen. Weil wir nicht so gut wissen, was wichtig ist und was nicht. Noch besser aber sind Versuche. Was wir selbst miterleben, merken wir uns besser. Der Physikunterricht ist interessant gestaltet, wenn man sich Ausschnitte aus Kinofilmen ansieht und physikalische Fehler finden soll. Das finden alle spannend, weil es lustig und praxisorientiert ist. Wir haben uns auch gemerkt, worum es gegangen ist, weil man ja auch lieber zuhört, wenn etwas interessant ist.*

Was im Gestaltenbaum der GABEK®-Analyse noch in der höchsten hierarchischen Ebene, der Zusammenfassung, vorkommt, ist den Schülern besonders wichtig. In beiden Zusammenfassungen kommen sowohl die Mitschrift als auch die Versuche zum besseren Verständnis und somit leichteren Lernen vor. Bei der Versuchsgruppe taucht aber selbst auf dieser höchsten Ebene des Gestaltenbaums noch immer der Kinofilm auf, der auch zur Merkfähigkeit von Lerninhalten beiträgt.

Zum Vergleich der beiden Schülerstudien kann man auch die Assoziationsgraphen betrachten. Für die Versuchs- als auch die Kontrollgruppe wurde der Begriff „Interesse" hervorgehoben und dargestellt, welche Begriffe mit diesem zentralen zu definierenden Begriff verbunden sind.
Wie aus der Abbildung ersichtlich, kommen manche Begriffe – zumindest sinngemäß – in beiden Graphen vor. Sehr auffällig aber kommen die auch wieder untereinander verknüpften Begriffe „Kinofilm", „physikalische Fehler" und „lustig" bei der Versuchsgruppe zum Assoziationsgraph „Interesse" hinzu.

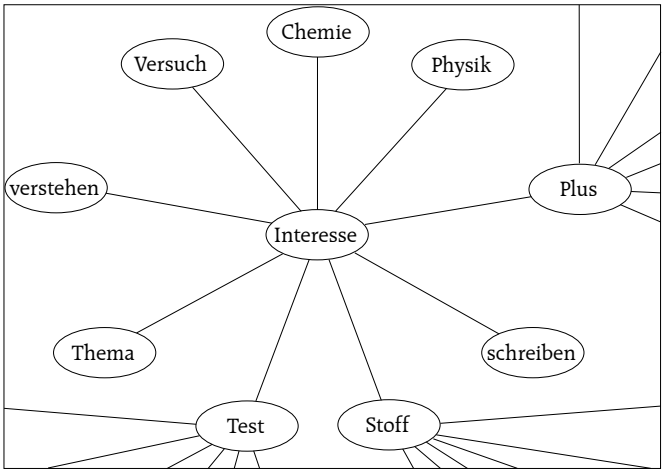



Abb. 1: Ausschnitt aus dem Assoziationsgraph „Interesse" der Kontrollgruppe

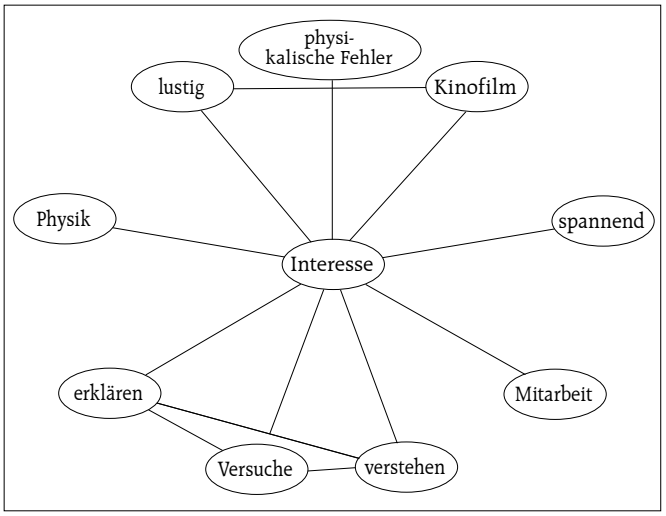



Abb. 2: Assoziationsgraph „Interesse" der Versuchsgruppe

Auch die Liste der Schlüsselbegriffe kann zum Vergleich der Studien herangezogen werden. Kommt bei der Kontrollgruppe als häufigster Schlüsselbegriff noch „schreiben", gefolgt von „Versuch" und „Test" vor, so nennt die Versuchsgruppe am häufigsten die Wörter „Versuche", „Wiederholung" und dann bereits „Kinofilm". Diese Begriffe geben an, woran die Schüler meistens denken, wenn sie nach ihrem Physikunterricht gefragt werden.

| **Kontrollgruppe** | | **Versuchsgruppe** | |
|---|---|---|---|
| Schreiben | 66 Nennungen | Versuche | 59 Nennungen |
| Versuch | 64 Nennungen | Wiederholung | 46 Nennungen |
| Test | 49 Nennungen | Kinofilm | 45 Nennungen |

Tabelle 1: Top 3 der Ausdruckslisten von Kontroll- und Versuchsgruppe

Es liegen auch quantitativ erfassbare Ergebnisse der Studie vor. Wenn man die Bewertungslisten zur Hand nimmt, erkennt man, dass sowohl in der Kontroll- als auch in der Versuchsgruppe die positiv bewerteten Schlüsselbegriffe für die derzeitige Situation mit zirka zwei Drittel überwiegen. In der Kontrollgruppe wird das restliche Drittel von negativen Einschätzungen bestimmt. Die Versuchsgruppe hingegen nennt außer den positiven sowohl neutrale als auch negative Bewertungen.

Vergleicht man noch die Bewertungslisten für die von den Schülern gewünschte Sollsituation, so erkennt man in der Versuchsgruppe keinen wesentlichen Unterschied in den Bewertungen zwischen Ist- und Soll-Situation. In der Kontrollgruppe kommt es hier aber zu starken Abweichungen. So sind 80% der Bewertungen positiv, was auf viele Wünsche für einen möglichen Unterricht hindeutet.

Ein Betrachten der Kausalnetze zeigt Ähnliches wie die Assoziationsgraphen. So wurde für beide Studien ein Kausalnetz rund um Einwirkungen und Auswirkungen des Begriffs „merken" erstellt. Einige Begriffe tauchen in beiden Graphen auf. Auffällig kommt für die Versuchsgruppe der Begriff „Kinofilm" als eine Unterrichtsmaßnahme hinzu, die das Merken positiv beeinflussen kann. Interessant ist auch, dass in beiden Graphen das „Schreiben" genannt wird, allerdings in unterschiedlicher Bedeutung. Meint die Kontrollgruppe noch, dass schreiben beim Merken hilft, drückt die Versuchsgruppe aus, dass mehr Schreiben bewirkt, dass sie sich weniger merken.

**Erklärung:** Pfeile führen von Maßnahmen hin zu Zielen. Kreise deuten auf eine Verkleinerung/Schwächung der Variable durch einen Einfluss hin (Beispiel: Mitarbeiten bewirkt ein besseres Merken des Lerninhalts, während der Lehrervortrag eher destruktiv für Merken und Verstehen ist).

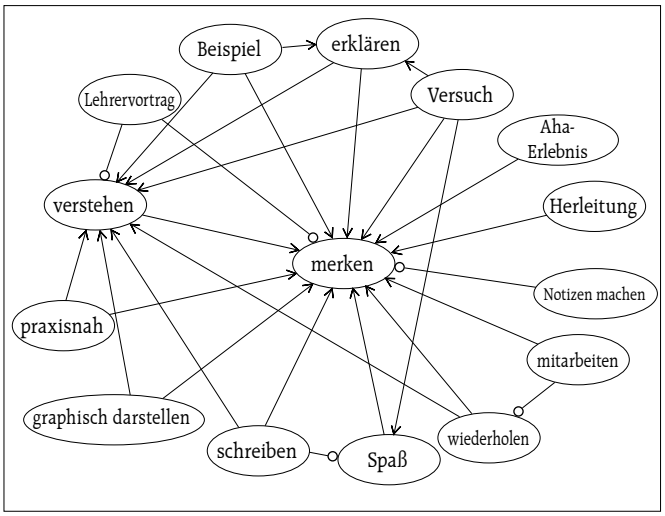



Abb. 3: Kausalitätsnetzgraphik „merken" der Kontrollgruppe

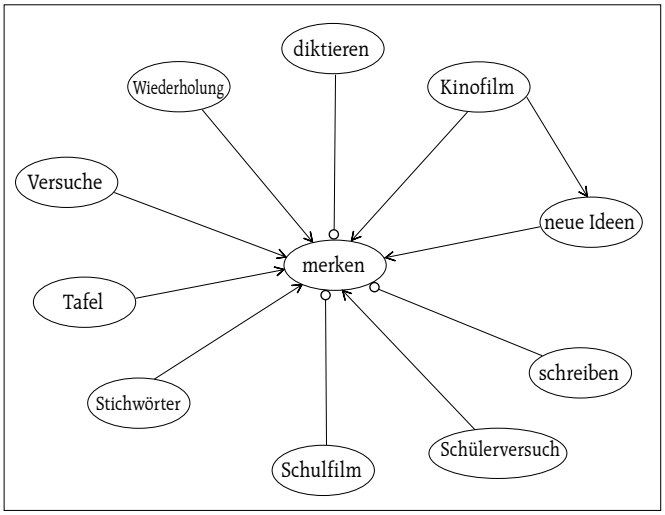



Abb. 4: Kausalitätsnetzgraphik „merken" der Versuchsgruppe

Einige Schülerzitate sprechen für sich:

„Da waren überraschend viele Fehler [im Film, Anm.]. Da wäre man alleine nicht darauf gekommen. Eigentlich hat man sich schon auch sehr viel gemerkt und wenn ich mir jetzt noch einmal so einen Film ansehen würde, würde ich speziell darauf achten."

Das ist gut angekommen, das war recht lustig, weil man

doch ein bisschen mehr nachdenkt auf physikalischer Ebene in so einem Film. Wenn man sich so einen Film im Kino anschaut, denkt man sich ja lustig und denkt nicht viel drüber nach. Wir haben viele Fehler gefunden, wir sind klug."

## Zusammenfassung und Ausblick

Die oben diskutierte Studie liefert eine Bestätigung der Hypothese, dass für SchülerInnen durch Filme und Videoclips das Interesse und die Attraktivität zu einzelnen Themen und Physik im Allgemeinen gesteigert werden. Die positiven Auswirkungen der Analyse der Filmausschnitte zeigen sich bei beiden Geschlechtern und stellen somit eine gute Methode dar, um auch das Interesse der Mädchen an Physik zu wecken. Das Interesse wird hauptsächlich gesteigert, weil SchülerInnen diesen praxisorientierten Unterricht wesentlich anregender und spannender finden als herkömmlichen konventionellen Frontalunterricht. Sie merken sich bestimmte Lerninhalte besser, was sich natürlich wiederum positiv auf ihre Noten auswirkt.

In der Studie wurden nur die Auswirkungen des Einsatzes von populären Filmen im Physikunterricht herausgefunden. Das Verwenden von solchen Videoclips kann auch für andere naturwissenschaftliche Fächer zur Steigerung der Schüler-Motivation verallgemeinert werden. Manche Schüler meinten sogar in den Befragungen, dass man diese Unterrichtsmethode auf andere Fächer ausweiten sollte. Unsere Erfahrungen mit der Studie zeigen auch, dass SchülerInnen beim ersten Versuch, einen Videoclip im Unterricht einzusetzen, vorerst noch relativ unkritisch sind. Erst wenn Blockbuster-Ausschnitte häufiger verwendet werden, erhöht sich ihre Kritikfähigkeit deutlich.

Für LehrerInnern würden die Vorbereitungen für ihren Unterricht natürlich wesentlich aufwändiger werden, wenn sie sich selbst die Filme ansehen müssten, Szenen suchen und Erklärungs- und Diskussionsmaterial ausarbeiten müssten. Deshalb wird im Rahmen des EU-Projekts „Cinema and Science (CISCI)" [10] eine on-line Datenbank für naturwissenschaftlich relevante Filme und Filmszenen unter http://www.cisci.net angelegt und laufend erweitert. Diese web-basierte Datenbank wird neben Zusammenfassungen und Daten der Filme Erklärungen der (Pseudo-) Wissenschaft der jeweiligen Szenen sowohl für die Unterstufe (10+) als auch die Oberstufe (14+) enthalten. Ebenso wird für die einzelnen Szenen die wissenschaftliche und didaktische Hintergrundinformation für LehrerInnen ins Netz gestellt. In Deutsch ist bereits eine Datenbank über Physik mit der Zielgruppe Schule unter der Adresse http://www.cisci.net/physik mit einigen Filmen und Filmszenen on-line.

Als Spin-off des Projekts CISCI finden auch laufend Veranstaltungen zu „Cinema und Science" mit Eventcharakter für die Öffentlichkeit und für Schulen statt. In diesen Veranstaltungen analysieren, erklären und diskutieren Wissenschafter die gezeigte (Pseudo-) Wissenschaft in Filmen und Filmszenen. Dass solche Vorstellungen großen Anklang in der Bevölkerung und insbesondere der jungen Generation finden, konnte gezeigt werden, als an einem einzigen Abend nicht weniger als 2000 BesucherInnen Präsentationen von „Cinema und Science" an der TU Wien verfolgten. Falls Sie sich über die weiteren Entwicklungen und/oder Veranstaltungen zu Cinema and Science informieren wollen, registrieren Sie sich einfach unter http://www.cisci.net/physik.

## Literatur


[1] Auswertung der Top 50_Filmtitel des Jahres 2004 nach soziodemografischen sowie kino- u. filmspezifischen Informationen, 2005
http://www.filmfoerderungsanstalt.de/downloads/publikationen/top_50_filme_2004.pdf

[2] Eurobarometer 55.2, European, Science and Technology, 2001:
http://europa.eu.int/comm/research/press/2001/pr0612en-report.pdf

[3] S. Sjøberg, Science And Scientists: The SAS-study, Cross-cultural evidence and perspectives on pupils' interests, experiences and perceptions, Background, Development and Selected Results, 2000:
http://folk.uio.no/sveinsj/SASweb.htm

[4] H.J. Schlichting, Physik – eine Perspektive der Realität: Probleme des Physikunterrichts,
http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/didaktik_physik/ publikationen/physik_frage_perspektive.pdf

[5] Offizielle Statistik der TU Wien:
AnfängerInnen im Studium "Technische Physik" an der TU Wien: 1999/2000: 184, 2000/2001: 204, 2001/2002: 173, 2002/2003: 206, 2003/2004: 195, 2005/2006: 182
http://www.tuwien.ac.at/ud/stud/inskribierte/bmwf_2005w.html

[6] Europe needs more scientists: EU blueprint for action, 2004:
http://www.publictechnology.net/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=837

[7] Offizielle Statistik der TU Wien: StudentInnenanzahl Technische Physik 2005: Männlich: 876; Weiblich: 182
http://www.tuwien.ac.at/ud/stud/inskribierte/bmwf_2005w.html

[8] M. Kriebert, Der Einfluss von populären Filmen im naturwissenschaftlichen Weltbild von Schülern und deren Einsatz im Unterricht an Allgemeinbildenden Höheren Schulen in Österreich, Dissertation, Technische Universität Wien, 2005

[9] J. Zelger, Ganzheitliche Bewältigung von Komplexität®, Josef Zelger, Univ. Innsbruck, 1992-2002
http://www.gabek.com/

[10] EU-Projekt „Cinema and Science (CISCI): Zusammenfassung von Filmen, Szenen, Erklärungen und wissenschaftlichen Hintergrundsinformationen für den Unterricht
http://www.cisci.net


**HINWEIS:** Nächste Veranstaltungen Science in Film am 31. Okt. und 28. Nov. 2006 im Audi Max der TU Wien. http://www.scienceinfilm.net

# Wie sieht die Mondbahn aus?

Tomaz Kranjc


## Zusammenfassung

In dem Artikel wird die Bahn betrachtet, auf der sich der Mond um die Sonne bewegt. Es wird angenommen, dass sich die Erde um die Sonne sowie auch der Mond um die Erde auf Kreisbahnen bewegen, dass die Erdbahn und die Mondbahn auf derselben Ebene liegen und dass die Erde die Sonne im gleichen Umlaufsinn umkreist wie der Mond die Erde. Die Mondbahn macht keine Schleifen, wie man sich oft irrtümlich vorstellt, sondern unterscheidet sich nur wenig von einer Kreisbahn. Von der Sonne aus gesehen ist die Mondbahn überall nach innen gewölbt (konkav).

Es gibt verschiedene mögliche Bahnen eines Mondes, der um einen Planeten kreist, wobei sich dieser wiederum um eine Sonne bewegt. Die Bahn kann Schleifen aufweisen oder sie kann ohne Schleifen ablaufen, aber teilweise nach innen (konkav), teilweise nach außen (konvex) gewölbt sein, oder sie kann überall nach innen gewölbt sein. Welche von diesen Möglichkeiten auftritt, hängt von zwei Parametern ab, und zwar vom Verhältnis der Abstände des Planeten von der Sonne und des Mondes vom Planeten und dem Verhältnis der Umlaufzeiten des Planeten um die Sonne und des Mondes um den Planeten.


## Einleitung

In einem Schulbuch ist die folgende Aufgabe gestellt [1]:

*Der Mond wird nicht nur von der Erde, sondern auch von der Sonne angezogen. Wie groß ist der Quotient der beiden Kräfte? Aus dem Resultat kann man schließen, dass die Mondbahn immer gegen die Sonne gekrümmt ist.*

Die Angaben, über die wir verfügen, sind die Masse der Erde ($m_E = 6{,}0 \cdot 10^{24}$ kg), die Masse der Sonne ($m_S = 2{,}0 \cdot 10^{30}$ kg), die Masse des Mondes ($m_M = 7{,}34 \cdot 10^{22}$ kg), die Entfernung des Mondes von der Erde ($r_{EM} = 384000$ km) und die Entfernung der Erde von der Sonne ($r_{ES} = 149{,}5 \cdot 10^6$ km). Wir wissen auch, dass die Erde die Sonne in einem Jahr umkreist ($t_E = 1$ Jahr) und der Mond die Erde in ungefähr 27 Tagen ($t_M = 27$ Tage).

Der Verlauf der Mondbahn ist den Astronomen gut bekannt. Sie kennen nicht nur die richtige qualitative Antwort, sondern können die Bahn auch äußerst präzis zu berechnen.

A. Unsöld stellt in seinem Buch *Der neue Kosmos* fest: "Würde man die Bahnen des Mondes und der Erde um die Sonne von einem Weltraumfahrzeug aus betrachten, so würde man – in Übereinstimmung mit einer einfachen Rechnung – feststellen, dass auch die Mondbahn zur Sonne hin durchweg konkav ist." ([2], S. 18).

Nichtastronomen, auch Physiker und Mathematiker, haben jedoch häufig eine irrtümliche Vorstellung, zu der man zwar mit einer logischen, aber doch voreiligen Schlussfolgerung kommt (siehe Abb. 1). Ja sogar in manchen Astronomiebüchern ist die Mondbahn oberflächlich oder falsch dargestellt [3, 4]. Deshalb scheint es zweckmäßig, in diesem Artikel die richtige und allgemeine Antwort in einfacher Weise darzustellen. Dafür benötigt man nur einige Grundlagen der Physik.

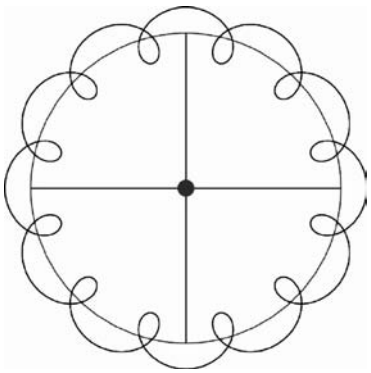


Abb. 1: Häufige (jedoch irrige) Vorstellung von der Mondbahn.

## Kräfte zwischen Sonne, Erde und Mond

Um festzustellen, ob unsere Vorstellung richtig ist, berechnen wir den Quotienten der Kräfte, mit denen die Sonne und die Erde auf den Mond einwirken. Das Newtonsche Massenanziehungsgesetz besagt, dass die Kraft zwischen zwei Massenpunkten $m_1$ und $m_2$ in der Verbindungslinie beider Punkte wirkt und umgekehrt proportional dem Entfernungsquadrat ist:

$$F_g = \mathcal{G}\, m_1 m_2 / r^2 \qquad (1)$$

$\mathcal{G} = 6{,}7 \cdot 10^{-11}$ Nm$^2$/kg$^2$ ist die Newtonsche Gravitationskonstante.

Die Erde wirkt mit der Anziehungskraft $F_E = \mathcal{G}\, m_M m_E / r_{EM}^2$, und die Sonne mit der Anziehungskraft $F_S = \mathcal{G}\, m_M m_S / r_{SM}^2$ auf den Mond ein, wobei $r_{SM}$ die Entfernung des Mondes von der Sonne bedeutet. Der Quotient zwischen den Entfer-

Dr. Tomaz Kranjc, Faculty of Education, University of Ljubljana, Kardeljeva ploscad 16, SI-1000 Ljubljana, Slowenien. tomaz.kranjc@pef.uni-lj.si

nungen des Mondes von der Erde und der Erde von der Sonne beträgt $r_{ES} / r_{EM} \approx 400$. Die Entfernung des Mondes von der Erde beträgt also nur einen winzigen Teil (ein Vierhundertstel) der Entfernung der Erde von der Sonne. Bei der hier betrachteten Genauigkeit darf man deshalb den Unterschied zwischen $r_{ES}$ und $r_{MS}$ vernachlässigen und kann $r_{MS} = r_{ES}$ nehmen.

Damit findet man für den Quotienten der Kräfte der Sonne ($F_S$) und der Erde ($F_E$) auf den Mond

$$F_S / F_E = (\mathcal{G}\, m_M m_S / r_{SM}^2)/(\mathcal{G}\, m_M m_E / r_{EM}^2) =$$

$$= (m_S / m_E) \cdot (r_{EM} / r_{SM})^2 = 2{,}2\,. \qquad (2)$$

Wir sehen, dass die Sonne auf den Mond mehr als doppelt so stark einwirkt wie die Erde.

Es gibt nur zwei Körper, die eine Kraft auf den Mond ausüben, und zwar die Sonne und die Erde (alle andere Einflüsse vernachlässigen wir bei unserer Beschreibung), so dass die Resultierende der äußeren Kräfte auf den Mond $\mathbf{F} = \mathbf{F}_S + \mathbf{F}_E$ ist. In Abb. 2 sehen wir, dass diese Resultierende immer „mehr oder weniger" in Richtung Sonne zeigt. Mit „mehr oder weniger" wollen wir sagen, dass die Resultierende mit der Verbindungslinie zwischen Mond und Sonne immer einen spitzen Winkel bildet, der nie 25 Grad überschreitet.

Nach dem 2. Newtonschen Gesetz ist die Beschleunigung, mit der sich ein Körper bewegt, gleich dem Quotienten der Resultierenden der äußeren Kräfte und der Masse des Körpers. Dementsprechend bewegt sich der Mond mit der Beschleunigung $\mathbf{a} = (\mathbf{F}_S + \mathbf{F}_E)/m_M$. Diese zeigt, genauso wie die Vektorsumme der äußeren Kräfte, „mehr oder weniger" gegen die Sonne. Das bedeutet, wie wir bald sehen werden, dass die Mondbahn immer gegen die Sonne gekrümmt (also konkav) ist.

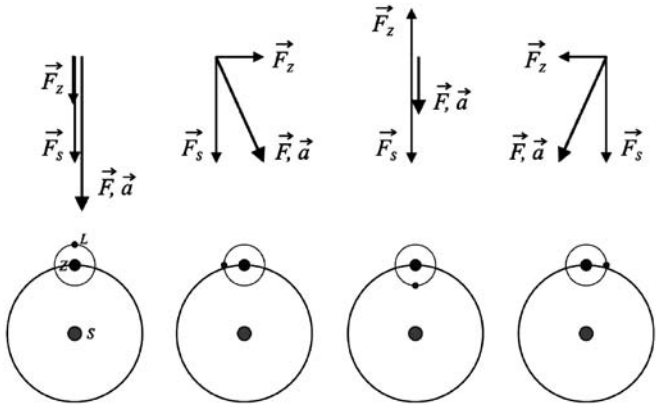



Abb. 2: Resultierende der äußeren Kräfte auf den Mond ($\mathbf{F}_S + \mathbf{F}_E$) und die entsprechende Beschleunigung ($\mathbf{a} = \mathbf{F}/m_M$). Die Abbildung zeigt vier typische Stellungen der Erde und des Mondes in Bezug auf die Sonne.

Ist es denn möglich, dass die Mondbahn immer nach innen gekrümmt ist, wo sich doch der Mond einmal vor und einmal hinter der Erde (von der Sonne aus betrachtet) befindet?

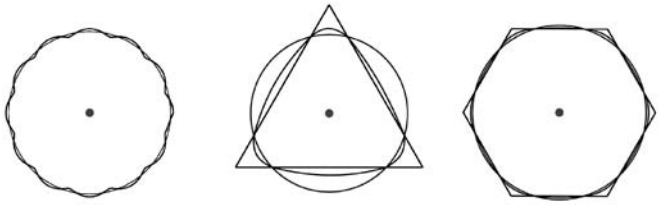



Abb. 3: Denkmögliche Mondbahnen:
a) konvex-konkaveMondbahn,
b), c) konkave Bahnen.

In Abb. 3a) ist eine Bahn gezeichnet, die konkave und konvexe Bahnelemente beinhaltet. Dass es auch rein konkave Bahnen gibt, kann man sich am einfachsten illustrieren, wenn man den Erdbahnkreis mit einem Vieleck überdeckt, so dass die Ecken des Vielecks außerhalb, die mittleren Teile der Seiten aber innerhalb des Kreises liegen (Abb. 3b für ein Dreieck und 3c für ein Sechseck). Rundet man die Ecken des Vielecks ein wenig nach innen und wölbt man die Mittelteile der Seiten nach außen, so bekommt man eine überall konkave Kurve, die sich jedoch teils innerhalb, teils außerhalb der Erdbahn befindet.

## Geschwindigkeit, Beschleunigung und die Form der Bahn

Wir möchten uns eine klarere Vorstellung schaffen, unter welchen Bedingungen ein Mond (nicht notwendigerweise unser Mond), der in demselben Sinne um einen Planeten kreist wie der Planet um die Sonne, Schleifen macht bzw. wann die Bahn konkav ist. Wir werden zeigen, welche Bedingungen für mögliche Mondbahnen ausschlaggebend sind.

### Schleifenbahn

Die Geschwindigkeit des Mondes in Bezug auf die Sonne ($\mathbf{v}$) ergibt sich aus der Summe der Geschwindigkeiten des Mondes in Bezug auf den Planeten ($\mathbf{v}_2$) und des Planeten in Bezug auf die Sonne ($\mathbf{v}_1$):

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_2. \qquad (3)$$

Sehen wir uns zwei extreme Lagen des Mondes in Bezug auf die Sonne an: Wenn der Mond am weitesten von der Sonne entfernt ist und wenn der Mond der Sonne am nächsten ist (Abb. 4). Die Geschwindigkeit des Mondes in Bezug auf die Sonne ist am kleinsten, wenn der Mond der Sonne am nächsten ist, sie ist dann $v = v_1 - v_2$. Ist $v_1 > v_2$, so bewegt sich der Mond in dieselbe Richtung wie der Planet, doch mit kleiner Geschwindigkeit. Ist aber $v_1 < v_2$, so bewegen sich Mond und Planet in entgegengesetzte Richtungen.

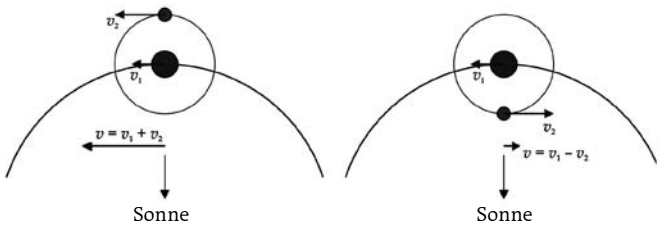



Abb.4: Die Geschwindigkeit des Mondes in Bezug auf die Sonne v. $v_1$ ist die Geschwindigkeit des Planeten relativ zur Sonne und $v_2$ ist die Mondgeschwindigkeit bezüglich des Planeten. In beiden Fällen ist $v_1$ kleiner als $v_2$.

Damit haben wir die Antwort auf die Frage bekommen, wann ein Mond Schleifen macht: Wenn die Geschwindigkeit, mit der er um den Planeten kreist, größer ist als die Geschwindigkeit des Planeten um die Sonne. Die Bedingung für das Auftreten von Schleifen ist somit

$$v_1 < v_2. \qquad (4)$$

Wie groß sind die Geschwindigkeiten $v_1$ und $v_2$ im Falle unserer Erde und unseres Mondes? Der Mond kreist mit einer Geschwindigkeit von

$$v_M = 2\pi r_{EM}/t_M = 1 \text{ km/s}$$

um die Erde. Die Geschwindigkeit der Erde um die Sonne ist:

$$v_E = 2\pi r_{ES}/t_E = 30 \text{ km/s}.$$

Die Erde bewegt sich 30-mal schneller um die Sonne als der Mond um die Erde; deshalb ist $v_E > v_M$ und unser Mond, von der Sonne aus gesehen, macht keine Schleifen.

Wenn ein Mond Schleifen macht, lesen wir ohne Schwierigkeit aus der Abbildung 1, dass seine Bahn auf einigen Teilen nach innen gekrümmt (konkav) und auf anderen Teilen nach außen gewölbt (konvex) ist. Die Bahn ist immer konvex in der Umgebung derjenigen Positionen, wo der Mond der Sonne am nächsten ist, und konkav in der Umgebung der Lagen, wo der Mond am weitesten von der Sonne ist.

**Krümmung einer Bahn ohne Schleifen**

In diesem Abschnitt betrachten wir die Krümmungen von Bahnen, die *keine* Schleifen machen. Bedingung (4) ist damit *nicht* erfüllt, sodass $v_1 > v_2$ gilt.

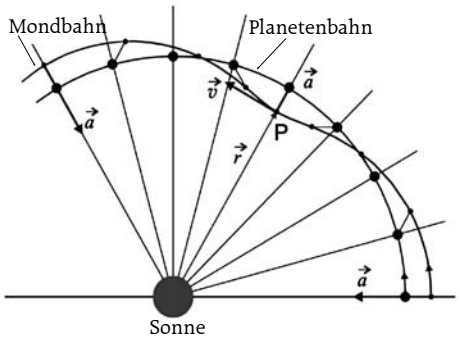



Abb. 5: Im sonnennächsten Punkt des Mondes P, steht die Mondgeschwindigkeit (**v**) normal auf den Ortsvektor des Mondes (**r**), die Beschleunigung (**a**) ist parallel (oder antiparallel) zum Ortsvektor. Die Tangentialbeschleunigung des Mondes ist gleich Null.

Aus Abb. 5 ersehen wir, dass die "kritischsten Punkte" bezüglich der Konkavität der Bahn diejenigen sind, an denen der Mond der Sonne am nächsten liegt (Punkt P in Abb. 5). Dort ist die Bahn am meisten nach außen gewölbt, wenn sie konvexe Teile hat, bzw. am wenigsten nach innen, wenn sie überall konkav ist. Sucht man also die Bedingung dafür, dass die Bahn überall konkav ist, so genügt es, die Bedingung für die Konkavität des sonnenächsten Teiles der Bahn zu finden.

In den Punkten, wo der Mond der Sonne am nächsten liegt, sind die Kräfte der Sonne und des Planeten auf den Mond entgegengesetzt gerichtet. Deshalb liegt die Resultierende und damit die gesamte Beschleunigung des Mondes auf der Geraden, welche die Sonne, den Mond und den Planeten verbindet. Ist die Kraft, die die Sonne auf den Mond ausübt, größer als die Kraft des Planeten, so ist die Resultierende gegen die Sonne gerichtet. Ist aber die Kraft der Sonne kleiner als die des Planeten, so zeigt die Resultierende in entgegengesetzte Richtung, d.h. von der Sonne weg.

*Bahnkrümmung und Beschleunigung*

Zuerst ist es notwendig, den Zusammenhang zwischen der Beschleunigung des sich bewegenden Körpers und der Bahngestalt, die der Körper beschreibt, festzustellen.

Die Beschleunigung gibt an, wie sich die Geschwindigkeit des Körpers ändert. Es kann sich der Betrag der Geschwindigkeit ändern, oder die Richtung, oder beide. Um denjenigen Anteil der Beschleunigung, die die Änderung des Geschwindigkeitsbetrags misst, von demjenigen, der sich auf Richtungsänderungen der Geschwindigkeit bezieht, zu unterscheiden, zerlegen wir die Beschleunigung in einen tangentialen und einen radialen Anteil:

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_t + \mathbf{a}_r. \qquad (5)$$

Die Tangentialbeschleunigung ($\mathbf{a}_t$), die die Änderung des Geschwindigkeitsbetrags bestimmt, ist immer parallel oder antiparallel zu der Geschwindigkeit, $\mathbf{a}_t \parallel \pm\mathbf{v}$. Die Normalbeschleunigung ($\mathbf{a}_r$), die die Richtungsänderungen der Geschwindigkeit misst, ist in jedem Augenblick senkrecht auf die Geschwindigkeit ($\mathbf{a}_r \perp \mathbf{v}$).

Bewegt sich ein Körper gleichförmig auf einer Kreisbahn, so ändert sich sein Geschwindigkeitsbetrag nicht (deshalb ist $\mathbf{a}_t = 0$), die ständige Änderung der Richtung ergibt sich aus dem normalen Anteil der Beschleunigung; wir wissen, dass in diesem Fall

$$a_r = v^2/R, \qquad (6)$$

wobei $v$ der Geschwindigkeitsbetrag und $R$ der Radius der Kreisbahn sind. Die Normalbeschleunigung $\mathbf{a}_r$ ist gegen das Zentrum des Kreises gerichtet (deshalb auch der Name *zentripetale* Beschleunigung).

Der Ausdruck (6) für die Normalbeschleunigung gilt für alle

Bahnkurven zu einem beliebigen Zeitpunkt. Nur verändert sich im Allgemeinen nicht nur die Richtung, sondern auch die Größe von $\mathbf{a}_r$ längst die Bahnkurve. Man nennt dann $1/R$ die Krümmung der Kurve. Auf jedem Bogenelement der Kurve kann man sich einen Kreis so vorstellen, dass er sich der Kurve „am besten anpasst" (Krümmungskreis mit Radius R, siehe Abb. 6)

Aus dem Ausdruck (6) schließen wir, dass die Normalbeschleunigung also nicht von der Änderung der Geschwindigkeit, sondern lediglich von der Geschwindigkeit selbst und von der *Gestalt* der Bahn abhängt.

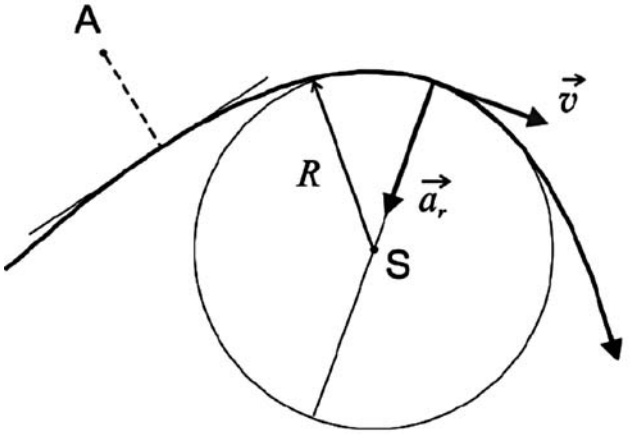



Abb. 6: Die Krümmung der Bahnkurve, auf der sich ein Körper bewegt, ist durch den Krümmungsradius $R$ bestimmt. Das Zentrum des Krümmungskreises (S) ist immer auf jener Seite der Bahnkurve, wohin die Normalbeschleunigung zeigt. Das meinen wir, wenn wir sagen, dass die Bahnkurve in Richtung der Normalbeschleunigung gekrümmt ist. Vom Punkt S aus gesehen ist die Kurve überall nach innen gewölbt (konkav). Von Punkt A in Richtung der gestrichelten Linie gesehen, ist aber die Kurve nach außen gewölbt (konvex).

Für uns ist es wichtig festzustellen, dass die Bahnkurve immer gegen das Zentrum des Krümmungskreises gewölbt ist. Mit anderen Worten, die Bahnkurve ist in Richtung der Normalbeschleunigung gekrümmt. Beobachtet man aus einem gewissen Punkt einen Teil der Bahnkurve, so sieht man diese nach innen gewölbt, wenn das Zentrum des Krümmungskreises auf derselben Seite der Kurve wie der Beobachter liegt, sie ist aber nach außen gewölbt, wenn das Zentrum des Krümmungskreises auf der anderen Seite der Kurve liegt.

*Die Bedingung für die Konkavität der Bahn*

Unter welchen Bedingungen ist die Bahnkurve in den „kritischsten Punkten", d.h. dort, wo der Mond am nächsten der Sonne ist, konkav? Sie ist, von der Sonne aus gesehen, konkav, wenn die Normalbeschleunigung gegen die Sonne gerichtet ist (siehe Punkt P in Abb. 5). Das ist aber der Fall, wenn die Resultierende der äußeren Kräfte, $\mathbf{F} = \mathbf{F}_S + \mathbf{F}_P$ ($\mathbf{F}_P$ ist die Kraft des Planeten auf den Mond), gegen die Sonne zeigt. Das geschieht, wenn $F_S > F_P$ ist, was unmittelbar aus der Abb. 5 ersichtlich ist. Da $a \approx F$ und auch $a_S \approx F_S$ und $a_P \approx F_P$, so kann man die Bedingung, dass die Bahnkurve überall konkav ist, auch als

$$a_S > a_P \qquad (7)$$

schreiben. Ist jedoch $a_S < a_P$, so ist die Bahn in den der Sonne nächstliegenden Punkten konvex, und die Bahn ist teilweise nach innen und teilweise nach außen gewölbt.

## Die Gestalt von Mondbahnen

Nun sind wir in der Lage, alle möglichen Bahngestalten zu beschreiben, die ein Mond eines Planeten relativ zu einer Sonne durchlaufen kann.

Um die Beschreibung einfacher und transparenter zu machen, führen wir zwei Quotienten ein: den Quotient des Abstandes des Planeten von der Sonne ($r_1$) und des Mondes von dem Planeten ($r_2$),

$$\eta = r_1/r_2, \qquad (8)$$

und den Quotient der Umlaufszeit des Planeten um die Sonne ($t_1$) und des Mondes um den Planeten ($t_2$):

$$q = t_1/t_2. \qquad (9)$$

Nun drücken wir die Verhältnisse $v_1/v_2$ und $a_S/a_P$ durch die Quotienten $\eta$ und $q$ aus. Das Verhältnis der Geschwindigkeiten ist

$$v_1/v_2 = (2\pi r_1/t_1)/(2\pi r_2/t_2) = (r_1/r_2)\cdot(t_2/t_1) = \eta/q. \qquad (10)$$

Aus $a_P = v_2^2/r_2$ und $a_S = v_1^2/r_1$ erhalten wir

$$a_S/a_P = (v_1^2/r_1)(v_2^2/r_2) = (v_1/v_2)^2 \cdot (r_2/r_1) =$$

$$(\eta/q)^2 \cdot (1/\eta) = \eta/q^2. \qquad (11)$$

Die Bedingungen für die unterschiedlichen Bahngestalten, die wir im 3. Abschnitt erhalten haben, drücken wir nun durch die Quotienten $\eta$ und $q$ aus.

i) Die Mondbahn macht Schleifen, wenn $v_1 < v_2$. Dies kann man durch (10) als $\eta/q < 1$ beziehungsweise $\eta < q$ schreiben.

ii) Wenn die Mondbahn keine Schleifen macht ($\eta > q$), ist die Bahn überall konkav, wenn $a_S > a_P$ beziehungsweise $a_S/a_P > 1$; das lässt sich durch (11) als $\eta/q^2 > 1$ beziehungsweise $\eta > q^2$ auszudrücken.

iii) Wenn die Mondbahn keine Schleifen macht ($\eta > q$), aber $a_S < a_P$ (d.h. $\eta < q^2$) gilt, dann ist die Bahn nicht überall konkav. Für eine teilweise konkave und teilweise konvexe Bahn gilt also $q < \eta < q^2$.

In Abb. 7 sind einige verschiedene Möglichkeiten von Bahnen, die der Mond relativ zur Sonne durchlaufen kann, in Abhängigkeit von den Parametern $\eta$ in $q$, gezeigt.

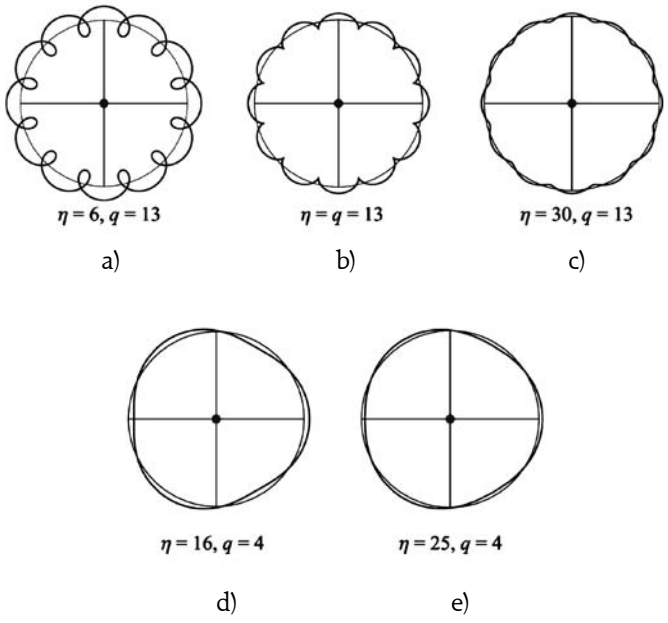



Abb. 7: Die Gestalten der Bahnen für verschiedene Werte der Parameter $\eta$ und $q$.
*a*) $\eta = 6$, $q = 13$, $\eta < q$: die Bahn macht Schleifen.
*b*) $\eta = q = 13$ ist der Grenzfall, wenn die Schleifen zu Punkten schrumpfen.
*c*) $\eta = 30$, $q = 13$, $q < \eta < q^2$, die Bahn hat keine Schleifen, die Gebiete um die von der Sonne am weitesten entfernten Punkten sind konkav, die Gebiete um die nächstliegenden Punkte aber konvex.
*d*) $\eta = q^2 = 16$ (q = 4); das ist der Grenzfall, wenn sich die konvexen Teile der Bahn ebnen: sie sind geradlinig (nicht mehr konvex, aber noch nicht konkav).
*e*) $\eta = 25$, $q = 4$, $\eta > q^2$, die Bahn ist überall konkav, d.h. gegen die Sonne gekrümmt.

## Die Parameter $\eta$ und $q$

Die Parameter $\eta$ und $q$ sind nicht unabhängig voneinander – sie sind durch das dritte Keplersche Gesetz verbunden. Für kreisförmige Bahnen eines Planeten um eine Sonne gilt

$$m_P (v_1^2/r_1) = G\, m_P m_S / r_1^2 \ . \qquad (12)$$

Mit der Beziehung $v_1 = 2\pi\, r_1/t_1$, erhalten wir aus (12)

$$r_1^3/t_1^2 = G\, m_S /(4\pi^2), \qquad (13)$$

das 3. Keplersche Gesetz für eine kreisförmige Bahn.

In ähnlicher Weise kann man das 2. Newtonsche Gesetz auch für die Berechnung der Mondbeschleunigung in Bezug auf den Planeten verwenden:

$$m_M (v_2^2/r_2) = G\, m_M m_P / r_2^2 \ . \qquad (14)$$

$m_M$ ist die Masse des Mondes, $a_P = v_2^2/r_2$ ist die zentripetale Beschleunigung des Mondes in Bezug auf den Planeten. Beachtet man, dass $v_2 = 2\pi\, r_2/t_2$, so erhält man aus (14)

$$r_2^3/t_2^2 = G\, m_P /(4\pi^2). \qquad (15)$$

Dividiert man den Ausdruck (13) durch (15), so erhält man

$$(r_1/ r_2)^3 = (m_S/m_P)\, (t_1/t_2)^2$$

und daraus

$$m_S/m_P = (r_1/ r_2)^3 \cdot (t_2/t_1)^2 = \eta^3/q^2. \qquad (16)$$

In einem Sonnensystem sind also die Parameter $\eta$ und $q$ durch (16) verbunden.

Es sei $\mu = m_S/m_P$ (für unsere Erde und den Mond ist $\mu = 3{,}3.10^5$). Mit Hilfe von (16) kann man $\eta$ durch $q$ ausdrücken:

$$\eta = \mu^{1/3}\, q^{2/3}. \qquad (17)$$

Zum Schluss möchten wir noch folgende Frage stellen: Könnte unser Mond, bei gleichem Quotient der Massen $m_S/m_E$, einen anderen Bahntyp annehmen?

Der Übergang von einer konkaven zu einer konvex/konkaven Bahn liegt bei $\eta = q^2$. Mit $\eta = \mu^{1/3}\, q^{2/3}$ ergibt sich für unseren Mond $q = \mu^{1/4} = 24$. Diese Bedingung bedeutet, dass die Umlaufszeit des Mondes um die Erde $t_2 = t_1/q = = t_1/24 = 15$ Tage sein müsste. Als Radius der Mondbahn um die Erde erhalten wir in diesem Fall unter Benutzung von (15)

$$r_2 = (G\, m_P\, t_2^2/(4\pi^2))^{1/3} = 260{,}000 \text{ km} \ . \qquad (18)$$

Schleifenbahnen würden bei $\eta = q$ beginnen, d. h. bei $q = \mu = 3{,}3.10^5$. Eine ähnliche Rechnung wie vorhin ergibt eine Umlaufzeit von $t_2 = t_1/q = 96$ s und einen Radius von $r_2 = 450$ km, was etwa ein Fünfzehntel des Erdhalbmessers darstellt.

Bei unverändertem Verhältnis $m_S/m_E$ könnte also der Mond eine Bahn durchlaufen, die teils konkav und teils konvex wäre, wenn der Abstand des Mondes von der Erde unter 260 000 km läge. Da sich der Abstand des Mondes von der Erde allmählich vergrößert, wird dies nicht eintreten.

## Zusammenfassung

Wir haben ein vereinfachtes Bild betrachtet und angenommen, dass sich der Planet um die Sonne und der Mond um den Planeten auf Kreisbahnen und in demselben Drehsinn auf derselben Ebene bewegen. Wir haben gezeigt, dass drei verschiedene Gestalten der Mondbahn zu unterscheiden sind:

1. der Mond macht Schleifen,
2. der Mond macht keine Schleifen, seine Bahn ist teils konkav, teils konvex,
3. die Bahn ist überall konkav. Welche der drei Möglichkeiten auftritt, hängt von zwei Parametern ab, vom Quotienten der Abstände des Planeten von der Sonne und des Mondes von dem Planeten ($\eta = r_1/ r_2$), und vom Quotienten der Umlaufszeiten des Planeten um die Sonne und des Mondes um den Planeten ($q = t_1/ t_2$).

Die Bahn unseres Mondes ist immer gegen die Sonne gekrümmt. Wäre der Abstand des Mondes von der Erde weniger als 260.000 km, so würde seine Bahn um die Sonne (bei unverändertem Quotienten der Sonnen- und Erdmasse) abwechselnd konvex und konkav sein. Die Mondbahn um die Sonne könnte aber niemals Schleifen haben.

## Literatur


[1] I. Kuščer, A. Moljk, T. Kranjc, J. Petenelj, Fizika za srednje šole (Physik für Mittelschulen), DZS, Laibach 1999

[2] A. Unsöld, Der neue Kosmos, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New York, 7. Auflage 2002

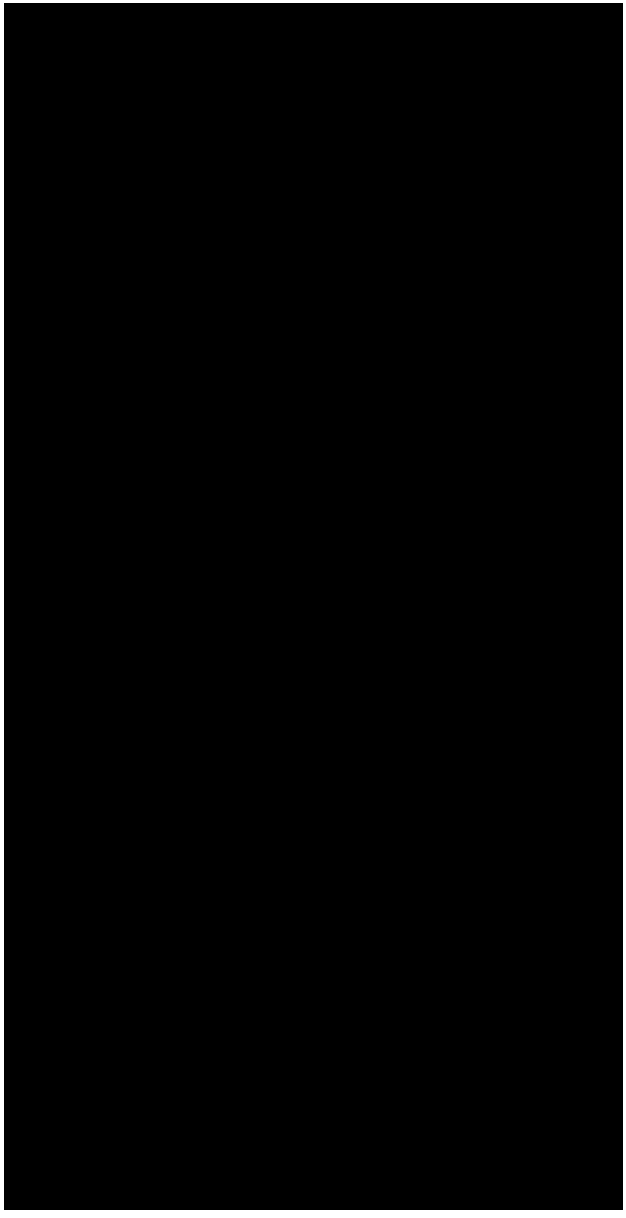
[3] P. Moore, Atlas of the Universe, Octopus Publishing Group LTD, London 1997

[4] W. T. Griffith, The physics of everyday phenomena, McGraw-Hill Higher Education, 2004

[5] L. D. Landau, A. I. Kitaigorodsky, Physical Bodies, Mir Publishers, Moscow 1980

# Erdaufgang am Mond?

## Engelbert Stütz und Helmut Kühnelt



Sucht man im Internet nach „Earthrise", also jenem Phänomen, das am Mond dem Sonnenaufgang auf der Erde entspricht, so findet man Bilder, die bei der Apollo 8-Mission entstanden sind und den nebenstehenden Abbildungen (Apollo 10) entsprechen.
(S. http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap951225.html)

Es bieten sich einige Knobeleien für gewiefte Jungphysikerinnen und Jungphysiker an:

- Gibt es für einen auf der Mondoberfläche gelandeten Astronauten Erdauf- und -untergänge?
- Wie stellt sich die Situation für Astronauten im Orbit um den Mond dar?
- Macht es einen Unterschied, wenn die Bilder um 90 Grad gedreht werden?
- Wo steht die Sonne? Wo sind die Pole der Erde?
- Im Bild steht, dass die Astronauten die Erde 32 mal aufgehen gesehen haben. Bedeutet das, dass sie 32 Tage am Mond blieben?
- Kann man die Umlaufsdauer eines mondnahen Satelliten auf einfache Weise abschätzen?
- Gibt es auf der Erde Orte, wo ein Halbmond ähnlich wie die abgebildete „Halberde" aussehen würde? Wie würde der Halbmond auf der Erde von einem Arktisforscher am Nordpol zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche gesehen werden?
- Gibt es Sonnenaufgänge am Mond? Wie lange dauert ein Mondtag, die Zeit zwischen zwei Sonnenaufgängen?

# Technisches Schaffen erfordert physikalisches Denken

## Erkenntnisse aus der Betrachtung inverser Effekte

Leopold Stadler

### Einführung

Ein zentrales Anliegen der Physik-Didaktik – egal ob im Rahmen der so genannten Schulphysik oder in weiterführender Form – wäre es, Effekte deutlich und leicht durchschaubar darzustellen. Das kostet Mühe, Geduld und Zeit. Immer mehr Effekte, welche früher rein physikalisch-theoretisches Interesse beanspruchten, werden technisch verbreitet angewandt und sollten einem angehenden Techniker verständlich gemacht werden. Auch eine dazu nötige sehr gute Geräte-Ausstattung wie die unsere kann über die Besorgnis erregende „Schere" nicht hinwegtrösten, dass diesem erhöhten Bedarf eine dramatisch reduzierte Anzahl Physikstunden gegenüber steht.

Z.B. ist der Peltier-Effekt schon seit 1834 bekannt, der Hall-Effekt wurde 1879 entdeckt. Erst moderne Halbleiter-Materialien ermöglichten es, diese an sich schwachen Effekte so zu steigern, dass sie technisch vielseitig, sicher und preiswert nutzbar wurden: Hallsonden, Hallgeneratoren, Peltier-Kühler etc. finden sich vom Verbrennungsmotor bis zur Kühltasche.

Besonders tiefe Einblicke vermitteln Paare inverser Effekte, also solcher, welche auch nach Austausch von Ursache und Wirkung stattfinden. Das wohl bekannteste Beispiel: Bewegung eines stromdurchflossenen Leiters durch die Lorentzkraft sowie Bewegungsinduktion (elektrotechnisch gesprochen: Elektromotor und Generator).

Im Folgenden möchte ich einige interessante, teilweise sehr selten zu sehende inverse Effekte in Wort und Bild vermitteln. Da dieser Artikel nicht zu einem Auszug aus einem Lehrbuch ausarten soll, werde ich die Effekte kurz beschreiben und mich auf Anmerkungen zu den Bildern beschränken. Gleichzeitig erhalten wir einen Einblick in die Reichhaltigkeit der Physik-Sammlung unserer Schule.

OStR. Prof. Mag. Leopold Stadler unterrichtete bis Ende des Schuljahres 2005/2006 Physik an der HTL Wien 16

### Längenänderung und Temperaturänderung stabförmiger Festkörper

Schon manchen gestandenen Maschinenbauer hat meine „überfallsartige" Frage verunsichert: „Wir setzen einen Stahldraht rasch unter mechanische Spannung - erwärmt er sich dabei oder kühlt er sich ab?"

Ausgangspunkt für dieses Problem ist der altbekannte Effekt der Längenänderung fester Körper beim Erwärmen oder Abkühlen (gemäß $\Delta\ell = \ell_0 \, \alpha \, \Delta T$). Da die Schüler die Größenordnung dieses Effektes kennen sollten, untersuchen wir die Sache quantitativ mittels Dilatometer (Abb. 1) und erhalten praktisch die Tabellenwerte für die Ausdehnungskoeffizienten von Stahl, Aluminium oder Messing.

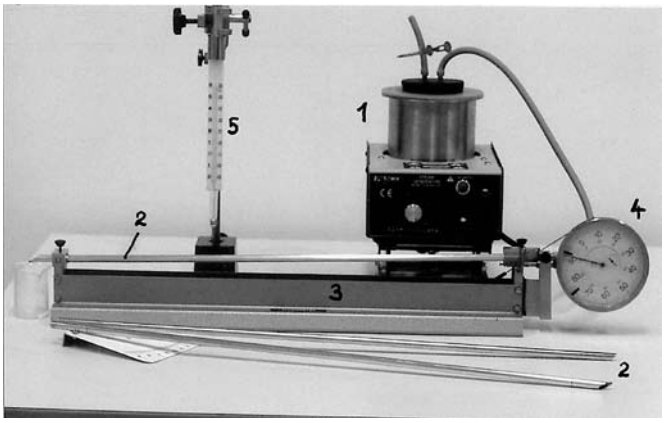



Abb. 1: **1** elektrischer Wasserdampf-Erzeuger
**2** Prüfling (Metallrohr) $\ell_0 = 500$ mm
**3** Gestell mit festem Auflager links, Wälzlager rechts
**4** Messuhr für DI
**5** Thermometer

Der inverse Effekt besitzt keinen eigenen Namen; die richtige Antwort auf meine „Fangfrage" lautet: Abkühlung. Einfach und überzeugend können wir dies beobachten am sogenannten „Biegestab nach Prof. Günther", Abb. 2.

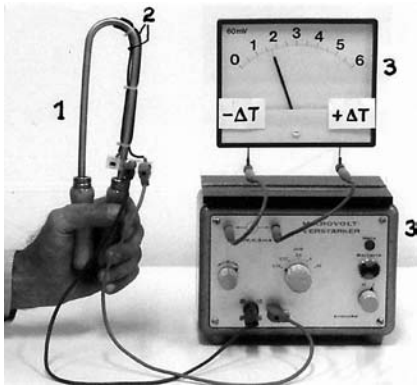



Abb. 2: **1** U-förmiger Stahlbügel mit Handgriffen
**2** Isolierte Konstantan-Drähte, angelötet außen und innen in der Mitte des *U*
**3** $\mu$V-Verstärker, zeigt thermoelektrische Spannungen an.

In Abb. 2 sehen wir den $\mu$V -Verstärker mit der Masse (Stahlbügel) sowie dem äußeren Konstantandraht verbunden. Soeben wurde durch Zusammendrücken der Griffe die Außenseite gedehnt; der Ausschlag des Drehspul-Instruments weist die kleine Abkühlung nach (Gegenprobe durch Berühren der Lötstelle mit dem Finger!).

**Anmerkungen:**

- der Vergleich mit der adiabatischen Abkühlung eines Gases ist naheliegend jedoch grob falsch
- ist bei einem Effekt zwischen zwei Möglichkeiten zu entscheiden (z.B. Erwärmung oder Abkühlung, positive oder negative Ladung, Stromrichtung, Über- oder Unterdruck) so hält sich die Natur an folgendes Prinzip: die Wirkung fällt so aus, dass sie die Ursache bekämpft (andernfalls würde sich der Prozess katastrophal hochschaukeln). Musterbeispiel: die sogenannte Lenz'sche Regel.

Angewandt auf den „Biegestab": Verlängerung durch Zugkraft bewirkt Abkühlung, weil diese im Gegenzug Verkürzung bewirken möchte.

## Thermodiffusion und Diffusions-Thermoeffekt

Beide Versuche stellen experimentelle Gusto-Stückerl dar! Der erste Effekt ermöglicht es, ein Gasgemisch zu entmischen - ohne chemische Umsetzung und ohne die Gasphase zu verlassen. Jeder Leser wird schon beobachtet haben, dass in Gebäuden, in denen selten ausgemalt wird (Amtsgebäude!), die weiße Wand oberhalb von Radiatoren besonders stark verschmutzt ist (obwohl diese Heizkörper ja nicht rußen) – ein „Erfolg" der Thermodiffusion.

**Effekt:** liegt an einem Gasgemisch ein Temperaturgefälle $\Delta T / \Delta x$ an, so reichern sich die leichteren Moleküle an der wärmeren Seite an. Die kinetische Gastheorie kann dies wunderbar erklären.

**Versuch:** die Vorführung gelingt einfach, rasch und ohne aufwändigen Aufbau mit Hilfe eines „Trennrohres nach Clusius"[1] (Abb. 3 a, b).

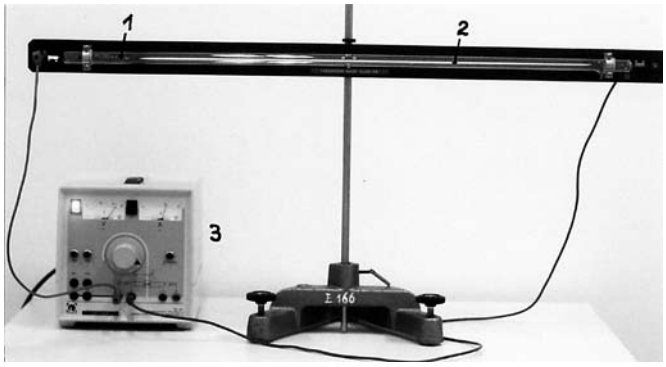



Abb. 3a: Rohr horizontal, Draht in gleichmäßiger, dunkler Rotglut
**1** geschlossenes Glasrohr, das enthaltene Gasgemisch besteht je zur Hälfte aus $H_2$ und $CO_2$.
**2** axialer Heizdraht, mittels Schraubenfeder gespannt
**3** elektrische Versorgung: Netzgerät, Kabel, Feinsicherung; $\ell$ <5A

Abb. 3b: nach wenigen Minuten Betrieb in senkrechter Lage: die Glüh-Helligkeit des Drahtes nimmt von unten nach oben eklatant ab

Deutung: Offenbar muss der Draht oben stärker gekühlt sein; die einzige Möglichkeit dafür ist, dass sich der Wasserstoff als besserer Wärmeleiter oben angereichert hat. Die massereicheren $CO_2$-Moleküle jedoch sind zur kühlen Glaswand diffundiert und dort konvektiv abgesunken.

Nun vertauschen wir Ursache und Wirkung: man lässt zweierlei Gase von gleicher Temperatur sich ausschließlich durch Diffusion vermischen; dabei sollte sich eine Temperaturdifferenz aufbauen. Die experimentelle Bestätigung liefert der folgende seltene aber sehenswerte Schauversuch nach Abb. 4:

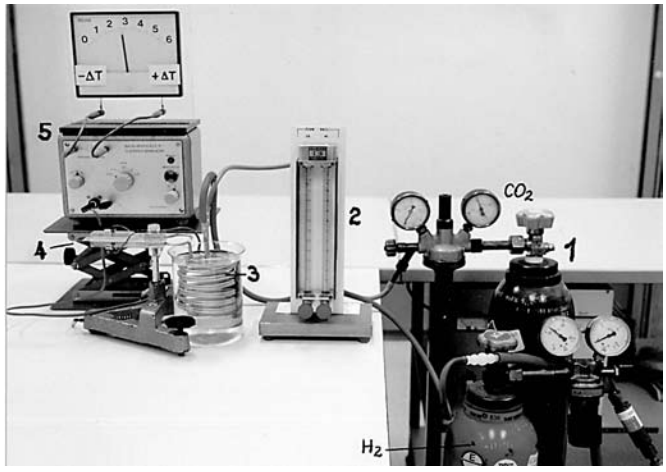



Abb. 4: **1** Gasflaschen $CO_2$, $H_2$ mit Reduzierventilen
**2** Zwillings-Durchflussmesser, ermöglicht das Gleichmachen der beiden Gasströme
**3** doppelte Rohrspirale im Wasserbad (garantiert, dass beide Gasströme vor ihrer Diffusion dieselbe Temperatur besitzen)
**4** Diffusionskammer mit herausziehbarer Trennwand
**5** Differenzial-Thermoelementnebst $\mu$V-Verstärker

[1] Klaus Clusius (1903-1963) und G. Dickel schufen 1939 ihr Diffusionsrohr zwecks Trennung von Gasmolekülen verschiedener Masse, insbes. zur Isotopentrennung (UF6).

**Beobachtung:**
Anfangs strömt oben $H_2$, unten $CO_2$ durch die Kammer, getrennt durch einen Metallstreifen; es wird keine Temperaturdifferenz angezeigt. Nach Entfernen der Trennwand: das dichtere Gas strömt unten, der Volumsdurchsatz ist gleich - an der Grenzfläche der Gase tritt also weder Konvektion noch Verwirbelung auf sondern nur Diffusion. Sofort zeigt das $\mu$V-Meter eine Temperaturdifferenz an, wobei sich die wärmere Seite oben beim Wasserstoff befindet (Finger-Probe!). Somit betreibt die erzeugte Temperaturdifferenz $\Delta T$ eine Thermodiffusion, welche dieser Vermischung der Gase entgegenwirkt.

## Thermoelektrischer und Peltier-Effekt

Schon bei den oben vorgestellten Versuchen wurde die thermoelektrische Temperaturanzeige eingesetzt; beide Effekte sind schon lange bekannt[2]. Der Seebeck-Effekt ist so einfach vorzuführen, dass auf eine Beschreibung verzichtet werden kann:

Bringt man die Lötstelle, welche die Enden zweier Drähte aus verschiedenen Metallen verbindet, auf andere Temperatur als die des sonstigen Kreises, so entsteht eine thermoelektrische Spannung $U_{TH} \sim \Delta T$ bzw. ein Thermostrom.

**Anwendungshinweis:** T-Messung, Strahlungsmesser, Thermoelemente, Sicherungen

Für Cu/Konstantan liefert dieser Effekt 41 $\mu$V/K.

Umkehrung: wir machen die Wirkung (Thermostrom) zur Ursache, d. h., wir schicken einen Gleichstrom I durch die Grenzfläche zweier verschiedener Metalle. Wir erwarten: Die Lötstelle erwärmt sich oder kühlt sich ab, je nach Richtung dieses Stromes.

Bis vor kurzem konnten wir diesen Peltier-Effekt nicht in übersichtlicher Form vorführen; dies war umso bedauerlicher als ja sein Umkehreffekt Standard im Unterricht ist. und die technischen Anwendungen stark im Kommen sind (Peltier-Kühler). Ich habe daher die „klassische" Demonstrations-Anordnung nachgebaut wie sie schon vor über 100 Jahren von Lehrmittelfirmen angeboten wurde und in Standard-Lehrbüchern der Experimental-Physik dargestellt ist[3].

Abb. 5a zeigt den Gesamt-Versuch einschließlich der Projektion, Abb. 5b das eigentliche Peltier-Gerät (Differenzial-Thermoskop aus Glas).

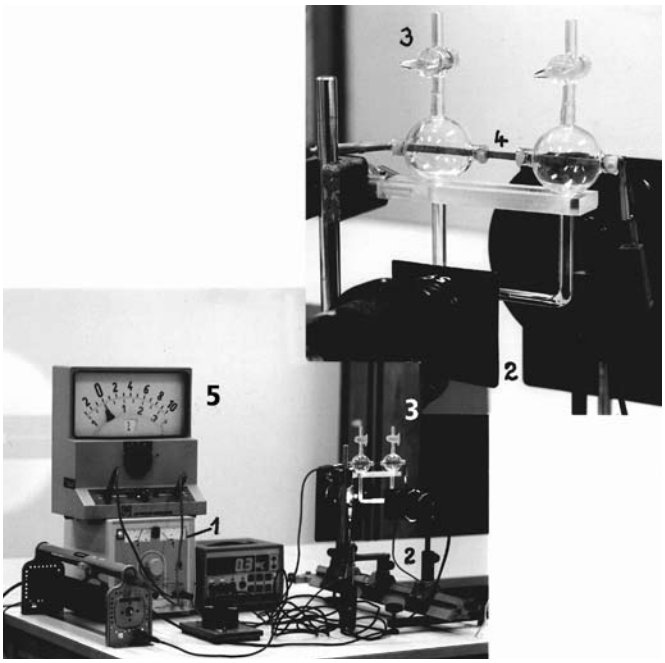



Abb. 5a und 5b (rechts oben):
**1** Netzgerät, liefert 6V ~ für die Lampe sowie Gleichstrom für den Peltier-Effekt
**2** Optischer Teil zwecks Projektion des Verbindungsrohres mit Tropfen darin: Zeiss-Bank, Reuterlampe mit Kondensor, Objektiv,Umkehrprisma
**3** Gläsernes Differenzial-Thermoskop, enthaltend
**4** verlötete Leiter-Kombination Wismut–Eisen–Wismut, luftdicht eingefügt[4]
**5** Amperemeter, Messbereich 3A =

**Beobachtung:** der Flüssigkeitstropfen, welcher ursprünglich in der Mitte des Verbindungsrohres sitzt, wandert prompt auf jene Seite aus, wo der Gleichstrom ins Wismut eintritt. Umpolung!

**Deutung:** die eine Lötstelle wird gekühlt, die andere erwärmt und mit ihnen die Luft in den Glaskugeln. Die beiden Joule'schen Stromwärmen heben einander wegen der Symmetrie der Anordnung auf.

**Anmerkung:** die Joule'sche Wärme ist $\sim I^2$, der Peltier-Effekt nur $\sim I^1$; bei $I = 3A$ ist die Kühl-Leistung an der Lötstelle $< 0{,}1$ Watt!

Wieder erscheint das erwähnte Natur-Prinzip erfüllt: die erzeugte Temperaturdifferenz ist so, dass sie einen Thermostrom erzeugen will, welcher den ursächlichen Peltier-Strom schwächt!

Leser, welche das Beschriebene in natura sehen wollen, mögen mit dem Verfasser Kontakt aufnehmen.

[2] Thomas Johann Seebeck (1770 -1831) entdeckte 1821 den thermoelektrischen oder Seebeck-Effekt. Jean-Charles Athanase Peltier, (1785 – 1845) beschreibt 1834 den zugehörigen Umkehr-Effekt.

[3] Heute werden in Lehrmittelkatalogen wieder „thermoelektrische Wandler" angeboten; sie enthalten eine Serie von sehr vielen Halbleiter-Elementen; das Wesen des Effektes bleibt aber dem Zuseher verborgen.

[4] Dank für Anfertigungen schulde ich. den Kollegen Hackenberg, Novak, Skalla und Täuber vom fachpraktischen Unterricht. Das Differenzial-Thermoskop wurde nach meiner Werkzeichnung von einem Glasbläser angefertigt.

# Experimentieren aus der Ferne

# Ferngesteuertes Labor im Internet

## Remotely Controlled Laboratory – RCL

S. Altherr, M. Vetter, B. Eckert und H. J. Jodl


## Kurzfassung

Der Einsatz von vernetzten Computern und Multimedia erlaubt neue Formen des Lehrens und Lernens, wie Fernstudium, blended learning, Nutzung virtueller Bibliotheken u. a. m. Im hier vorgestellten RCL-Projekt kann ein Benutzer mit PC via Internet einen realen Versuch an einem entfernten Ort durchführen. Zur Zeit sind etwa 10 RCLs realisiert (z. B. Elektronenbeugungsröhre, Beugung und Interferenz von Licht). Essentielle Merkmale von RCLs sind die intuitive Nutzung und Interaktivität (Variation technischer Parameter), die Möglichkeit, unterschiedliche Perspektiven der Beobachtung des laufenden Versuchs über Webcams anzuwählen sowie eine möglichst schnelle Übertragung der vom Benutzer gemessenen Daten. Ein maßvoller Einsatz von sinnvoll ausgewählten realen Versuchen als RCL erlaubt neue Typen von Hausaufgaben und Übungen, ferner Projektarbeit sowie Durchführung von Experimenten durch Lernende, was sonst als Demonstrationsversuch Lehrenden vorbehalten war.


## Einführung

Das reale Experiment hat eine zentrale Rolle in der Physikausbildung an Schule und Hochschule. Darüber hinaus hat der sinnvolle Einsatz von Rechnern und von Multimedia die Bedeutung der Experimente bereichert: Animation von komplexen Vorgängen (z. B. Regelprozesse im Kernkraftwerk, Phänomene der Astrophysik), interaktive Simulationen zur Vertiefung (z. B. Phasenraumdarstellung chaotischer Prozesse) [1], interaktive Bildschirmexperimente zum Selbststudium (z. B. elektrische Schwingkreise) [2], sowie Messvideos als Variante bei Hausaufgaben (z. B. thermische Längenausdehnung mit Michelson-Interferometer) [3].

Wie kann das Internet sinnvoll in den Unterricht eingebunden werden? Bekannt sind z.B. Videoübertragungen von Vorlesungen an andere Lernorte [4], virtuelle Bibliotheken, Nutzung von Datenbanken und Bildungsservern [5]. Hinzu kommt, dass der Anteil an Fernstudien zunehmen wird; dies bereitet gerade in experimentell orientierten Fächern (Physik, Chemie, Biologie) Probleme, will man nicht nur Vorlesungsmitschriften elektronisch verschicken [6].

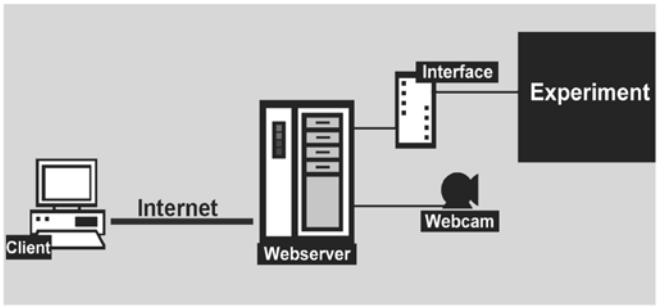



Abb. 1: Prinzip des RCL: Ein Benutzer am Ort A mit PC (Client) bedient über das Internet ein reales Experiment am Ort B. Der Versuch wird vom Benutzer über einen Rechner (gleichzeitig ein Webserver) mit Interface gesteuert; eine Webcam erlaubt die Beobachtung des Experiments.

Mittels RCLs kann ein Benutzer mit PC an einem entfernten Ort einen z.B. im Uni-Labor aufgebauten Versuch über das Internet fern bedienen (Abb. 1).

Dieses Prinzip ist seit vielen Jahren in Forschung und Technik bekannt, man denke beispielsweise an die Steuerung komplexer Fabrikationsstraßen oder an Weltraumteleskope und Weltraumsonden. Wichtig bei der Umsetzung der RCLs ist, dass der Benutzer mit einer Webcam den realen Versuch beobachten, gegebenenfalls mit einer anderen Webcam die Änderung technischer Parameter mitverfolgen und online „seine" Messdaten aufnehmen kann.

Die Bedienung des Versuchs sollte für den Benutzer möglichst authentisch und transparent sein, d. h. der Versuch sollte wie ein herkömmlicher Realversuch im Unterricht oder Praktikum „rüberkommen". Um diese Vorgehensweise bei den RCLs zu vermitteln, haben wir deshalb mit einem Labyrinth-Roboter zunächst einen spielerischen Zugang geschaffen (Abb. 2).

Aktualisierte und überarbeitete Version eines Manuskripts, das in *Praxis der Naturwissenschaft – Physik in der Schule*, Heft 6/54/2005), S. 40-46, erschienen ist.
S. Altherr, M. Vetter, B. Eckert und H. J. Jodl, Fachbereich Physik, Technische Universität Kaiserslautern, Deutschland

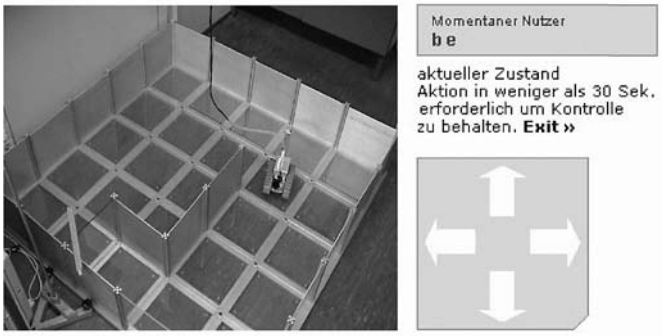



Abb. 2: RCL „Roboter im Labyrinth": Im linken Teil sieht man das veränderbare Labyrinth sowie den fahrbaren Roboter. Zwei Sichtweisen sind möglich: Laborübersicht von schräg oben (Bild links) sowie Robotersicht (Webcam auf Roboterwagen). Im rechten Teil erkennt man das in diesem Fall recht einfache Bedienfeld zur Bewegung des Robtors sowie die Statusanzeige. Eine Aufgabe für den Benutzer besteht beispielsweise darin, den Ort im Labyrinth zu finden, wo der Benutzer den Roboter in einer verspiegelten Wand in der Robotersicht sehen kann.

Weitere Anforderungen an RCLs sind, dass Zugriffe leicht möglich und die Bedienung intuitiv sein sollten. Messergebnisse/Beobachtungen sollten möglichst schnell verfügbar sein. Darüber hinaus sollte der Benutzer alle benötigten Informationen (sei es Hintergrundwissen/Theorie, seien es technische Angaben zu Geräten etc.) direkt aus dem in der Webseite integrierten Begleittext zum Versuch erhalten und nicht auf weitere, nachzuschlagende Quellen angewiesen sein.

Der Bedarf an RCLs ist durchaus gegeben. Bisher haben wir drei Zielgruppen berücksichtigt.

1. Zum Selbststudium – für Hausaufgaben und Übungen via Internet – soll Schulen und Universitäten der Zugang zu einem Netzwerk von RCLs ermöglicht werden.
2. Für interessierte Laien oder für Besucher einer Museumsausstellung sollen RCLs eine weitere Vertiefung mit einem Thema erlauben (z. B. Computertomographie).
3. Besonders für Studenten aus Ländern der sog. Dritten Welt könnte das Netzwerk an RCLs den Mangel entsprechender Praktikumslabore im Rahmen der Ausbildung beheben. In diesem Sinne kann ein weltweites Netzwerk von RCLs einen positiven Beitrag zur Globalisierung liefern.

Da also diese Technik – reale Versuche über das Internet zu bedienen – nicht neu ist, sollte es weltweit bereits Ansätze zu RCLs geben, seit das Internet dem Computer verfügbar (ca. 1970) und etabliert ist (ca. 1990).

## Weltweiter Bestand

In einer gründlichen Recherche weltweit im Mai 2004 haben wir rund 70 RCLs gefunden, wobei nur etwa 50 frei zugänglich waren; bei einigen ist ein Benutzeraccount notwendig, einige Angebote sind kostenpflichtig oder nur für einen geschlossenen Benutzerkreis zugänglich. Nur etwa 10 dieser RCLs funktionierten weitgehend problemlos; der Rest enthielt tote Links, der Versuch war „out of order", er war kein echtes RCL in unserem Sinn, oder das Bedienungsprogramm reagierte nicht. Die meisten der Versuche bezogen sich auf Steuer-/Regeltechnik oder Bedienung eines Roboters (z. B. Bauklötze mittels Roboterarm bewegen [7]).

Eine erneute Recherche im Zeitraum März-April 2006 ergab rund 60 Projekte, die zusammen etwa 120 Experimente im Angebot hatten. Etwa ein Drittel der Projekte können dem Bereich der Physik zugeordnet werden, wobei hier Versuche zur Elektronik dominieren, und fast der gesamte Rest hat mit Ingenieurwissenschaften (z. B. Steuern und Regeln, Mechatronik, Robotik) zu tun. Hinsichtlich Zugriff und Bedienung ergab sich ein ähnliches Bild wie bei der vorangegangenen Recherche. Ein Großteil der weltweit gefundenen RCLs benötigte zur Bedienung zusätzliche Komponenten, die der Nutzer herunterladen und installieren muss (z. B. ein LabView Plug-In). Exemplarisch seien folgende Zusammenstellungen von weltweit verfügbaren RCLs genannt:
http://www.learninglab.de/i_labs/docs/Uebers_Fernlabore/uebersicht_fernlabore.html
http://telerobot.mech.uwa.edu.au/links.html

Die meisten Entwickler unterschätzen den Aufwand und die benötigten finanziellen Mittel zum Aufbau und insbesondere zum Betrieb eines RCL. Wegen fehlender Standards (Experiment-Rechner-Interface, Webseite-Steuersoftware-Interface etc.) kommt es zu vielen individuellen Lösungen und damit zu unnötigen Hindernissen für Anbieter und Benutzer [8]. Darüber hinaus stehen im Moment technische Probleme (z. B. verschiedene Interfacesysteme, Programmiersprachen und Browserstandards, Ansprechen mehrerer Webcams unter Windows, Datenübertragung) im Vordergrund. Dabei bleibt kaum Zeit für notwendige didaktische Anstrengungen – z. B. wie kann, wie sollte ein RCL in unterschiedliche Lehr-/Lernsituationen eingebunden werden.

## Unsere Entwicklungen (2002-2006)

Im Folgenden wollen wir nur einige Entwicklungslinien aufzeigen und vorrangig auf bisher realisierte RCL-Versuche eingehen. Technische Neuerungen im Projekt (programmierbares Interface auf Mikrocontroller-Basis, php-Modul für das graphical user interface, Mehrsprachigkeit des RCL-Webportals etc.) werden andernorts beschrieben [10].

Als Prototyp – zum Testen, als Machbarkeitsstudie, um Fehler machen und Erfahrungen sammeln zu können – haben wir in Kaiserslautern (2002) als erstes einen Versuch zur Beugung von Elektronen an einer Graphitfolie (Elektronenbeugungsröhre und CASSY-S der Firma Leybold-Didactic [9]) als RCL gestaltet. Mit Hilfe dieses zentralen Versuchs des Physikunterrichtes kann man die Netzebenenabstände von Graphit bestimmen, indem man das Beugungsbild beschleunigter und an der Graphitfolie gestreuter Elektronen variiert und ausmisst (Abb. 3).

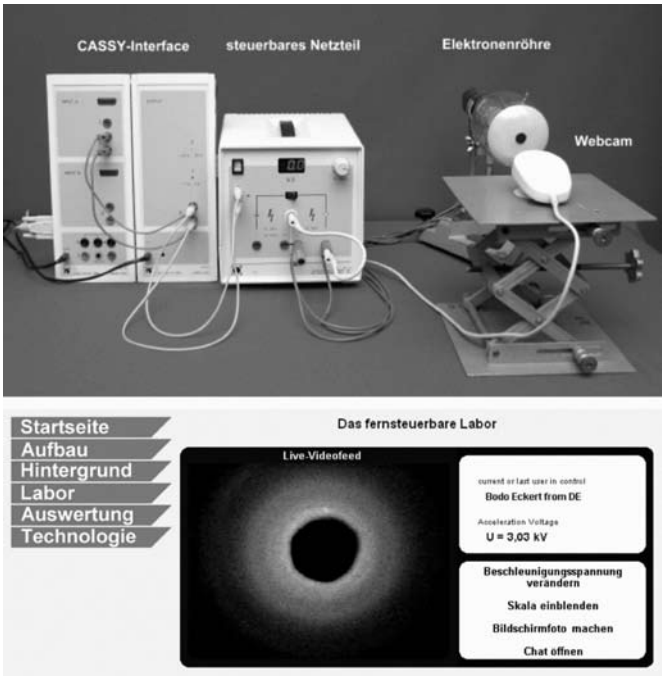


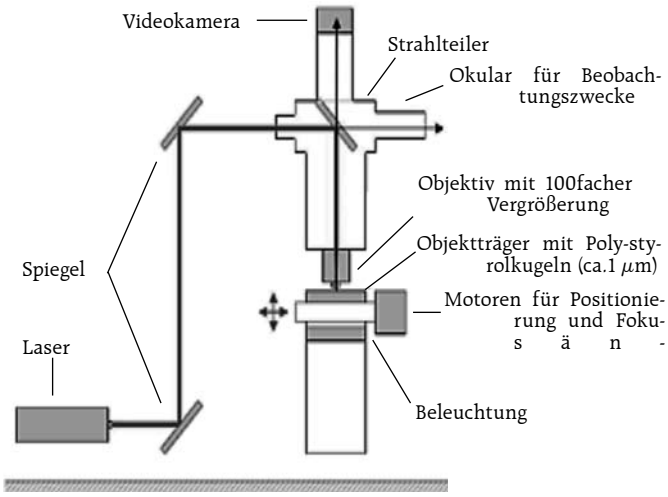

Abb. 3: RCL „Elektronenbeugungsröhre": Versuchsaufbau mit CASSY-Interface, Spannungsversorgung, Elektronenröhre und Webcam (Bild oben). Ansicht der Webseite unter dem Menüpunkt „Labor": Live-Videobild (die 0. Beugungsordnung ist ausgeblendet) sowie gewählte Beschleunigungsspannung und freiwillige Benutzerdaten (Bild unten).

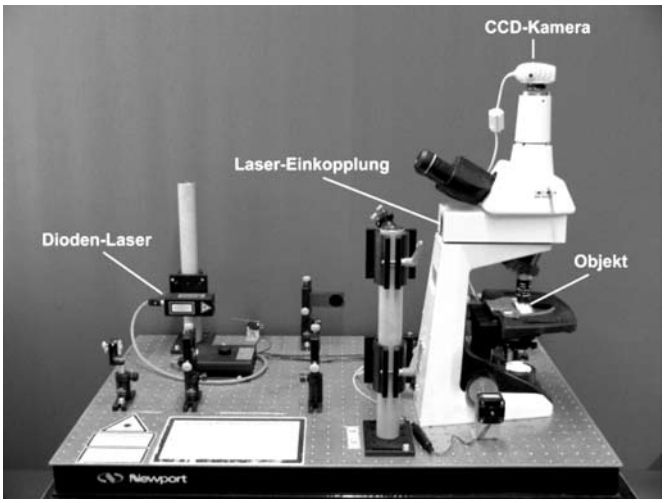
Der Benutzer kann die Beschleunigungsspannung ändern, die Beugungsringe im Bild der Webcam vermessen (Millimeter-Skala auf dem Fluoreszenzschirm) und als Foto ablegen sowie die eigenen Messdaten auswerten. Das Menü der Webseite zeigt unter dem Punkt „Versuchsaufbau" ein Foto vom Versuchsaufbau, in dem die Einzelkomponenten des Aufbaus erklärt werden; ein weiterer Menüpunkt enthält das Hintergrundwissen sowie Herstellerangaben zur Elektronenröhre; der Menüpunkt „Auswertung" schildert eine exemplarische Analyse mit Diskussion der Messfehler sowie ein Vergleichsfoto aus einer früheren Messung, so dass der Benutzer erkennt, wie das Messergebnis auszusehen hätte. Fragen zum Versuch runden die Diskussion ab. Wie bei der Durchführung des realen Versuchs, etwa als Demonstrationsexperiment im Unterricht, können für den Benutzer Dinge „schief gehen" (Fluoreszenz der Röhre wird schwächer: Altern der Röhre, Beugungsringe außerhalb der Webcam: Dejustage des Aufbaus, Spannung nicht weiter zu erhöhen, da am maximalen Wert: Schutz der Röhre). Abgesehen von einem Austausch der Röhre läuft der Versuch seit 4 Jahren problemlos.

Für eine Ausstellung im Deutschen Museum (Herbst 2002 – Herbst 2003 zum Thema „Klima") wurden folgende RCLs aufgebaut, in Betrieb genommen und etwa 1 Jahr lang im Dauerbetrieb getestet (rund 20.000 Benutzer):

– Roboter im Labyrinth (Abb. 2)
– optische Pinzette (Abb. 4)
– IR-Kamera
– Brennstoffzelle ($H_2$-Technologie)

Die RCLs „Roboter im Labyrinth" und „Optische Pinzette" sind zur Zeit in unserem RCL-Labor in Kaiserslautern integriert. Wir wollen hier kurz die optische Pinzette als RCL vorstellen; dieser RCL-Versuch steht repräsentativ für unser Anliegen, dass interessierte Laien mit diesem Versuch „Miniforschung" betreiben können, hier zum Thema „Telemanipulation mit Licht". Winzige Glaskügelchen (Durchmesser typisch ein bis wenige Mikrometer) werden in einer Suspension auf einen Objektträger aufgebracht und mit einem Immersions-Lichtmikroskop beobachtet (die Brownsche Bewegung der Kügelchen ist bei frisch präparierten Proben deutlich erkennbar). Wird zusätzlich ein Laser eingeschaltet, so kann ein ausgewähltes Kügelchen durch den Laserfokus gegriffen werden, relativ zum Objektträger bewegt und an einer vorher geplanten Position abgelegt werden, indem der Benutzer den Laser wieder ausschaltet (Abb. 4).



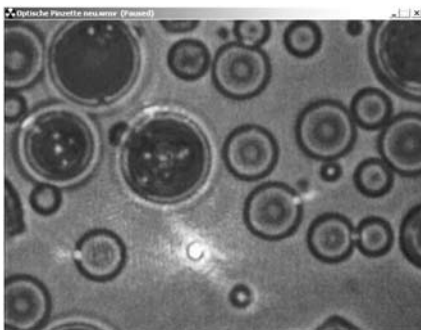



Abb. 4: RCL „Optische Pinzette": Vereinfachtes Schema und Foto des Versuchsaufbaus. Der Benutzer kann den Laser ein-/ausschalten, die Fokusebene (z-Achse, vertikal) justieren sowie den Objektträger und damit die relative Position des Laserfokus in der x-y Ebene bewegen. Im unteren Bild ist das Live-Bild der Mikroskopkamera dargestellt, wo der Laser gerade ein Teilchen eingefangen hat (die Höhe des Bildes entspricht ca. 20 μm).

Dieser Versuch ist eine äußerst ehrgeizige RCL-Variante, da ein aktuelles Forschungsinstrument aus der Biophysik verwendet wird. Die Erfahrung zeigt, dass weder Probleme bei den Apparaten noch bei den RCL-Komponenten auftraten, sondern bei der Probenpräparation und insbesondere bei der Haltbarkeit der Proben (geeignete Lösung, Adhäsion der Kügelchen am Objektträger etc.)[2].

Um didaktisch sinnvolle und technisch geeignete RCLs für den Schulunterricht zu entwickeln, haben wir mit Hilfe folgender Kriterien die rund 300 typischen Schulexperimente für die Sekundarstufe II [3] auf ihre Eignung als RCL hin untersucht:

- Wie bedeutungsvoll ist der Versuch für den Physikunterricht?
- Welche Lern-/Verständnisschwierigkeiten hat der Schüler/Student?
- Wie gut ist der reale Versuch im Unterricht durchzuführen (zu schwierig, zu gefährlich, zu langwierig oder nicht vorhanden)?
- Welche Interaktionsmöglichkeiten sind als RCL sinnvoll anzubieten (z. B. Variation von Parametern)?
- Sind quantitative Messungen möglich?
- Ist eine schnelle Datenübertragung möglich?
- Wie robust ist der reale Versuch inklusive PC-Interface (Wartungsaufwand)?
- Ist der technische Aufwand gerechtfertigt?
- Welche Medien können begleitend oder ergänzend eingesetzt werden?

Nach Anwendung dieses Katalogs bleiben rund 30 Versuche übrig, die als RCL einen Sinn ergeben und sich realisieren lassen. Von diesen Versuchen werden wir bis Projektende in 2007 rund 15 exemplarisch als RCL umgesetzt haben, um die prinzipielle Machbarkeit und den Mehrwert als RCL zu demonstrieren.

Entsprechend haben wir im Jahr 2004 für den Physikunterricht folgende drei Versuche als RCL realisiert:

- Beugung und Interferenz von Licht (vgl. Abb. 5),
- optische Analogie zur Computertomographie [11] (vgl. Abb. 6),
- „Heißer Draht" als Prototyp für Schülerprojekte mit Fischertechnik© (vgl. Abb. 7).

Der Versuch „Beugung und Interferenz" ist ein zentraler Versuch der Wellenoptik (Demonstration der Phänomene, Modell Licht als Welle im Vergleich Experiment/Simulation, anspruchsvolle mathematische Herleitung der Endformeln). Üblicherweise bereitet der Versuch als Demonstrationsexperiment eine Reihe von Problemen: Verfügbarkeit des Lasers, Sicherheitsaspekt bei Schülerübungen, Auswahl passender Beugungsobjekte, Justage des optischen Strahlengangs, Einsatz im Unterricht meist qualitativ, quantitative Auswertung und systematische Variation der technischen Parameter zeitaufwendig.

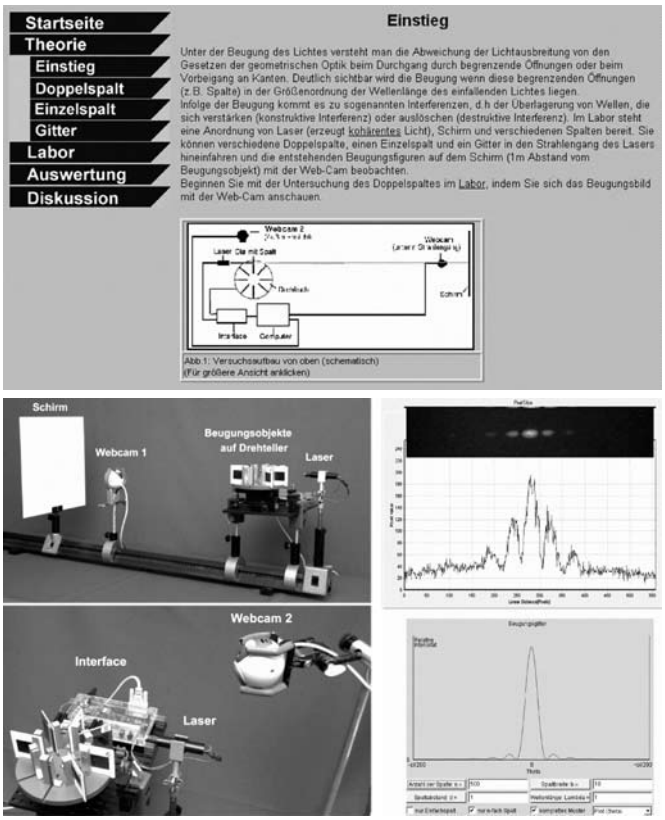



Abb. 5: RCL „Beugung und Interferenz": Der Benutzer kann wählen zwischen Einzelspalt, mehreren Doppelspalten und Gittern (Einstiegsseite des RCL, oben). Eine Webcam zeigt den Drehteller, auf dem Objekte in Diarahmen positioniert sind (hier Ansicht des Gesamtaufbaus, unten links), eine zweite Webcam nimmt das Beugungsbild auf dem Schirm auf (eingeblendet im oberen Teil unten links). Der Benutzer kann ein Foto der Intensitätsverteilung am Schirm aufnehmen und abspeichern; anschließend kann er mit Hilfe eines Tools die Helligkeitsverteilung ausmessen und sein Ergebnis mit einem Java-Applet modellieren und mit dem experimentellen Ergebnis vergleichen und z. B. mögliche Ursachen für unterschiedliche Intensitätsprofile diskutieren (unten rechts).

Eine Möglichkeit des Einsatzes könnte so aussehen, dass der Lehrer im Unterricht die Theorie vorbereitet sowie den Versuch qualitativ vorführt. Als Hausaufgabe sollen Gruppen von Schülern den Versuch als RCL durchführen; jede Gruppe hat ein Objekt (z. B. Parameter: Spaltbreite, Spaltabstand etc.) auszumessen und auszuwerten sowie Verständnisfragen im Diskussionsteil zu bearbeiten. Als „Hausaufgabenbesprechung" stellen die Gruppen ihr Ergebnis im Unterricht vor.

Im Zeitraum 2005/2006 haben wir – neben technischen Neuerungen und Einsatz von RCLs in einem Schülerprojekt (siehe weiter unten) – folgende RCLs entwickelt:

- Modell zum Maut-System in Deutschland (als weiteres Beispiel für ein Schülerprojekt),
- Photoeffekt (Bestimmung der Planckschen Konstante),
- Windkanal (Bestimmung des $c_w$-Werts von Spiel zeugautos, Problematik Benzinverbrauch).

In Kürze werden drei weitere RCLs fertiggestellt und für den online Zugriff bereit stehen:

- U-I-Kennlinien von Halbleiterbauteilen,
- Oszilloskop,
- Radioaktivität.

[2] Zur Zeit der Überarbeitung des Manuskripts (Mai 2006) ist – nach 3½ Jahren online Betrieb und Einsatz des Versuchs im Physikalischen Fortgeschrittenenpraktikum – der Diodenlaser ausgefallen und befindet sich in Reparatur.

[3] Man vergleiche hierzu die Kataloge der Lehrmittelfirmen, wie z.B. Leybold oder PHYWE, oder Lehrwerke der Oberstufe, wie z. B. Metzler, Kuhn.

Wie das RCL „Windkanal" sind die letztgenannten Versuche das Ergebnis von Staatsexamensarbeiten von Lehramtsstudierenden, die in unserer Gruppe angefertigt wurden.

Weitere Neuerungen seien hier nur summarisch angeführt: Verwendung von Open Source Software und Produkten, Einsatz eines programmierbaren Mikrocontrollers als Interface, um möglichst universell und flexibel Experiment und Computer zu verbinden (auch um einen einfachen Nachbau für Schüler und Lehrer zu ermöglichen), php-Modul als Interface zwischen Browser (Benutzer) und Webserver [10].

## Didaktisches Begleitmaterial

Unterschiedliche Zielgruppen (interessierte Laien, Schüler, Studenten, Lehrer) verlangen unterschiedliches Material. Für interessierte Laien haben wir die Website zu RCLs strukturiert nach „Spielen – Lernen – Forschen" [12], für den Unterricht haben wir das übliche Schema „Einstieg – Theorie – Experiment – Auswertung – Diskussion" gewählt [13]. Zusätzlich hat natürlich jedes als RCL zu bearbeitende Thema seine Besonderheiten.

Wir meinen aber, dass folgende Elemente unverzichtbar sind: Bereitstellung des physikalischen Hintergrunds (man kann nicht erwarten, dass der Benutzer die RCL-Bedienung unterbricht, um sich z. B. in einer Bibliothek näher zu informieren), hinreichende Beschreibung der verwendeten Apparate/Geräte (z. B. Links zu Datenblättern/Bedienungsanleitungen von Herstellern); Messbeispiele indirekt, so dass der Benutzer sein eigenes Messergebnis einordnen kann (z. B. Screenshots der Webcam einer typischen Messung); exemplarische Auswertung mit Diskussion von Messergebnissen und Messfehlern (z. B. Vergleich mit Literaturwerten, mögliche Fehlerquellen) sowie Verständnisfragen.

Die Endfassung unserer RCLs zielt darauf ab, dass Schüler/Studenten eine handlungsorientierte RCL-Variante benutzen können, dass der Lehrer einen vorbereiteten Lehrpfad, in den das RCL eingebunden ist, liest oder bearbeitet sowie, dass eine eher technisch ausgerichtete Variante des RCL mit Bauanleitung für das Interface und entsprechenden Programmierhinweisen für Fortbildungskurse (z. B. im Hinblick auf die Durchführung von Schülerprojekten) vorliegt.

## Erfahrungen bisher

Wir erhielten und erhalten Rückmeldungen auf ganz unterschiedliche Weise und vor allem von drei Zielgruppen: durch Fernstudenten (FiPS), durch Teilnehmer von Lehrerfortbildungskursen, durch individuelle Kontaktaufnahme von Benutzern bei Ausstellungen. Darüber hinaus haben wir bei einigen RCLs ein Tracking/Monitoring installiert; d. h. wir können von einem Benutzer alle in diesem Zusammenhang interessanten Daten erfassen: Benutzer, Institut, Land, welche Parameter wie variiert werden (Spielen oder zielgerichtetes Arbeiten), Zeitdauer u. a. m. Allerdings respektieren wir natürlich Regeln des Datenschutzes. Wir wollen aber in Zukunft dieses Tracking/Monitoring ausbauen und verbessern, um zu erkennen, wie gut/ausführlich werden die Basistexte gelesen (z. B. durch Verfolgung von „Sprüngen" zwischen einzelnen Seiten), wann und warum bricht ein Benutzer ab u. a. m.

Als ersten Schritt zur Überprüfung der Akzeptanz der RCLs wurde die Zahl der Zugriffe auf RCLs im Deutschen Museum und in Kaiserslautern für verschiedene Zeiträume erfasst (Tab. 1). Demnach werden die einzelnen RCL-Versuche mehrmals pro Tag weltweit aufgerufen[4]; im Vergleich dazu führt ein Lehrer einen Versuch wie z. B. den Photoeffekt einmal pro Jahr real im Unterricht vor.

a) am Deutschen Museum im Rahmen einer Ausstellung (Januar – März 2003 ausgewertet)

| | **Zugriffe gesamt** | **vor Ort** | **über Internet** |
|---|---|---|---|
| Optische Pinzette | 4509 | 4115 | 394 |
| IR Kamera | 7744 | 7244 | 500 |
| Labyrinthroboter | 5060 | 4567 | 493 |

d. h. etwa 50 User pro Versuch pro Tag vor Ort, etwa 5 User pro Versuch pro Tag über das Internet.

b) Elektronenbeugungsröhre in Kaiserslautern via Internet (exemplarisch)

| **Zeitraum** | **Zugriffe** |
|---|---|
| Juli 2002 – Oktober 2002 | 2 – 3 pro Tag |
| Juli 2002 – Dezember 2003 | 1 – 2 pro Tag |
| Dezember 2004 – Januar 2005 | 4 – 5 pro Tag |
| Januar 2006 – Februar 2006 * | 14 – 15 pro Tag |

* Variation der Beschleunigungsspannung im Schnitt 4-6 mal pro Besuch; Herkunft der Besucher: Deutschland, Tschechien, Indien, Irland, Griechenland, Belgien, Österreich u. a. (Häufigkeit in dieser Reihenfolge).

Tabelle 1: Nutzung der RCLs

Im Sommer 2005 konnten im Rahmen des Projekts „Summercamp", organisiert von der Firma UnternehmerTUM GmbH an der TU München, erste Erfahrungen mit Schülern beim Einsatz von RCLs als Projekt gewonnen werden. Die Gesamtgruppe bestand aus vier Mädchen und elf Jungen der Klassenstufen 11 bis 13. Die Aufgabe war, innerhalb einer Woche ein funktionierendes RCL aufzubauen (Aufbau des Experiments, Erstellung einer Webseite (graphical user

[4] In letzter Zeit sogar noch öfter, was vermutlich auf die Erhöhung des Bekanntheitsgrades durch Publikationen (z. B. Vorträge, Artikel, Fortbildungen) zurückzuführen ist.

interface), Programmierung des Mikrocontrollers, Posterpräsentation am letzten Tag). Das Experimentiermaterial (also die Komponenten des Versuchsaufbaus und das Interface), die Programmierumgebung sowie ein Reader (zum physikalischen Hintergrund und zu weiteren Details des Versuchs bzw. der verwendeten Materialien) waren von uns vorbereitet[5]. Folgende vier Themen wurden von den Schülern und Schülerinnen erfolgreich bearbeitet:

- Lichtgeschwindigkeit (Laufzeitmessung nach Leybold-Gerätesatz),
- Modell der Lkw-Maut in Deutschland (mittels IR-Datentransfer),
- Photoeffekt,
- „Der Heiße Draht" (Robotersteuerung, Fischer technik© [16], Abb. 6).

Die Evaluation des Projekts zeigte, dass insbesondere die breit gefächerte Kombination der angesprochenen Kompetenzen (Teamfähigkeit, Technik, Elektronik, Physik, Webdesign, Programmierung, Grafikdesign, Präsentation) die Schüler begeisterte. Wesentliche Erfahrungen aus dem Schülerprojekt waren:

- Eignung der Themen für Projektwochen oder Teamarbeit, da unterschiedlichste Kompetenzen erforderlich sind bzw. angesprochen werden,
- eigenständiger Nachbau durch Schüler möglich.

Der Aufwand für die Vorbereitung des Schülerprojekts war sehr hoch, garantierte jedoch eine erfolgreiche Bearbeitung der Versuche durch die Schüler innerhalb von 5 Tagen. Die Versuche wurden nach Beendigung des Summercamps von uns professionell überarbeitet und in eine veröffentlichungsreife Form gebracht (d. h. sie sind mittlerweile in das Webportal des RCL-Projekts integriert, vgl. Abb. 6 und [13]).

Der finanzielle Mehraufwand für ein RCL (über den realen Versuch hinaus) umfasst Hardware (Interface, PC, Webcams) sowie Programmierkosten (typisch 1-2 Personenmonate pro Versuch in der Anfangsphase, d. h. bis Programmmodule übertragbar sind). Wegen fehlender Standards und wegen notwendiger Neuentwicklung (z. B. Ansprechen mehrerer Webcams bei einem Versuch) können, je nach Versuch, auch höhere Entwicklungskosten anfallen. Wir nutzen unsere RCLs in Kaiserslautern parallel sowohl für die Benutzer vor Ort (z. B. „Optische Pinzette" im Praktikum für Biophysik-Studenten) als auch via Internet. Wollen auf ein RCL mehrere Nutzer gleichzeitig zugreifen, so wird die Zugriffsanfrage in eine Warteschlange gestellt und dies dem wartenden Online-Benutzer angemessen mitgeteilt.[6]

[5] Da die Zeitdauer des Projekts auf eine Woche beschränkt war, war es zwingend notwendig, alles notwendige Material vorzubereiten und entsprechend vorzuhalten. In einem Schülerprojekt, das sich über ein halbes oder ganzes Schuljahr erstreckt (z. B. in Form einer Arbeitsgemeinschaft) kann dies ganz anders aussehen. Hier steht genügend Zeit für die Planungsphase, für die Informations- und Materialbeschaffung durch die Schüler und Schülerinnen zur Verfügung und kann damit dem Erwerb von wichtigen Kompetenzen dienen.

[6] Wegen steigender Nutzerzahlen und um dem Wunsch von Lehrern entgegen zu kommen ist geplant, ein Nutzermanagement zu installieren, das es u. a. auch erlaubt, Experimentierzeiten (z. B. für den Einsatz eines RCLs in einer Schulstunde) zu reservieren.

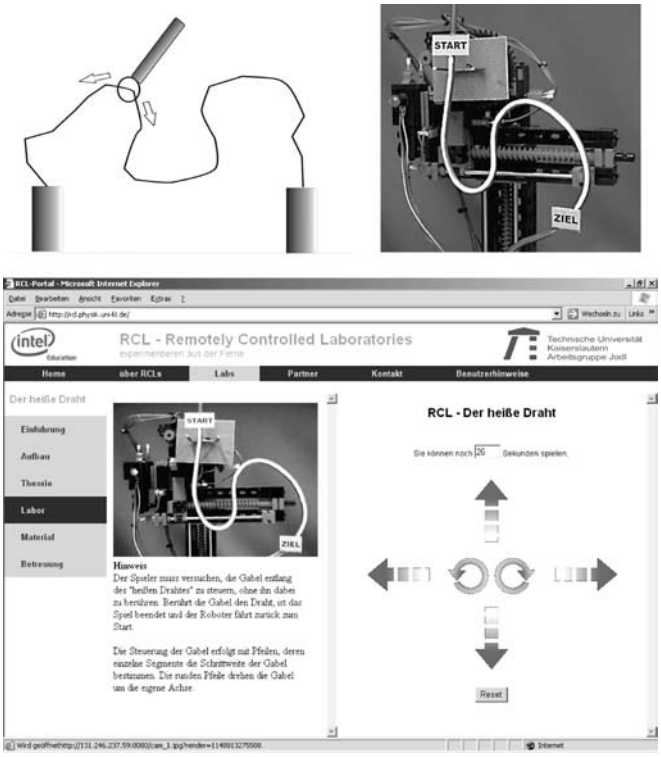



Abb. 6: RCL „Heißer Draht" als Schülerprojekt mit Fischertechnik©-Bausatz: Ein Beispiel dafür, wie Schüler selbstständig im Rahmen eines Projekts ihren „eigenen" Roboter für bestimmte selbst gewählte Anwendungen - wie z. B. zum Steuern und Regeln, als Fließbandroboter - als RCL aufbauen können. Im Bild links oben ist das Schema des Spiels „Heißer Draht" dargestellt. Das Bild rechts oben zeigt die Realisation des Spiels mit Hilfe eines Fischertechnik Bausatzes; anstatt Drahtschlinge wurde hier eine Drahtgabel verwendet.

Unten: die betreffende RCL-Webseite mit Sicht der Webcam auf den Spielroboter sowie Bedienfeld zur Steuerung des Roboterarms. Der Benutzer soll in möglichst kurzer Zeit den Roboterarm mit Drahtgabel längs eines Drahtes bewegen, ohne anzustoßen (eine grüne LED leuchtet, bei Berührung = Kurzschluss leuchtet eine rote LED).

Die Wartung des realen Versuches ist wie üblich anzusehen. Da die RCLs für maximale Interaktivität ausgelegt sind, waren die Webserver in der Vergangenheit regelmäßig Angriffen von außen (Hacker, Viren, Trojaner, …) ausgesetzt, was teilweise erheblichen Aufwand verursacht hatte. Dieses Problem konnte durch Installation einer Linux-basierten Firewall gelöst werden.

## Weitere Planung

In unmittelbarer Zukunft (2006-2007) planen wir in Zusammenarbeit mit der Intel® GmbH für deren Lehr-/Lernplattform [14] und mit Unterstützung der Eberhard von Kuenheim-Stiftung (BMW AG) sowie mit dem Arbeitgeberverband Gesamtmetall Deutschland einige weitere RCLs zu realisieren. Folgende Versuche sind derzeit in Arbeit:

- Lichtgeschwindigkeitsmessung (Laufzeitmethode mit Leybold-Gerätesatz [9]),
- Millikan-Versuch (Kooperation mit European Schoolnet / Xplora [15]),
- Fadenstrahlrohr (e/m-Bestimmung mit Leybold-Geräten [9]),
- „Weltpendel" (breitengradabhängige g-Bestimmung

mit Fadenpendeln weltweit),
- Biot-Savart-Gesetz (mit Hall-Sonde).

Eine detaillierte Beschreibung dieser RCLs würde hier zu weit führen.

Im Laufe 2006-2007 soll ein Teil der aufgebauten RCL-Versuche an sog. „Intel-Gymnasien" [14] übergeben und der betreuende Lehrer dort eingewiesen werden. So soll ein Netzwerk von RCLs an Schulen entstehen. Die Schüler sollen die RCLs nicht nur im Rahmen von Demonstrationsexperimenten oder Hausaufgaben im Physikunterricht nutzen, sondern sie sollen auch in die Lage versetzt werden, ihr eigenes RCL-Projekt zu gestalten. Hierzu sollen Lehrerbildungskurse mit technischem Schwerpunkt (Interface, Programmierung) durchgeführt werden.

RCL-Versuche in Kooperation mit Universitäten europäischer Länder sowie aus der sog. Dritten Welt sind relativ weit gediehen und befinden sich derzeit im Aufbau. Neben dem Deutschen Museum, das die Abteilung „Zentrum für Neue Technologien" im Jahr 2007 eröffnen wird, ist die Zusammenarbeit mit anderen naturwissenschaftlichen Museen angedacht. Langfristig soll ein weltweites Netzwerk von solchen RCL-Clustern entstehen, die unterschiedliche RCLs anbieten. Die Vorteile liegen auf der Hand: nicht ein Institut oder eine Schule allein muss sich um die Wartung aller realen Versuche kümmern, man lernt gegenseitig aus Erfahrungen, synergetische Effekte bei der Lösung technischer Probleme lassen sich nutzen, es wird verschiedene kulturelle Zugangsweisen geben, ein RCL zu installieren und in Lernumgebungen einzubinden und zu erproben.

## Schlussbemerkungen

Mit dem RCL-Projekt versuchen wir, moderne Kommunikationstechniken und das Internet noch weiter für die Lehre zu nutzen. Wir möchten Fernstudiengänge interessanter und attraktiver gestalten: weg von den Skripten, hin zu webbasierten Studiengängen, gerade in experimentell orientierten Fächern. Der Stellenwert von Realexperimenten soll gegenüber Simulationen und Animationen betont werden. Durch den Spielmodus sollen junge Menschen im Internet an Technik und Bildung heran geführt werden.

## Danksagung

Abschließend wollen wir den Sponsoren des Projekts danken, die das Potential der RCLs stets richtig eingeschätzt haben: der Eberhard von Kuenheim-Stiftung der BMW AG, vertreten durch Dr. Glaser und Frau Huber, dem Arbeitgeberverband Gesamtmetall (Think Ing.), vertreten durch Herrn Gollub, dem Deutschen Museum (Dr. Hauser) und vor allem der Intel® GmbH – Education Group, vertreten durch Frau Dr. Roth, Herrn Ensle und nunmehr Herrn Osburg. Der Firma Hameg danken wir für die Spende eines steuerbaren Analog-/Digital-Oszilloskops HM507. In der Anfangsphase war die Mitarbeit von Netzmedien GbR, vertreten durch die Herren Dr. Roth und Maus, äußerst wichtig. Außerdem danken wir den Staatsexamenskandidaten, die im Rahmen ihrer Abschlussarbeiten engagiert RCL-Versuche aufgebaut haben.

## Literatur

[1] Stellvertretend für die vielen Entwicklungen zum Einsatz von Simulationen und Animationen in der Physiklehre seien hier die Physlets® von W. Christian und Kollegen genannt: W. Christian, M. Belloni: Physlet® Physics – Interactive Illustrations, Explorations, and Problems for Introductary Physics, Pearson Education, Upper Saddle River NJ 2004;
http://webphysics.davidson.edu/applets/applets.html

[2] J. Kirstein, R. Rass: Interaktive Bildschirmexperimente - eine neue Möglichkeit zum individuellen Lernen mit Multimedia, MNU 50 (1997) 1, S. 27-28; siehe auch:
http://didaktik.physik.fu-berlin.de/home/ibe.html

[3] A. Wagner, S. Altherr, B. Eckert, H. J. Jodl: Messvideos in der Physikausbildung, in: DPG-Frühjahrstagung Didaktik der Physik - Augsburg 2003, V. Nordmeier (Hrsg.), Lehmanns Media, Berlin 2003 (CD-ROM);
A. Wagner, S. Altherr, B. Eckert, H. J. Jodl: Multimedia in physics education: a video for the quantitative analysis of the Reynolds number, European Journal of Physics 24 (2003), S. 297;
http://pen.physik.uni-kl.de/videos.html

[4] Eine Diskussion über didaktischen Sinn oder Unsinn derartiger Internet-Übertragungen wollen wir an dieser Stelle nicht führen.

[5] Man vergleiche beispielsweise die Zusammenstellung in: S. Altherr, A. Wagner, B. Eckert, H. J. Jodl: Datenbanken und Evaluationskriterien für Multimedien in der Physik, Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule Nr. 3, 52 (2003), S. 34.

[6] Exemplarisch: Früheinstieg ins Physikstudium (FiPS):
http://www.fernstudium-physik.de/;
Vernetztes Studium Chemie:
http://www.vs-c.de/beispiele/index.html

[7] K. Taylor, B. Dalton, University of Western Australia:
http://telerobot.mech.uwa.edu.au/

[8] S. Altherr, B. Eckert, H. J. Jodl: Remote Controlled Laboratories – Experimentieren aus der Ferne, in: DPG-Frühjahrstagung Didaktik der Physik - Düsseldorf 2004, V. Nordmeier, A. Oberländer (Hrsg.), Lehmanns Media, Berlin 2004 (CD-ROM).

[9] Leybold Didactic GmbH,
http://www.leybold-didactic.de/

[10] M. Vetter, S. Gröber, B. Eckert, H. J. Jodl: Neues vom Remote Controlled Lab, in: Didaktik der Physik – DPG Frühjahrstagung Kassel 2006, Lehmanns Media, Berlin Online: http://rcl.physik.uni-kl.de/docs/Kassel_DD_21.2.pdf

[11] In einem ersten Schritt realisierten wir eine Variante, die auf dem Prinzip der Rückprojektion beruht (nach einem Vorschlag eines optischen Analogieversuchs für die Sek. I: R. Berger, B. Kölbl, H. Wiesner: Die Röntgen-Computertomographie – eine medizintechnische Anwendung für den Physikunterricht, Praxis der Naturwissenschaften Physik Nr. 4, 48 (1999), S. 44). Diese

Variante erwies sich in der Testphase als ungünstig und wird z. Zt. Völlig überarbeitet. Hier versuchen wir eine für die Sek. II geeignetere Variante (z. B. nach: B. Eckert, W. Stetzenbach, H. J. Jodl: LowCost-HighTech, Aulis Verlag Deubner, Köln 2000, Versuch Nr. 18/19) zu realisieren.
[12] remote_lab (Projekt folgender Partner: Eberhard von Kuehnheim-Stiftung - BMW AG, AG Jodl - TU Kaiserslautern, Netzmedien GbR, Deutsches Museum - Zentrum für Neue Technologien, Think Ing. Initiative von Gesamtmetall):
http://www.remote-lab.de/
Die RCLs „Roboter im Labyrinth" und „Optische Pinzette" sind zur Zeit in unserem RCL-Labor integriert; das Webportal ist nach wie vor das aus der Kooperation der genannten Partner entstandene und für die Ausstellung am Deutschen Museum seinerzeit verwendete.
[13] RCLs an der TU Kaiserslautern (AG Jodl):
http://rcl.physik.uni-kl.de
[14] Intel® Lehren für die Zukunft:
http://aufbaukurs.intel-lehren.de/index
[15] Xplora (European Schoolnet):
http://www.xplora.org
[16] Fischertechnik©:
http://www.fischertechnik.de/
(Stand der www-Links: 29.06.2006)

# 4. Georg von Peuerbach Symposium

## 22.- 23. Sept. 2006 im Sitzungssaal des Rathauses in Peuerbach

# Von Newton zu Gauß

## Astronomie, Mathematik, Physik

Wissenschaftliche Leitung:
Prof. Dr. Michael von Renteln, Universität Karlsruhe (TH)
Prof. Dr. Franz Pichler, Johannes Kepler Universität Linz
Schwerpunkt: Darstellung von Fortschritten und Errungenschaften auf den Gebieten der Astronomie, Mathematik und Physik für den Zeitraum zwischen Isaac Newton (1642-1727) und Carl Friedrich Gauß (1777-1855).

## Programm

### Freitag 22. September 2006 (Moderation Prof. Pichler)

| | |
|---|---|
| 9:00 | Registrierung der Teilnehmer |
| 9:30 - 10:00 | Begrüßung durch Bgm. Wolfgang Oberlehner und Eröffnung durch Prof. von Renteln und Prof. Pichler |
| 10:00 - 10:45 | Wolfgang Kaunzner (Regensburg): Die beiden Wiener Mathematische Schulen und die „Deutsche Coß" |
| 11:00 - 11:45 | Ulrich Reich (Karlsruhe): Die Arithmetik des Georg von Peuerbach: Was kam danach ? |
| 14:00 - 14:45 | Volker Bialas (München): Der Laplacesche Geist und die Regulierung des Weltmechanismus |
| 15:00 - 15.45 | Michael von Renteln (Karlsruhe): Newtons Lösung der Keplergleichung |
| 16:00 - 16:45 | Karin Reich (Hamburg): Kometen von Peuerbach bis Gauß |
| | **anschließend Führung durch die Ausstellung „Krötengift und Hexenkraut" (Prof. Dr. Samhaber)** |
| | **Abendprogramm im Museum:** |
| 18:30 - 19:00 | Ulrich Reich (Karlsruhe): Magie auf dem Rechenbrett (wie vermehren sich die Hasen?, magisches Quadrat, Erbteilung, Ägyptische Multiplikation, Rechnen mit Pfennigen und Kreiden) |

### Samstag 23. September 2006 (Moderation Prof. von Renteln)

| | |
|---|---|
| 9:00 - 9:45 | Martin Solc (Prag): Optische Experimente von J. Marcus Marci ( 1595- 1667 ) |
| 10:00 - 10:45 | Peter Schuster (Pöllauberg): Christian Doppler und die Astronomie |
| 11:00 - 11:45 | Rüdiger Thiele (Leipzig): Der Wandel des Funktionsbegriffs von Newton bis Gauß |
| 14:00 - 14:45 | Christa Binder (Wien): Leonhard Euler und die Bernoullischen Zahlen |
| 15:00 - 15:45 | Harald Iro (Linz): Über die Entstehung der Analytischen Mechanik |
| 16:00 - 16:45 | Franz Pichler (Linz): Das Grundgesetz der Elektrodynamik von Weber |
| | **Abendprogramm im Museum** |
| 18:30 - 19:00 | Hannelore Sexl (Wien): Zum 300. Geburtstag von Gabrielle-Emilie du Chatelet |
| | **anschließend Abschlussempfang** |

### Sonntag 24. September 2006

Exkursion zur Sternwarte des Stiftes Kremsmünster (bei genügend vielen Interessenten)

# Knirpsakademie

## Schüler unterrichten Knirpse

Johanna Gamberger

Immer lauter wird die Forderung, qualifizierte Naturwissenschafter aus Österreich hervorzubringen und die Jugend auch für technische Studien zu interessieren. Um dies zu erreichen werden verschiedene Initiativen gefördert – zum Beispiel des Chem-Mobil, bei dem Lehrer der AHS in ihrer Freizeit an Volkschulen chemisch experimentieren. Ob man durch solche Experimentiernachmittage Chemiker hervorbringt, weiß ich nicht, aber bestimmt ist es eine anregende Abwechslung für die Kinder. Versuche/Vorgänge, bei denen sie selbst hantieren dürfen und staunend beobachten, was passiert, sind unbestritten förderlich für die Entwicklung jedes Kindes. Sinn und Zweck ist dabei nicht, schwierige naturwissenschaftliche Inhalte zu vermitteln, sondern dass Kinder Lust dazu bekommen, genauer hinzusehen. Es gibt in der Natur so vieles zu beobachten, wenn man gelernt, hat auch auf Kleinigkeiten zu achten.

Ich hatte schon längere Zeit vor, ein Projekt gemeinsam mit Kindergartenkindern zu machen, weil ich es sehr spannend finde, mit so kleinen Kindern chemische Experimente zu machen. Eine befreundete Kindergartentante war sofort Feuer und Flamme, als ich ihr von der Idee einer „Knirpsakademie" erzählte. Und dies sollte von Schülern durchgeführt werden, um diese in eine besondere Form der LdL – Methode (Lernen durch Lehren) einzuführen!

Es ist ein gewaltiger Unterschied, ob man wie für die „Reproduktion" lernt oder so, dass die Inhalte und Zusammenhänge einem Mitschüler erklärt werden können! Unvergleichlich schwerer ist es, wenn man Inhalte für so kleine Kinder aufbereiten soll. Dabei dachte ich an eine besondere 7. Klasse, in der trotz RG-Zweig die Lust an Naturwissenschaften nicht zu wecken war. Immer wieder war über Schüleräußerungen unüberhörbar, dass sie mit ihren Leistungen unzufrieden waren und sich einredeten, dass sie „zu dumm" für diese Schule seien. Aus Unterhaltungen hörte man auch heraus, dass die Schüler frustriert darüber waren, dass die Parallelklassen Klassenfahrten und Exkursionen machten, während mit ihnen kein Lehrer etwas unternahm. Der Misserfolg bei Prüfungen verursachte Lernpessimismus und ein geringes Selbstvertrauen, was wiederum zu Misserfolg führte. Durch die Misserfolge in verschiedenen Fächern machte sich eine Unlust breit, die das Verhalten der Schüler stark beeinflusste.

Mag. Johanna Gamberger unterrichtet Chemie und Geografie am Perau-Gymnasium Villach. Der Beitrag ist eine Kurzfassung einer PFL-Studie. e-mail: gb@utanet.at

Dies führte zu Unaufmerksamkeit und auch dazu, dass ich zum Beispiel gar nicht wagte, die Schüler experimentieren zu lassen, weil sie unberechenbar agierten.

Ich wollte sehen, ob sich über die Beziehungsebene das Engagement der Schüler für Chemie verbessern lässt. Mein Wille, mein Engagement mit der Klasse ein Projekt zu machen, so hoffte ich, sollte sich auch positiv auf ihr Verhalten und das Fach Chemie auswirken. Über den „Umweg" zwischenmenschlicher Beziehung wollte ich die Einstellung zum Fach verändern. Mein Leitgedanke war: „Wenn sie mich mögen, dann mögen sie auch Chemie!"

Aus vorherigen Studien[1)] wusste ich, dass für Schüler etwas interessant und wichtig ist, wenn sie es gebrauchen können. Schüler sind viel motivierter, Inhalte verstehen zu wollen, von denen sie annehmen, dass sie diese auch künftig brauchen werden oder im Alltag anwenden können.

Nachdem die direkte Anwendung des Erlernten oft nicht ohne weiteres möglich ist, wollte ich eine Situation schaffen, in der sie das Gelernte weitergeben können. Die Schüler waren durch den bereits festgesetzten Besuch des Kindergartens Weissbriach höchst motiviert, sich eingehend mit der Materie auseinanderzusetzen. Die Schüler sollten dort mit einfachen Versuchen, bei denen die Kinder mitmachen durften, Vorgänge in der Natur erklären, Der Aufforderungscharakter war hier als wichtigstes intrinsisches Motiv erlebbar.[2)] Realisiert werden konnte der Besuch durch Stundentausch mit Kollegen und das freiwillige Einüben von Experimenten und Anleitungen der Schüler am Nachmittag.

Die Kindergartenkinder kamen und starteten vorerst mit einer Jause im Park vor unserer Schule. Dann führte ich 28 kleine Gäste und 2 Betreuer durch die Schule in den 2. Stock (Chemie Saal), wobei die große Pause und die dadurch belebte Umgebung unsere Gäste sichtlich faszinierte.

[1)] Siehe dazu auch: „Kann fächerverbindender Unterricht Naturwissenschaftliche Grundbildung nützen?" Anderwald Ina, Gamberger Johanna, Imst2 - Projekt 2001; „Kann über das Thema „Redoxprozesse und Elektrizität" anhand ausgewählter Unterrichtsmethoden die Entwicklung von Problemlösekompetenz unterstützt werden?" Anderwald Ina, Gamberger Johanna, Imst2 - Projekt 2002;

[2)] Der Aufforderungscharakter ist das wichtigste intrinsische Motiv. Es wird vom Gegenstand bewirkt, wobei der Lernende sich aufgefordert fühlt, sich mit dem Inhalt zu beschäftigen, auch ohne eigenen direkten Nutzen. Zitat: http://arbeitsblaetter.stangl-taller.at/MOTIVATION/Lernmotivation.shtml

Im Chemiesaal endlich angekommen, mussten die Kleinen in Scharen noch rasch auf die Toilette – Verzögerungen, die meine Schüler etwas nervös machten, weil die Zeit knapp bemessen war.

Dann teilten wir die Kinder mit Hilfe der Betreuerinnen in Gruppen, um den Besuch der Stationen beginnen zu können. Auch dafür brauchten wir Zeit, da sich einige Kinder nicht zu den Schülern getrauten und die Begleiterinnen sie erst überzeugen mussten. Endlich war es soweit und die Schüler konnten alles, was sie vorbereitet hatten, zeigen. Es gab schwebende Seifenblasen zu sehen, die Trennung von Farben, das Färben von Blumen und den magischen Luftballon, der sich wie von selbst aufbläst. Die Kinder brachten mit Kochsalz Eier zum Schwimmen und konnten auch Eier ohne Schale bestaunen und befühlen. Sie „färbten" Flammen und beobachteten, wie Pflanzen unter Wasser Sauerstoff herstellen und wie man diesen nachweisen kann.

Ich war sehr überrascht, wie akribisch sich meine Schüler vorbereiteten hatten und wie fürsorglich sie mit ihren kleinen Besuchern umgingen. Geduldig leiteten sie die Kleinen an, wie sie die Experimente durchzuführen hatten, und erklärten auch, warum welche Effekte auftraten. Dabei kamen sie ganz schön ins Schwitzen – das war gar nicht so leicht.

Die Disziplin der Schüler blieb entgegen allen Bedenken in vertretbarem Rahmen. Natürlich ging es nicht ohne Hinweise, aber ich hätte mir nicht gedacht, dass sie so leistungswillig und interessiert sein würden.

Die Zeit wurde ziemlich knapp, weil ich die Erfahrung mit so kleinen „Chemikern" noch nicht hatte. Da sind Dinge zu berücksichtigen, die man selbst in 1. Klassen Gymnasium nicht mehr bedenken muss, wie zum Beispiel die Jausenzeit oder der kollektive Toilettenbesuch.

Von den Kindern war ich überrascht, dass sie mit viel Courage an die Experimente heran gingen. Ich hatte angenommen, dass sie etwas Zeit brauchen würden, sich mit den Schülern und der Umgebung vertraut zu machen.

Das Interesse der Kinder und ihre Begeisterung waren sichtlich groß. Nicht nur während des Besuches war dies zu bemerken, sondern auch in der Nachbesprechung bestätigte dies uns eine Betreuerin. Vom chemischen Inhalt ist bei den Kleinen durch die Teilnahme an der Knirpsakademie allerdings nicht viel hängen geblieben, obwohl die Schüler wirklich ihr Bestes gaben. Diese Fülle war denn doch nicht zu verarbeiten. Allerdings war das Interesse geweckt, mehr zu erfahren und so behandelten die Betreuerinnen in den folgenden Tagen nochmals die Inhalte und erklärten die Phänomene.

Es war aber auch nicht das Ziel, so kleinen Kindern Chemie beizubringen, sondern ihnen naturwissenschaftliche Anreize zu bieten – Interesse zu wecken, das „Hinschauen" zu trainieren.

Dieses Projekt mit der 7A hat die Beziehung zwischen mir als Lehrkraft und den Schülern deutlich verbessert. Einerseits haben die Schüler mein Interesse an ihnen geschätzt (das merkte ich in Gesprächen und sie waren zugänglicher) und andererseits haben sie sich auch mehr auf Chemie eingelassen. Es änderte sich das Arbeitsverhalten der Schüler – sie waren aufmerksamer, ruhiger und arbeiteten mit. Ich gewann den Eindruck, dass der Chemiesaal nicht mehr mit Unlust betreten wurde, sondern häufig, dass sie sich freuten. Sie wurden offener und netter.

Bestimmt hat sich durch das Projekt auch mein Verhalten den Schülern gegenüber geändert. Ich bin durch diese Arbeit mit Kindergartenkindern positiv von meinen Schülern überrascht worden. Alle Bedenken, die ich zu Beginn der Aktion hatte, stellten sich als übertrieben heraus. Sie blödelten tatsächlich herum und zwei bespritzten sich mit verdünnter Salzsäure. Es kam dabei aber zum Glück niemand zu Schaden. Trotz dieses Vorfalles waren sie insgesamt bestens zu leiten und in diesem Rahmen war das Projekt realisierbar.

Ich bin froh, dass ich dieses Experiment Kindergartenkinder in Kombination mit eher schwierigen Schülern gewagt habe. Ich habe viel aus diesem Projekt gelernt und mir sind durch die Niederschrift im Rahmen des Universitätslehrganges „Pädagogik und Fachdidaktik für Lehrer" einige Dinge noch bewusster geworden.

# Zum Thema Licht und Wasser
# Kinder schreiben Forschungstagebücher

Gabriela Graninger-Pohle

Nach dem zweiten PFL-Seminar hatte ich die Idee, Schülerinnen und Schüler im Rahmen meines Physikunterrichts Forschungstagebücher schreiben zu lassen, um einen besseren Einblick in die Vorstellungswelt der Kinder zu gewinnen, diese Vorstellungen in meinen Unterricht einzubauen und so den Kindern die Physik näher zu bringen. Mein persönliches Interesse gilt den Phänomenen, hier speziell den Phänomenen mit Licht und Wasser. Daher wollte ich herausfinden, welche Phänomene die Schülerinnen und Schüler von selbst wahrnehmen und wie genau sie Beobachtetes beschreiben oder zeichnerisch wiedergeben können.

Ich wählte aus der Fülle von möglichen Fragen, die dabei auftauchten, zwei aus:

1. Welche Phänomene nehmen die Schülerinnen und Schüler von selbst wahr, ohne dass sie darauf hingewiesen werden?
2. Wie genau können sie Beobachtetes beschreiben oder zeichnerisch wiedergeben?

Die Schülerinnen und Schüler bekamen Beobachtungsaufgaben, die sie zu Hause schriftlich und zeichnerisch bearbeiten sollten. Ihnen wurde mitgeteilt, dass es dabei kein richtig oder falsch gibt. Erklärungen der beobachteten Phänomene waren zwar nicht gefordert, selbst erdachte Erklärungsversuche wurden aber angeregt, genauso wie das Stellen noch offener Fragen. Die Schülerinnen und Schüler hatten natürlich die Möglichkeit, meine Hilfe in Anspruch zu nehmen, sollten aber weder Bücher noch Menschen befragen.

Als Beispiel für die Fragestellungen an die Schüler/innen:

### Aufgabenstellung

Führe dein Forschungstagebuch weiter. Beobachte und beschreibe genau was dir auffällt, probiere selbst aus, was dich interessiert! Mache dazu passende, selbst erdachte Experimente und beschreibe sie! Lese nicht in Büchern nach!

Lasse dir die Phänomene nicht von Erwachsenen zeigen oder erklären! Vertraue dir selbst!

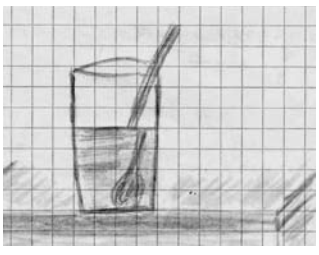
Verschiedene Bereiche:

- In der Badewanne oder im Schwimmbad
- Fülle Gläser und Flaschen verschiedener Form mit Wasser und beobachte
- In der Natur (im Regen – im Schnee – bei Sonnenschein – bei Mondlicht)
- In der Stadt
- Weitere Bereiche?

Bearbeite so viele Bereiche wie möglich.
Ich wünsche dir viel Freude bei deinen Forschungsarbeiten und hoffe, dass du mit offenen Augen deine Umgebung betrachtest und dir viele beschreibenswerte, vielleicht auch überraschende und erstaunliche Dinge in deiner Alltagswelt auffallen.
Lasse dich faszinieren!!!

Parallel dazu führte auch ich ein Forschungstagebuch, das meine pädagogisch-didaktischen Überlegungen enthält. In der Zeit der Konzepterstellung und der Themenfindung, in den Arbeitsphasen der Datenerhebung, aber auch in der ersten Bewertungsphase (für die Benotung) und der zweiten Bewertungsphase (für die Studie), war mir das Forschungstagebuch ein wichtiger „Begleiter". Ich protokollierte alle Arbeitsaufträge und Arbeitsschritte der Schülerinnen und Schüler, ihre Schwierigkeiten und Fragen und notierte meine persönlichen Eindrücke, Erfahrungen und Überlegungen, die mir während der Arbeitsphase der Datenerhebung und beim Lesen der Schülerarbeiten aufgefallen sind.

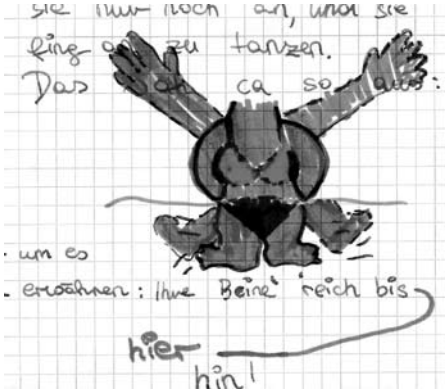
Beim Ordnen der Vielzahl der Phänomene mit Licht und Wasser, die von den Schüler/innen beschrieben wurden, fiel mir auf, dass es Phänomene gibt, bei denen das Wasser wichtig ist, um das Verhalten des Lichts zu erforschen und umgekehrt das Licht wichtig ist, um das Verhalten des Wassers, bzw. die Eigenschaften des Wassers in den verschiedenen Zustandsformen sichtbar und damit erforschbar zu machen. Es dient immer das eine dem anderen als Mittel zum Zweck. Hier zwei Beispiele für Beobachtungen, deren Beschreibung und zeichnerische Darstellung.



Lukas: *„Meine Mutter steckte einen Löffel in das Glas mit Wasser und plötzlich sah es so aus, als wäre der Löffel verbogen."*

Mag. Graninger-Pohle unterrichtet Physik und Mathematik am BG 12, Rosasgasse Wien, sowie im Schulversuchspraktikum der Universität Wien. Der Text ist ein Auszug aus einer Studie im Rahmen des Universitätslehrgangs „Pädagogik und Fachdidaktik für Lehrer/innen (PFL) – Naturwissenschaften" (2003 – 2005)

Theresia: *„Im Schwimmbad mit meiner Schwester war es echt lustig, weil es im Wasser so aussah, als ob ihre Beine nur 5 cm lang wären. Damit sah sie so ulkig aus, dass ich lachte und Wasser schluckte. Das spornte sie nur noch an und sie fing an zu tanzen. Das sah ca. so aus:“*




Das Führen der Forschungstagebücher wurde von den Schülerinnen und Schülern positiv aufgenommen. Auch als Methode der Datenerhebung haben sich die Forschungstagebücher bewährt. Das Datenmaterial war in zweifacher Weise nützlich. Einerseits erhielt ich als Lehrerin relativ schnell viele Informationen über die Schülervorstellungen und andererseits haben die Forschungstagebücher auch den Schüler/innen geholfen, ihre Umgebung genauer zu erkennen, sich Gedanken über ihre Umgebung zu machen – nachzudenken über Dinge, die ihnen bisher nicht aufgefallen sind oder die sie noch nie bedacht haben. Durch das Dokumentieren in Worten und/oder Bildern mussten sich die Schüler/innen genauer mit dem Beobachteten auseinandersetzen und sich dafür Zeit nehmen, Zeit zum Staunen und zur Faszination über die Natur. So entdeckten sie ihre eigene Vorstellungswelt von der Natur.

Da sich die Schülerinnen und Schüler selbst mit der Physik ihrer alltäglichen Umgebung auseinandergesetzt haben, ohne die dahinter steckende Physik vorher erklärt bekommen zu haben, sind sie noch unvoreingenommen und offen für Neues und damit bereit, auch die naturwissenschaftliche Erklärung des Beobachteten erfahren bzw. wissen zu wollen. Die Forschungstagebücher boten mir die Möglichkeit, das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler besser berücksichtigen zu können, so dass ich auf das selbst erworbene Wissen der Schüler/innen im Unterricht zurückgreifen konnte, um den Unterricht dadurch spannender zu gestalten. Die Schüler/innen stellten viel mehr Fragen, wollten auch ihre Erfahrungen und Beobachtungen einbringen und waren viel aufmerksamer und interessierter, als ich dies im Unterricht bisher gewohnt war.

# Schafft die Zentrifugalkraft ab!

Helmut Kühnelt

Unter die Altlasten der Physik (s. a. F. Herrmann und G. Job, Aulis Verlag. Deubner, Köln 2002) fallen unzweifelhaft die Termini Zentripetalkraft und Zentrifugalkraft. Während erstere lediglich – allzu oft – als „Zentripedalkraft" das Unverständnis der Prüflinge zeigt, verwirrt letztere selbst das Hirn von Schulbuch- und Lehrbuchautoren und damit auch jener, die aus diesen Büchern Physik lernen sollen (und Physik unverständlich finden). Selbst in einer Ausgabe des Gerthsen wurde die Kreisbewegung des Elektrons im Bohrschen Wasserstoffatom auf die Balance von Zentripetalkraft (Coulombanziehung des Kerns) und Zentrifugalkraft zurückgeführt. Dabei wird übersehen, dass beim Kräftegleichgewicht die resultierende Kraft verschwindet und nach Newton 1 eine geradlinig gleichförmige Bewegung resultiert – das Wunder der Kreisbewegung ist also nicht erklärt.

Die Beschwörung von Newton 3, um die Zentrifugalkraft als Reaktionskraft auf die Zentripetalkraft darzustellen, beruht auf einer Fehlinterpretation. Newton 3 sagt etwas über die Kräfte zwischen zwei Körpern, dass beispielsweise die Sonne die Erde mit derselben Stärke anzieht wie umgekehrt die Erde auf die Sonne wirkt. Darüber hinaus sollte man sich stets bewusst sein, dass Newton 1-3 nur in Systemen anwendbar sind, die gegenüber dem absoluten Newtonschen Raum unbeschleunigt sind. Bei Betrachtung in einem Inertialsystem gibt es keine Zentrifugalkraft – die für eine Kurvenfahrt nötige Zentralkraft ist bei den Planeten die Anziehung durch die Sonne, bei Eisenbahnzügen wird sie von den Schienen geliefert.

Warum glauben wir subjektiv an die Zentrifugalkraft? Bei der Kurvenfahrt trachtet unser Körperschwerpunkt, sich geradlinig und keineswegs auf krummer Bahn zu bewegen. Hingegen wird unser Po von der Zentralkraft ständig um die Ecke nach Innen geschubbst. Wir nehmen dies subjektiv als Beschleunigung unseres Schwerpunkts nach außen war.

Mathematisch hat die Zentrifugalbeschleunigung ihren Ausgang in der Transformation der Bewegungsgleichungen in das rotierende System. Es treten dann Terme auf, die als Beschleunigung relativ zum System gedeutet werden können, sie sind also abhängig vom Bezugssystem und werden nicht durch Kräfte zwischen Körpern verursacht.

# Migration im NaWi-Unterricht

## Förderung von Schülerinnen und Schülern mit Migrationshintergrund

Susanne Neumann, Clemens Nagel, Helga Stadler

Rütli-Schule in Berlin, Kauergasse in Wien – Schulen, die in Medien und Politik zu angeregten Diskussionen zum Thema „Schule und Migration" führten. Betrachten wir die demografische Entwicklung Europas, so wird deutlich, dass sich Lehrkräfte in Zukunft stärker mit Chancen und Problemen befassen müssen, die die Arbeit mit Jugendlichen unterschiedlicher ethnischer und sprachlicher Zugehörigkeit hervorbringt. Multikulturelle Klassen, die nicht nur in Wien, sondern auch in vielen kleineren Städten immer zahlreicher werden, stellen eine wichtige Herausforderung für die Zukunft dar.

Das EU-Projekt PROMISE (Promotion of Migrants in Science Education) nimmt sich dieses Themenfeldes im naturwissenschaftlichen Bereich an. Nach einer Planungsphase von ca. einem Jahr startete das Projekt im Oktober 2005 an der Fakultät für Physik der Universität Wien[1)] – unter der Koordination des ETC Graz (European Training Centre for Human Rights and Democracy) und mit den Projektpartnern Humboldt Universität zu Berlin, Universität Sarajewo sowie Yildiz Technische Universität Istanbul.

Das primäre Ziel von PROMISE ist es, Schüler/innen mit Migrationshintergrund im naturwissenschaftlichen Unterricht zu fördern. Dies geschieht einerseits durch direkte Förderung, andererseits durch indirekte Förderung, durch Entwicklung von Unterrichtsdesigns, die sich für den Einsatz in multikulturellen und multilingualen Klassen eignen. Um dies zu erreichen, wurde nach der Start-Up-Phase (Okt/Nov 2005) das PROMISE Lehrkräfte-Team, bestehend aus 19 HS- und AHS-Lehrkräften[2)], gegründet. Die monatlichen Treffen dieses Lehrkräfte-Teams dienen dazu, Probleme und Barrieren für Schüler/innen mit Migrationshintergrund im naturwissenschaftlichen Unterricht zu identifizieren, diese zu analysieren und Unterrichtskonzepte bzw. Strategien zu Good-Practice zu entwickeln, damit naturwissenschaftlicher Unterricht für alle Schüler/innen ansprechender und verständlicher wird. Dabei soll sich das Interesse an Naturwissenschaften – im Speziellen an Physik und Chemie – steigern.

Als direkte Maßnahme wurde der „Club LISE" gegründet, welcher Schülerinnen im Alter von 16-18 Jahren die Möglichkeit gibt, einen Einblick in naturwissenschaftlich-technische Studienrichtungen zu erhalten. Dies wird durch den Besuch von Vorlesungen, Gespräche mit Wissenschafter/innen sowie durch praktische Arbeit in Labors an Hochschulen und Universitäten gewährleistet. Schülerinnen mit Migrationshintergrund sollen auf diese Weise dazu ermutigt werden, eine naturwissenschaftlich-technische Berufslaufbahn einzuschlagen.

Eine wichtige Hilfe für beide PROMISE-Teams (Lehrkräfte-Team sowie Club LISE) stellt der internationale Austausch mit den anderen am Projekt teilnehmenden Ländern (Deutschland, Bosnien-Herzegowina, Türkei) dar. Dies geschieht neben direktem Austausch auch durch die Teilnahme an internationalen PROMISE-Konferenzen. Anfang April nahmen zwölf Mädchen des Club LISE und vier Lehrkräfte des PROMISE-Lehrkräfte-Teams bei der ersten internationalen Konferenz des Projekts in Berlin teil.

Abb. 1: Club-LISE-Schülerinnen beim internationalen Treffen in Berlin 2006

Abb. 2: PROMISE-Lehrkräfte aus der Türkei, Bosnien-Herzegowina und Österreich beim internationalen Treffen in Berlin 2006

[1)] Projektleitung Dr. Helga Stadler, Projektmitarbeiter/innen Mag. Susanne Neumann, Mag. Clemens Nagel.

[2)] Derzeit Mitglieder des PROMISE Teacher Teams (in alphabetischer Reihenfolge): Mag. Ilse Bartosch, Mag. Barbara Faast-Kallinger, HL Gerald Grois, Mag. Ursula Hollenstein, Dr. Elisabeth Langer, Mag. Ursula Müllner, HL Sigrid Nowak, Mag. Robert Pitzl, Mag. Elisabeth Pober, Mag. Susanne Reif-Breitwieser, HL Franz Reischl, HL Werner Rentzsch, Mag. Magda Roschger, Mag. Franz Georg Rösel, HL Martina Schüller, Adele Stangl, Dr. Amelia Thirring, Mag. Mohammed Tosun

## Bisherige Aktivitäten des PROMISE-Lehrkräfte-Teams Österreich

Die bisherigen Aktivitäten des PROMISE-Lehrkräfte-Teams können wie folgt beschrieben werden:

- Analyse der Ist-Situation im Unterricht aus Sicht der Lehrkräfte
- Gespräche mit Expert/innen zum Thema „Migration und Schule"
- Dokumentation der Stellungnahmen beteiligter Naturwissenschaftslehrkräfte zu Fragen des Unterrichts in Klassen mit erhöhtem Anteil an Schüler/innen mit Migrationshintergrund
- Erhebung der Schülermeinungen in Form eines Fragebogens.
- Identifikation von Barrieren/Problemen durch Triangulation der Daten zu Lehrer/innen- und Schüler/innen-Perspektiven

Für die Analyse naturwissenschaftlicher Unterrichtseinheiten erklärten sich einige Lehrkräfte zu einer Hospitation durch das PROMISE-Team der Universität Wien bereit. Mit Hilfe videografischer Aufzeichnung konnten Szenen festgehalten werden, die sowohl Problemfelder markieren als auch Good-Practice-Beispiele für den Einsatz in multikulturellen Klassen zeigen.

Als Expert/innen zum Thema Migration und Schule lud das PROMISE-Lehrkräfte-Team ein: Mag. Serafettin Yildiz, Mitarbeiter der „Schulberatungsstelle für MigrantInnen", gewährte den Lehrkräften einen Einblick in Aufgaben und Ziele der Beratungsstelle sowie in häufige Probleme, denen sich Schüler/innen mit Migrationshintergrund im schulischen Umfeld ausgesetzt sehen. Univ.-Prof. Dr. Hilde Weiss, Institut für Soziologie der Universität Wien, stellte die Ergebnisse ihrer Studie zum Thema „Migration und Schule" vor. Ein Ergebnis dieser Studie ist die Erkenntnis, dass es vor allem soziale und kulturelle Probleme sind, die den Schulerfolg behindern. Wichtigster Punkt der nachfolgenden Diskussion war daher auch die Frage, welchen Beitrag Schule zur Lösung dieser Probleme leisten kann.

Des Weiteren wurde im Laufe der PROMISE-Treffen ein Fragebogen für Schüler/innen erstellt, welcher auf den Hypothesen basiert,[3)] die die Lehrkräfte im Rahmen des ersten Treffens genannt hatten. Wesentliche Themen des Fragebogens waren „Kultureller Hintergrund", „Interesse an Naturwissenschaften" und „Unterstützung durch Eltern/Bekannte". Der Fragebogen wurde einem Pre-Test unterzogen, vom Lehrkräfte-Team verbessert und schließlich an jenen Schulen, in denen die Lehrkräfte unterrichteten, verteilt. Mehr als 500 ausgefüllte Fragebogen konnten schließlich vom PROMISE-Team ausgewertet und deren Ergebnisse gemeinsam diskutiert werden.

Die untersuchte Stichprobe (n=537) ist repräsentativ für die Klassen, die von den Lehrer/innen des PROMISE-Lehrkräfte-Teams unterrichtet werden und setzt sich aus 58% Schüler/innen aus den AHS, 36% Schüler/innen aus Hauptschulen und 6% Schüler/innen aus einem Sonderpädagogischen Zentrum zusammen. 58% der Befragten besuchen die Sekundarstufe 1 (HS oder Unterstufe AHS) und 42% die Sekundarstufe 2 oder Oberstufe. Abb. 3 zeigt die Aufteilung der Stichprobe nach dem Migrationshintergrund: 37% der Befragten geben an, dass sowohl sie selbst als auch ihre Eltern in Österreich geboren wurden, sie also keinen unmittelbaren Migrationshintergrund besitzen. 40% der Schüler/innen sind in Österreich geboren, haben aber Eltern, die nach Österreich immigriert sind („Jugendliche aus 2. Generation). 22% sind erst nach ihrer Geburt nach Österreich gezogen („Jugendliche aus 1. Generation").

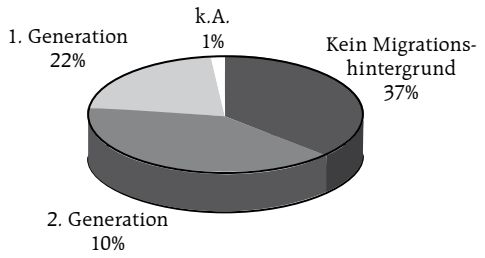



Abb. 3: Migrationshintergrund der befragten Schüler/innen

Die befragten Schüler/innen mit Migrationshintergrund bzw. deren Eltern kommen zu etwa 22% aus der Türkei, zu 16% aus Ländern des ehemaligen Jugoslawien. Die restlichen Schüler/innen bzw. deren Eltern stammen aus mehr als 30 verschiedenen Ländern.

## Barrieren und Probleme – Erste Ergebnisse

Die Ergebnisse des Fragebogens können in diesem Rahmen nur zu einem kleinen Teil dargestellt werden. Wir konzentrieren uns daher auf einen anderen Teil unserer Arbeit, nämlich auf die Gegenüberstellung der Lehrer/innen- und Schüler/innenperspektive. Es wurden in Bezug auf den naturwissenschaftlichen Unterricht drei Problemfelder identifiziert:

- Mangelnde Sprachkenntnisse
- Motivationsprobleme (gender-spezifisch)
- Soziokulturelles Umfeld

Sprachprobleme spielen im naturwissenschaftlichen Unterricht eine entscheidende Rolle. Speziell bei Schüler/innen mit Migrationshintergrund wurden von den Lehrkräften Probleme beim richtigen Verständnis von Fachvokabular beobachtet. Die Lehrkräfte erzählten, dass besonders die korrekte Verwendung von Fachwörtern in Sätzen große Schwierigkeiten bereitet. Im Gegensatz dazu steht die Selbsteinschätzung der Schüler/innen, welche angeben hier keine Probleme zu haben. Der Widerspruch könnte sich dadurch erklären, dass die Schüler/innen die Einschätzung ihrer Deutschkenntnisse auf die Alltagssprache beziehen und den Eindruck haben, dass sie die für den Alltag nötigen Deutschkenntnisse besitzen.

Das Interesse an naturwissenschaftlichen Fächern ist sowohl bei Schüler/innen mit, als auch bei Schüler/innen ohne

[3)] hierzu siehe z.B. http://derstandard.at/?url=?id=2269886

Migrationshintergrund nur mäßig ausgeprägt und weist keine signifikanten Unterschiede auf. Die vom PROMISE-Lehrkräfte-Team geäußerte Hypothese, das Interesse an Naturwissenschaften könnte vom soziokulturellen Hintergrund – also vom unterschiedlichen Stellenwert der Naturwissenschaft in der jeweiligen Gesellschaft - abhängen, erweist sich als nicht zutreffend. Es zeigt sich aber, dass viele Schüler/innen in naturwissenschaftlichen Fächern keinen unmittelbaren Nutzen für ihre Zukunft sehen oder Fächer (vorwiegend Physik und Chemie) als zu schwierig oder nicht alltagsrelevant einstufen. Dies entspricht den Daten der Interessensforschung. Die Analyse des Fragebogens zeigt – wieder in Überseinstimmung mit der Literatur – auch statistisch signifikante gender-spezifische Interessensunterschiede (sowohl über die gesamte Stichprobe als auch über die einzelnen Gruppen, wie in Abb. 4 zu erkennen ist).

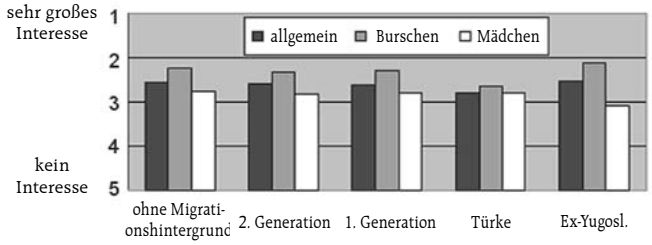



Abb. 4: Interesse an naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern

Bemerkenswert ist, dass die Motivation zur Schule zu gehen bei Schüler/innen mit Migrationshintergrund eindeutig höher ist als bei Schüler/innen ohne Migrationshintergrund.

Mitentscheidend für den schulischen Erfolg ist in Österreich laut PISA-Studie der soziokulturelle Hintergrund. Dies wird auch bei der vorliegenden Erhebung deutlich. Die Hypothese der Lehrkräfte, Schüler/innen mit Migrationshintergrund erhielten weniger Unterstützung von ihren Eltern in schulischen Belangen (Lernen, Referate etc.), wird durch die Resultate des Fragebogens bestärkt. Die Analyse der Daten des Fragebogens gibt dafür auch eine mögliche Erklärung: Der Bildungslevel der Eltern von Schüler/innen mit Migrationshintergrund ist signifikant geringer als jener der Schüler/innen ohne (Abb. 5). Auffallend dabei ist, dass die Eltern der in Österreich geborenen Schüler/innen (2. Generation) ein geringeres Bildungsniveau aufweisen als jene der 1. Generation, was höchstwahrscheinlich auf die Arbeitsmigration in den 60er, 70er und 80er-Jahren zurückzuführen ist. Sehr auffallend ist auch der vergleichsweise niedrige Bildungshintergrund der Eltern von Schüler/innen mit türkischem Migrationshintergrund.

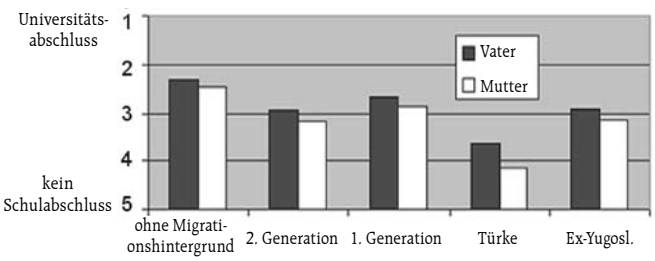



Abb. 5: Bildungshintergrund der Eltern

In der vorliegenden Befragung bestätigt sich, dass der Besuch unterschiedlicher Schultypen mit dem Bildungshintergrund der Eltern korreliert. Dies hat auch einen Einfluss auf den naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler/innen mit Migrationshintergrund fehlt nicht nur die notwendige Unterstützung beim Schreiben von Hausübungen oder beim Lernen, sie haben auch einen eingeschränkten Zugang zu altersadäquaten Sachbüchern. Die Hauptbezugsquellen zu naturwissenschaftlichem Wissen sind lt. den Ergebnissen des Fragebogens meist populärwissenschaftliche Fernsehsendungen (Forscherexpress, Galileo etc.). Viele Lehrer/innen berichten auch über z.T. mangelndes Interesse der Eltern von Schüler/innen mit Migrationshintergrund an Kooperation mit den Schulen. Eine weitere Barriere, speziell für Mädchen, ist nach Aussagen der Lehrkräfte die zusätzliche Hausarbeit, die manche der Schülerinnen neben den schulischen Verpflichtungen erfüllen müssen. Gender-Belange beeinflussen auch die Entscheidungen über die zukünftige Ausbildung und über die Berufswünsche der Mädchen und Burschen. Schüler/innen mit Migrationshintergrund, so berichteten Lehrkräfte, halten tendenziell öfter an gender-spezifischen Berufsstereotypen fest, auch bei ihrer Studienwahl. Eine genauere Darstellung der Lage etwa durch soziologische Untersuchung wäre hier wichtig. Der Fragebogen wird nun auch in den anderen Projektländern Schulklassen vorgelegt werden. Wir erwarten von einem internationalen Datenvergleich vor allem ein besseres Verständnis der Ist-Situaion und Anregungen für weitere Interventionsschritte.

## Ausblick und Einladung zur Mitarbeit

Dieses Jahr werden gemeinsam mit dem PROMISE-Lehrkräfte-Team Videoanalysen eigener Unterrichtsstunden sowie Präsentationen bewährter Unterrichtssequenzen durchgeführt, um vorhandene Good-Practice zu identifizieren und zu dokumentieren. Auf Grundlage dieser Analysen soll im kommenden Schuljahr ein „Kompendium guter Praxis" entstehen, das Lehrkräfte in ihrer Arbeit unterstützen soll. Das PROMISE-Team würde sich über Ihre Mitarbeit an der Entwicklung von Good-Practice freuen. Wenn Sie ein naturwissenschaftliches Fach in Klassen unterrichten, in welchen der Anteil von Schüler/innen mit Migrationshintergrund hoch ist, haben Sie bei uns Gelegenheit Ihre Erfahrungen einzubringen und Neues dazu zu lernen. Sie sind bei uns und den PROMISE-Lehrkräften herzlich willkommen.

Auch der Club LISE nimmt im Herbst neue Teilnehmerinnen auf. Naturwissenschaftlich interessierte und begabte Schülerinnen mit Migrationshintergrund im Großraum Wien (Alter 16-18 Jahre), die mehr über naturwissenschaftlich-technische Studien erfahren wollen, verweisen wir auf unsere Homepage.

**Kontakt:**
Dr. Helga Stadler
Institut für Theoretische Physik, Tel. 01-4277-51552
helga.stadler@univie.ac.at
Internationale Homepage: http://www.promise.at
PROMISE Universität Wien: http://www.univie.ac.at/promise

# Projekte im Physikunterricht in den USA

## Erfahrungen und Beispiele

Bettina Gartner

SchülerInnen in den USA sind es gewohnt und erwarten, dass sie parallel zum Regelunterricht an mehreren naturwissenschaftlichen Projekten pro Jahr arbeiten. Während meiner Unterrichtstätigkeit an einer „high school" in Berkeley, Kalifornien, führte ich drei große Physikprojekte durch. Die folgende Beschreibung der einzelnen Projekte ist bewusst detailliert. Am Ende dieses Beitrages befinden sich die englischen Projektbeschreibungen und Beurteilungsbögen, die ich meinen amerikanischen SchülerInnen aushändigte. Wer Lust hat, es selbst zu probieren, kann die Materialien gerne so wie sie sind oder abgewandelt verwenden. Übrigens ist es nicht notwendig, dass die Lehrperson die Aufgabenstellung vorher selbst bewältigt und die einzelnen Geräte baut. Ich habe das auch nicht gemacht. Die Lehrperson muß nicht den Eindruck vermitteln, die Lösung schon zu wissen. Vielmehr geht es darum, mit den SchülerInnen gemeinsam zu lernen. Da bei jedem der zu bauenden Geräte mehrere Variablen zusammenspielen, ist eine erfolgreiche Realisierung ohnehin auf verschiedene Arten möglich.

### Rahmenbedingungen

Folgende Aspekte stehen im Vordergrund:

- Physikalische Grundgesetze werden auf eine komplexe Problemstellung angewendet.
- Die SchülerInnen sollen am Physikunterricht Spaß haben ("fun factor").
- Die SchülerInnen formulieren ihre Fragen und suchen selbst nach Antworten ("learning through scientific inquiry").
- Durch Zuschauen und Mundpropaganda soll innerhalb der Schule für möglichst viele Anmeldungen zum Physikunterricht im darauf folgenden Jahr geworben werden, da Physik kein Pflichtfach ist.
- Es werden keine Plakate oder Wandtafeln produziert, die einer breiteren Öffentlichkeit bzw. den Eltern vorgestellt werden. Es geht nicht um Informationsvermittlung, sondern um Wissenserwerb und Wissensanwendung.
- Wer im Unterricht am meisten arbeitet und am meisten zum Thema spricht, lernt am meisten. In vielen Klassenräumen ist es die Lehrkraft, die am härtesten arbeitet und am meisten spricht. Daher ist es auch die Lehrkraft, die am meisten lernt. Dieses Verhältnis soll umgekehrt werden.

Zweiter Teil des in PLUS LUCIS 1-2/2005 begonnen Beitrags von Mag. Bettina Gartner

### Praktische Umsetzung

In der Vorbesprechungseinheit erhalten die SchülerInnen jeweils eine schriftliche Projektbeschreibung mit der Zusammenfassung der Bedingungen sowie einen Beurteilungsbogen. Projektbeschreibung und Beurteilungsbogen können zusätzlich im Physiksaal zur freien Entnahme an einem bestimmten Platz aufgelegt werden. SchülerInnen, die in der Einführungsstunde nicht anwesend sind, können sich die Blätter in einer der folgenden Stunden selbst nehmen. Mit dem Beurteilungsbogen werden die Kriterien der Benotung und der Schlüssel für die Vergabe der Punkte bekannt gegeben. Meine SchülerInnen hatten immer die Möglichkeit, Zusatzpunkte zu erhalten, die der Wettmachung von verlorenen Punkten in anderen Kategorien dienten.

### A) Projekt Holzrennauto (Pinewood Derby Car)

**Themenbereiche:** Energieformen und Energieerhaltung, Kraft, Masse und Gewicht, kräftefreie Bewegung (Geschwindigkeit, Beschleunigung), Schiefe Ebene, Reibung, Aerodynamik.

**Materialien:** je SchülerIn eine Anfangsausstattung, die 2 Holzblöcke mit 2 Einkerbungen für die Achsen, 4 kleine Nägel als Radachsen und 4 Spielzeugräder beinhaltet; zusätzlich in der Schule: eine Rennbahn, ein Zeitmessystem (evtl. Computerprogramm), eine genaue Waage.

**Beliebtheitsgrad** bei meinen amerikanischen SchülerInnen: hoch.

**Umsetzbarkeit** unter österreichischen Rahmenbedingungen (persönliche Beurteilung): aufwendige Vorbereitung (Rennbahn, Anfangsausstattung).

**Aufgabenstellung:**
Die Aufgabe ist, ein Holzauto zu entwerfen und zu gestalten, das eine schiefe Ebene möglichst schnell hinabrollt. Als einzige Energiequelle ist die potentielle Energie des Autos am Beginn der Bahn zugelassen.

"Pinewood Derby Car"-Projekte werden häufig an verschiedenen amerikanischen Schulen durchgeführt und sind sehr populär. Ursprünglich ein Pfadfinderwettbewerb hat dieses Projekt seinen Siegeszug in die Schulen angetreten. Im Internet ist dazu viel Information abrufbar. Selbst Bücher sind darüber geschrieben worden. Nicht selten bauten schon die

Väter so ein Auto in der Schule und haben Spaß daran, nun ihren Sprösslingen dabei zu helfen.

**Projektablauf:**
Die organisatorische Hauptschwierigkeit besteht darin, dass man eine große Rennbahn sowie einen guten Mechanismus, mit dessen Hilfe die Zeit gemessen werden kann, benötigt. Die Rennbahn und das Zeitmeßsystem können allerdings jedes Jahr wieder verwendet werden. In unserer Schule waren ursprünglich einfach an einem Ende hoch gelagerte Holzbretter verwendet worden, bis SchülerInnen sich ein Herz fassten und in den Sommerferien eine Rennbahn mit Spuren für die nachfolgenden Jahrgänge bastelten. Als Anfangsausstattung kaufen amerikanische SchülerInnen üblicherweise ein oder zwei so genannte "Boy Scouts Pinewood Derby Car Kits" im lokalen Pfadfindergeschäft. Diese "kits" sind auch im Internet zum Beispiel bei www.maximum-velocity.com/kits.htm#PineCar (order 5421) oder www.bennettsclothing.com/pinewood_derby_supplies.htm bestellbar. Die genannten Firmen liefern auch ins Ausland. Das "kit" enthält nichts anderes als einen Holzquader mit den Abmessungen 7.0 x 1.75 x 1.5 inches (1 in = 2.54 cm) und zwei Einkerbungen für die Radachsen in einem festen Abstand, vier dünne Nägel, die als Achsen für die Räder dienen und vier passende Spielzeugautoräder. Es lässt sich leicht selbst zusammenstellen. Aus Fairnessgründen ist es wichtig, dass alle SchülerInnen mit den gleichen Materialien beginnen.

Für dieses Projekt reichen drei bis vier Unterrichtsstunden. Eine Einheit dient der Vorbesprechung, eine dem Einsammeln und Verstauen der Autos und zwei Einheiten oder eine längere Einheit dem Autorennen in der Klasse. Gegebenenfalls kann das Autorennen auch am Nachmittag nach der Schule veranstaltet werden. Die Gesamtlaufzeit des Projektes sollte mindestens sechs Wochen betragen. Unterdessen läuft der Regelunterricht normal weiter inklusive von Hausübungen und Tests. Während des regulären Unterrichts kann immer wieder auf das laufende Projekt Bezug genommen werden, was die Themen viel interessanter macht.

Die Projektbeschreibung ("Pinewood Derby Car") am Ende dieses Artikels nimmt Bezug auf ein weiteres, hier nicht reproduziertes Blatt Papier ("views-page") mit drei vorgezeichneten Rechtecken, in welches die 1:1-Ansichten (Vorder- und Seitenansicht sowie Grundriss) des geplanten Autos zu zeichnen sind.

Laut Beurteilungsbogen ("Pinewood Grade Sheet") ist es möglich, auch dann ein „Sehr Gut" zu bekommen, wenn man das Rennen nicht gewinnt, da der Wettbewerb nicht im Vordergrund stehen soll. Am meisten zählt die Beschreibung des physikalischen Wissens, dessen beabsichtigte Umsetzung und wie nahe das Auto an die zugelassene Höchstmasse herankommt. Aufgrund der Sonderpunkte ("special mention points") ist es theoretisch möglich, mehr als die maximale Anzahl von 54 Punkten, die für ein „Sehr Gut" ausreichen, zu erhalten. Unphysikalisch freilich ist die Angabe der Masse in Unzen, aber meine amerikanischen SchülerInnen hatten für den Anfang ein besseres „Gefühl" für diese Einheit (1 oz = 28.35g ). Besser wäre es gewesen, sie gleich an SI-Einheiten zu gewöhnen.

In der Vorbesprechung können innerhalb eines Frage-Antwort-Gespräch folgende Hinweise gegeben werden.

**a) Rennbahn:**
Die Spurbreite, die Achsenhöhe und der Achsenabstand müssen eingehalten werden, da ansonsten das Auto auf der Bahn, wenn diese Spuren besitzt, stecken bleiben könnte. Die einzige Energiequelle der Autos ist ihre potentielle Energie am Beginn der Fahrt. Aufgrund von Epot = mgh fährt das Auto am schnellsten, dessen Masse am nächsten den erlaubten 5 oz kommt. Folgende Tafelskizzen geben Informationen über die Rennbahn:

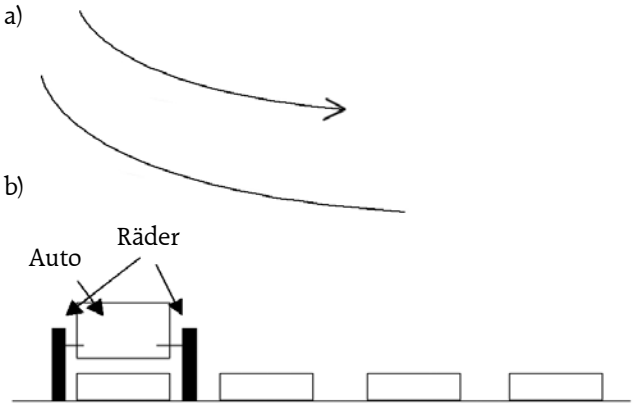



Abb. 1a Seitenansicht der Neigung der Fahrbahn
1b Querschnitt der Rennbahn mit Aufriß eines Autos

In unserem Fall war die Rennbahn insgesamt elf Meter lang und am Startpunkt der Autos 1.2 Meter hoch. Die erste Hälfte der Rennbahn war ziemlich steil, die restlichen sechs Meter dienten dem flachen Auslauf. Am Start ragte auf jeder Spur der Rennbahn ein Nagel heraus, der das jeweilige Auto zurückhielt. Diese Nägel konnten durch rasches Ziehen an einer Schnur gleichzeitig in die Bahn versenkt werden. Die Autos durften daher vorne nicht zu spitz sein, damit sie in der Startposition gehalten werden konnten. Am Tag des Rennens treten jeweils vier Autos gleichzeitig an, und zwar zweimal hintereinander auf verschiedenen Spuren. Die beiden schnellsten Autos steigen jeweils in die nächste Runde auf bis am Ende nur mehr vier Autos und schließlich die beiden Klassenschnellsten gegeneinander antreten.

**b) Aerodynamik:**
Der Luftwiderstand spielt – wenn überhaupt – vermutlich nur unter dem Auto eine nennenswerte Rolle, daher sollte dieses unten möglichst flach und glatt gemacht werden. Wer zur Verringerung des Luftwiderstandes an den Reifen Kotflügel bauen will, muss dazu einen zweiten Holzblock verwenden.

**c) Masse:**
Die Grundbestandteile sollen vor Beginn der Umgestaltung gewogen werden. Achsennägel, Räder und Holzblock des gekauften "kits" wiegen etwa drei Unzen. Die Masse von fünf Unzen darf auf keinen Fall überschritten werden. Um die

Autos bezüglich der Übereinstimmung mit dem abgelieferten Design zu beurteilen, müssen sie ein bis zwei Wochen vor dem eigentlichen Rennen abgesammelt und in der Schule gelagert werden. Je nach Wetter kann sich die im Holz absorbierte Feuchtigkeit durchaus bemerkbar machen. Die Autos sollten deshalb bei der Einreichung etwas weniger wiegen. Die Autos werden am Tag des Wettrennens gewogen. Während des Wiegens dürfen noch Massestücke weggenommen oder hinzugefügt werden. Dies muss aber schnell erfolgen und ist daher praktisch nur mit Hilfe eines Klebebandes möglich.

**d) Reibung:**
Je geringer die Reibung, desto schneller wird das Auto. Man kann z.B. die Nagelköpfe, die die Reifen halten, etwas abschleifen. Es ist außerdem erlaubt, die Reifenbreite zu ändern, doch auch dabei ist Vorsicht geboten: wenn die Reifen zu schmal werden, bleiben sie möglicherweise nicht in der Spurrille. Hüpft das Auto auf die nächste Spur, wird es disqualifiziert.

**e) Energiequelle:**
Nichts auf dem Auto darf sich bewegen außer mit dem Auto mit. Beispielsweise ist es nicht erlaubt, beim Start eine Art Rakete nach hinten abzuschießen und den Rückstoß zu nutzen. In einem solchen Fall würde das Fahrzeug disqualifiziert. Generell ist es nicht erlaubt, dass das Auto während der Fahrt Teile verliert.

Alle Arbeiten sind außerhalb des regulären Physikunterrichtes zu leisten. Die Autos müssen in einer Garage (Plastiksackerl) geparkt abgegeben werden. In den schriftlichen Beschreibungen müssen Gründe und Wege, das Auto schneller zu machen, beschrieben werden. Als Informationsquellen können sowohl Bücher als auch das Internet verwendet werden. Die Erstbeschreibung des Autos sollte bereits zwei Wochen nach der Vorbesprechung des Projektes eingereicht werden, um die SchülerInnen anzuregen, sich frühzeitig Gedanken zu machen und nicht bis zum Schluss zu warten. Die SchülerInnen sollen sich eine Kopie ihrer Erstbeschreibung anfertigen, da sie diese erst am Ende des Projektes zurückerhalten. Das finale Design bzw. die Begründung, warum sich seit dem Erstdesign nichts geändert hat, sollte zwei Tage vor dem Abgabetermin des Autos erbracht werden. Durch die Anforderung zweier schriftlicher Designs wird die Entwicklung und der Fortschritt der Arbeit (Gedankengänge, Einfluss neuer Informationen, Erkenntnisse durch die Arbeit am Auto) im Laufe der Projektdauer festgehalten. Beim ersten schriftlichen Design sollte im wesentlichen das Bemühen beurteilt werden. Zu jedem Thema (Gravitation, Energie- und Energieumwandlung, Aerodynamik, Reibung) sollte mindestens ein Absatz vorhanden sein. Weiters sollten die daraus abgeleiteten Folgerungen klar dargestellt werden: die Position der Gewichte, die Form des Autos und der Reifen, die Funktion der Schmierung – alles nach dem Motto: Teile mir die Geheimnisse Deines Designs mit. Ob die Physik und die gezogenen Schlussfolgerungen aus den physikalischen Grundlagen korrekt sind, sollte noch kaum eine Rolle spielen, wenn die Physik zu dem Zeitpunkt im regulären Unterricht noch nicht vollständig besprochen ist. Das finale schriftliche Design muss jedoch dem tatsächlich abgegebenen Auto entsprechen, insbesondere die Zeichnungen. Eine Alternative zur Abfassung zweier Designs ist, die SchülerInnen ein Projekttagebuch schreiben zu lassen, worin sie jeden Gedanken bzw. jede Handlung bezüglich des Projektes Tag für Tag festhalten.

Am Tag der Rennen werden in allen teilnehmenden Klassen die jeweils beiden schnellsten Autos ermittelt. Am Nachmittag nach der Schule treten die beiden schnellsten Autos jeder Klasse gegeneinander an, womit der Gesamtsieger ermittelt wird. In der amerikanischen Schule wurde für dieses Unterfangen die Rennbahn in den Hof gestellt, so dass SchülerInnen aller Klassen und Jahrgänge dem Spektakel beiwohnen konnten. Viele jüngere SchülerInnen wurden durch dieses Erlebnis motiviert, sich für das kommende Schuljahr zum Physikunterricht wegen des zu erwartenden Spaßes anzumelden.

Von fleißigen SchülerInnen kann die Möglichkeit, Zusatzpunkte durch die Fertigstellung eines zweiten Autos zu erlangen, genutzt werden. Es ist dabei nicht verlangt, dass das zweite Auto auch fahrtüchtig ist. In der Regel wird das Zweitauto phantasievoll und reich dekoriert sein. Hier bietet sich eine Zusammenarbeit mit dem Werkunterricht oder mit Bildnerischer Erziehung an.

## B) Projekt Mausefallenauto (Mousetrap Car)

Themenbereiche: Energie und Energieerhaltung, Mechanik starrer Körper (einfache Maschinen: Wellrad, Hebelwirkung, Drehmoment, Gangschaltung – Übersetzungsfaktor), Reibung, Masse und Gewicht.

**Materialien:** je zwei identische Mausefallen pro SchülerIn.

**Umsetzbarkeit** unter österreichischen Rahmenbedingungen (persönliche Beurteilung): einfach, relativ wenig Aufwand für die Lehrperson. Im Gegensatz zu den anderen beiden Projekten müssen keine zusätzlichen Stunden in der Schule verbracht werden. Da sehr viel Information im Internet abrufbar ist, benötigen die SchülerInnen wenig Begleitung und Ratschlag.

**Beliebtheit** bei meinen amerikanischen SchülerInnen: mittelmäßig. Dies war für sie das schwierigste aller drei Projekte, was möglicherweise damit zu tun hatte, dass es das am strengsten beurteilte war.

**Aufgabenstellung:**
Die SchülerInnen bauen ein Vehikel um eine Mausefalle herum, das die potentielle Energie der Feder der aufgespannten Mausefalle in die kinetische Energie der linearen Bewegung des Vehikels umwandelt. In der Regel wird eine Schnur am Mausefallenhebel befestigt, die mit einer Radachse des Vehikels verbunden ist. Wenn der Hebelarm der Mausefalle entriegelt wird, zieht er an der Schnur, die sich dabei abwickelt, wodurch sich die Räder drehen (siehe Fig. 2).

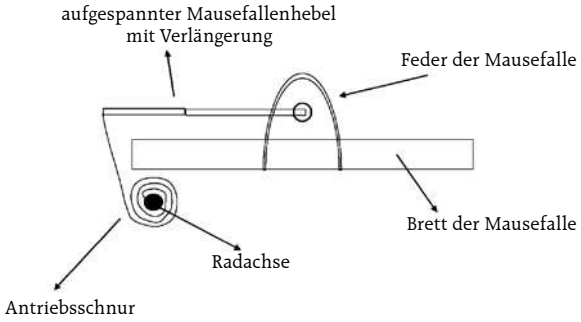



Abb. 2: Grundschema des Mausefallengefährtes

Variablen sind die Masse der Materialien, Reibung und Länge der Schnur, das Ausmaß der Verlängerung des Hebelarms (Arm der Mausefalle), die Größe der Räder, das Verhältnis der Durchmesser von Vorder- und Hinterachse, Form und Durchmesser der Antriebsachse (eine Kegelform reproduziert z.B. bei richtiger Wicklung eine stufenlose Gangschaltung), das Verhältnis der Länge des Hebelarms der Mausefalle zur Achsendicke, der Abstand der Mausefalle von der Achse und die Reibung der Reifen.

In unserem Fall war das Ziel, dass das Vehikel so weit wie möglich fährt. Variationen dazu sind, dass das Gefährt möglichst genau z.B. zwölf Meter weit oder so schnell wie möglich fahren soll. "Mousetrap Car" ist ebenfalls ein verbreitetes "high school"- Physikprojekt. Es gibt viele mehr oder weniger brauchbare Internetseiten dazu. Eine der nützlichsten ist wohl http://www.docfizzix.com/.

Am Beginn des Projektes benötigt man ein bis zwei Unterrichtsstunden für die Vorbesprechung. Die SchülerInnen erhalten dabei die schriftliche Projektbeschreibung und ihren persönlichen Beurteilungsbogen (siehe Anhang). In der Vorbesprechung sollte mit Tafelskizzen (z.B. Fig. 2) bewusst sparsam umgegangen werden, um nicht den potentiellen Ideenreichtum einzuschränken.

Folgende Punkte können zur Sprache kommen:

- Die Mausefalle wird gewöhnlich an einer Plattform befestigt, wobei sie auch unterhalb dieser hängen kann.
- Eine mögliche Variation ist, dass sich das Mausefallengefährt selbst auf eine Rampe hebt, von welcher es dann herunter rollt.
- Das Gefährt muss die Mausefalle mit sich führen. Die Mausefalle darf nicht als Katapult verwendet werden.
- Es ist erlaubt, dass sich das Gerät mit Hilfe einer gespannten Feder von der Wand abstößt. Allerdings muss die Feder durch die Mausefalle gespannt werden. Das gilt auch für die Verwendung gedehnter Gummibänder. Sie dürfen nicht im Vorhinein gedehnt werden, sondern nur durch die Energie der Feder der Mausefalle.
- Bezüglich der zu verwendenden Materialien für das Gefährt gibt es keine Einschränkungen. Es dürfen auch fertige "Kiets" freier Wahl gekauft werden, jedoch werden hiefür sechs Meter von der zurückgelegten Wegstrecke abgezogen.
- Verlangt ist die Konstruktion eines Trigger-Mechanismus. Die gespannte Mausefallenspange darf wegen der Verletzungsgefahr nicht von Hand gelöst werden.
- Die Gefährte können nicht vorher am Ort, wo das Rennen stattfindet (z.B. im Turnsaal), ausprobiert werden.
- Der Kauf zweier gleicher Mausefallen wird nahe gelegt, um eine Falle zum Üben zu haben und zuletzt diese durch eine völlig neue zu ersetzen. Bei jeder Aufspannung der Feder verliert diese an Spannkraft.
- Je besser das Gefährt ist, desto fragiler ist es üblicherweise. Das Gefährt sollte mindestens 15 mal verwendbar sein.
- Sollte die Mausefalle am Tag des Wettbewerbes nach ihrer Fahrt in einer Richtung zurückrollen, bevor sie die gegenüberliegende Wand des Turnsaales erreicht hat, zählt nur der Abstand von der Startlinie zu dem Punkt, wo das Gefährt zuletzt stehen bleibt.

Einige Unterrichtsstunden vor dem Wettbewerb werden die Gefährte in von den SchülerInnen bereitgestellten Garagen (üblicherweise Schachteln) eingesammelt und in der Schule bis zum Rennen aufbewahrt. Während dieser Zeit werden die Konformität des tatsächlichen Vehikels mit der Beschreibung überprüft sowie die Erfüllung der Bedingungen beurteilt. Die finale Beurteilung kann erst nach dem Wettbewerb erfolgen, da der zurückgelegte Weg Teil der Note ist. Zudem erfolgt die Beurteilung „zurückgelegter Weg" relativ zur besten Leistung aller teilnehmenden Klassen. Hier geht es also um echten Wettbewerb. Angeblich soll ein Rekord von ca. 120 Meter am Massachusetts Institute of Technology erzielt worden sein.

Von meinen Klassen legte das Siegerauto in der Schule einen Weg von tot_d = 41.9 Meter zurück. Laut Beurteilungsbogen (siehe "mouse trap grade sheet") erhielten daher alle Mausefallenautos, die zwischen 12 und 15.7 m zurückgelegt hatten, 36 Punkte für die erzielte Wegstrecke. Die 15.7 m ergeben sich aus 12 + (41.9 –12)/8 = 15.7; 38 Punkte erhielten alle Gefährte, die zwischen 15.8 und 19.5 m zurückgelegt hatten usf. Im Nachhinein änderte ich die Beurteilung abweichend zu dem im Anhang gezeigten Beurteilungsbogen noch folgendermaßen, was von den SchülerInnen sehr begrüßt wurde: alle Vehikel, die weniger als zwölf Meter zurückgelegt hatten, erhielten anstatt der angekündigten null Punkte einen Punkt pro zurückgelegte 0.5 Meter. Zusätzlich erhielt jeder, der überhaupt ein Mausefallenauto gebaut und termingerecht abgegeben hatte, grundsätzlich zwölf Grundpunkte, auch wenn sich das Gefährt überhaupt nicht fortbewegt hatte. Damit wurde viel Frustration bei den SchülerInnen abgefangen. Künftig würde ich jedoch keine Punkte für das Zitieren von Internetseiten vergeben, da das für die SchülerInnen relativ wenig Aufwand, für die Lehrperson jedoch sehr mühsam und schwierig zu überprüfen ist. Eventuell könnte man verlangen, dass die verwendeten Internetseiten zitiert werden, um selbst am Stand der verfügbaren Information zu bleiben. Überdenkenswert ist, Schülerleistungen relativ zur besten Leistung (so genanntes und offenbar in den USA übliches "grading on the curve") und nicht absolut zu beurteilen. Die Schülerin mit dem zweiten Platz, teilte mir hinterher mit, sie sei überglücklich, nicht die Siegerin zu sein, da sich sonst die ganze Aggression der anderen gegen sie anstatt gegen den Siegerkameraden gewendet hätte.

## C) Projekt Motor

Das Motorprojekt ist zweifellos mein Lieblingsprojekt unter den drei Beschriebenen.

**Themenbereiche:** Elektrodynamik (Lorentzkraft, Elektromagnetismus, Gleichstrommotor).

**Grundausstattung in der Schule:** Spannungsversorgung.

**Demonstrationsobjekte:** 3 Bretter, 3 rote Papierblätter, 3 grüne Papierblätter, Papierblätter anderer Farbe, langes Seil, langes, dickes Rohr, Schachteln, Eimer, Bürsten (z.B. Schuhbürsten), Klebeband.

**Materialien:** Den SchülerInnen werden keine Materialien zur Verfügung gestellt.

**Umsetzbarkeit** auf österreichische Verhältnisse (persönliche Beurteilung): einfach.

**Beliebtheitsgrad** bei meinen amerikanischen SchülerInnen: sehr hoch.

**Aufgabenstellung:**
Aufgabe der SchülerInnen bei diesem Projekt ist der Bau eines unbelasteten Gleichstrommotors bestehend aus einer Spule, die sich in einem statischen Magnetfeld dreht und nicht angeworfen werden muss und daher einen Kommutator benötigt. Für Phase I des Projektes wird das statische Magnetfeld durch Permanentmagneten, die man im Heimwerkerladen bekommt, geliefert. Für Phase II müssen diese durch zwei Elektromagneten, die an der selben Spannungsversorgung wie die sich drehende Spule hängen, ersetzt werden. Alle Bedingungen sind der Projektbeschreibung "Motor Project" zu entnehmen. Ein Drehstrommotor (Kurzschlussläufer in einem sich ändernden Magnetfeld) ist nicht zugelassen. Die meisten Umsetzungen der Aufgabenstellung durch meine SchülerInnen entsprachen der Skizze in Abb. 3, wobei eine solche Skizze den SchülerInnen nicht zur Verfügung gestellt wurde.

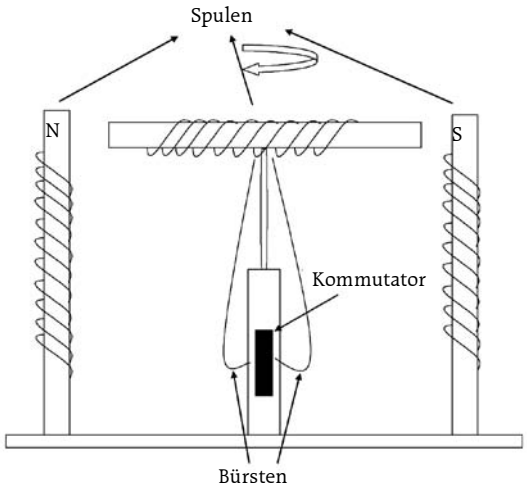



Abb. 3: Schematische Darstellung des Gleichstrommotors

**Projektablauf:**
In der Vorbesprechung wird mit symbolischen Materialien ein Motor vor den Augen der SchülerInnen gebaut. Die beiden statischen Magneten werden durch jeweils ein Brett, an dessen einem Ende ein rotes Blatt Papier mit der Aufschrift N für den Nordpol und an dessen anderem Ende ein grünes Blatt Papier mit der Aufschrift S für den Südpol mit einem Klebestreifen befestigt ist, repräsentiert. Das erlaubt ein schnelles Wechseln der Pole im Laufe einer Umdrehung des beweglichen Magneten, indem einfach die Papierblätter vertauscht werden. Die Batterie kann durch eine Schachtel mit der Aufschrift „+" und „–" dargestellt werden. An den Polen wird jeweils eine Schnur mit Klebeband befestigt. Alle Drähte werden durch Schnüre dargestellt. Der bewegliche Magnet wird durch ein langes, dickes Plastikrohr, um welches vor den SchülerInnen eine Schnur gewickelt wird, symbolisiert. Sobald der bewegliche Elektromagnet an eine Stromversorgung angeschlossen wird, vollzieht er zunächst nur eine Halbdrehung, dann muss sich seine Polung ändern. Wenn er sich weiterdreht, verwickeln sich die Kabel, die zur Stromversorgung führen. Es braucht daher einen Mechanismus, der die Verbindung zu den Polen der Batterie/Stromversorgung nach jeder Halbdrehung tauscht. Die SchülerInnen sind gefordert, Lösungen für dieses Problem zu entwickeln. Die Schnüre an der Batterie bei jeder Halbdrehung zu vertauschen ist kein gangbarer Weg. Die Lösung besteht darin, zwei Metallplättchen (z. B. aus Kupfer) am sich drehenden Ständer anzubringen (Kommutator), womit sich die Polung des beweglichen Magneten bei jeder Umdrehung zweimal ändert. Zusätzlich wird eine schleifende Verbindung der Drahtenden des Drehmagneten zu den Platten des Kommutators benötigt (Bürsten). Im Klassengespräch wird wahrscheinlich innerhalb weniger Minuten von den SchülerInnen das Prinzip eines Kommutators entwickelt. Die Bürsten werden durch tatsächliche Bürsten, die Halbringe durch zwei Papierblätter, die am Ständer des beweglichen Elektromagneten befestigt werden, symbolisiert.

Es ist empfehlenswert, während der Demonstration eine Videokamera statisch im Klassenzimmer aufzustellen und mitfilmen zu lassen. SchülerInnen, die an diesem Tag nicht anwesend sind und fragen, wie sie denn nun das Projekt machen sollen, kann damit ein fester Nachmittagstermin angeboten werden, um sich das Video anzusehen.

Während der Demonstration werden folgende Konzepte wiederholt bzw. entwickelt:

- Ein Elektromagnet kann ein- und ausgeschaltet werden, indem man ihn an eine Stromversorgung anschließt oder davon abhängt.
- Das Magnetfeld einer Spule ist umso stärker, je mehr Windungen sie bei gegebener Länge hat.
- Während des Windens der Spule können mehrere Schichten von Windungen übereinander gelegt werden, solange sich die Drehrichtung des Drahtes nicht ändert.
- Ein Elektromagnet wird stärker, wenn er einen Eisenkern hat.
- Der Elektromagnet, der sich drehen soll, muss so gelagert werden, dass er sich auch drehen kann.

- Die Polungen der beiden statischen Magnete müssen am jeweils gegenüberliegenden Ende gegengleich sein.
- Die Polung eines Elektromagneten kann getauscht werden, indem man die Anschlüsse an der Spannungsversorgung vertauscht.
- Je länger der Kontakt zwischen Bürsten und Kommutatorplättchen bei jeder Umdrehung ist, desto größer ist die benötigte Stromstärke des Motors.
- Eine Leistung von maximal zwölf Watt ist zugelassen, doch Ziel ist es, möglichst wenig Leistung zu brauchen. Tatsächlich sind ein bis zwei Watt realistisch. In Phase II werden alle drei Magneten von der selben Spannungsquelle versorgt und müssen mit der selben Leistung auskommen wie der einzelne Magnet von Phase I.
- Für Phase II ist die benötigte Stromstärke geringer, wenn alle Magneten in Serie an die Stromversorgung angeschlossen sind.
- Je symmetrischer der Drehmagnet ist, desto besser läuft er. Die Distanz beider Enden vom Drehpunkt sollte möglichst gleich sein (vgl. Mausefallenauto: das Verhältnis des Hebelarms zum Durchmesser der Räder und zum Durchmesser der Achse ist entscheidend). Auch die symmetrische Anordnung der Bürsten und des Kommutators ist bedeutend.
- Wenn der Motor zu viel Stromstärke benötigt, können die Isolierungen schmelzen. Zum Testen des Motors zu Hause sollte besser keine Autobatterie verwendet werden, da sie genug Leistung liefert, um Isolierungen aller möglichen Drähte durch zu schmelzen.
- Um die Magnetisierungsrichtung der Magneten zu bestimmen, ist es sinnvoll, sich einen kleinen Kompass zu besorgen. Zur Fehlersuche ist ein Kompass unabdingbar.
- Die Drähte müssen isoliert sein, ansonsten folgt der Strom nicht den Windungen, sondern geht dem kürzesten Weg folgend gerade darüber hinweg.

Die Hauptherausforderungen sind die Einhaltung des ersten Abgabetermins und des oberen Leistungslimits von zwölf Watt. Phase-I kann ausgelassen werden. Es kann auch nur ein Phase-II-Motor eingereicht werden. Der Beurteilungsbogen (siehe "Motor Grading Sheet") ist so angelegt, dass praktisch jeder, der einen Phase-II-Motor abgibt - unabhängig vom Einreichungstermin – die Bestnote erhält. Der Grund dafür liegt in den zusätzlichen Punkten, die für einen geringeren Leistungsverbrauch als zwölf Watt, vergeben werden. Die meisten SchülerInnen bauen einen Motor, der weniger als ein Watt benötigt.

Da bei diesem Projekt im Unterschied zu den anderen beiden die Abgabe nicht an einem bestimmten Tag, sondern über mehrere Wochen hinweg möglich ist, sollten eingereichte Projekte einbehalten und in der Schule aufbewahrt werden, so dass sie nicht nach der positiven Beurteilung an Klassenkameraden weitergegeben werden können.

Wenn ein Motor nicht funktioniert, sollte jeder Schritt der Problemsuche gemeinsam mit der jeweiligen Schülerin oder dem jeweiligen Schüler besprochen werden. Deshalb ist es sinnvoll, die Einreichtermine und feste Zeiten zur gemeinsamen Problembewältigung nach der Schule anzusetzen.

Die Probleme beschränken sich meist auf folgende Schwierigkeiten:

1. Der Stromkreis ist nicht geschlossen oder beinhaltet nicht alle notwendigen Teile. Das kann einfach Stück für Stück mit Taschenlampenbirne und Batterie getestet werden.
2. Die beiden oberen Enden der festen Magnete haben die selbe Polung (z.B. Süd-Süd). Das ist mit einem kleinen Kompass einfach festzustellen.
3. Beide Enden des beweglichen Elektromagneten haben die selbe Polung. Der Grund ist oft, dass sich die Drehrichtung der Windungen des beweglichen Elektromagneten am Angelpunkt ändert.
4. Die Drähte der Elektromagnete sind zu dick, wodurch die Stromstärke zu groß und damit die Leistung zu hoch wird.
5. Die Magnete haben zu wenig Windungen.
6. Die Bürsten sind im falschen Winkel zu den festen Magneten angebracht, so dass der Motor nicht von selbst startet.
7. Am Angelpunkt des beweglichen Magneten ist die Reibung zu groß.

Das Motorprojekt ist ein sehr einfaches und intelligentes Projekt, das den SchülerInnen ermöglicht, die grundlegendsten Prinzipien der Elektrodynamik anzuwenden und zu verstehen.

# Pinewood Derby Car Physics Project

The first of your physics projects is the design and construction of a Pinewood Derby car that rolls down an inclined track.

**This is an individual project, no team-work.**

The first part of this project is the actual design of your car. For this part of the assignment, you should submit a written summary of the following:

1. Design Philosophy: Using your understanding of acceleration of a car down a track due to gravity, the friction of the wheels, and the aerodynamics of the car, explain in a paragraph or so why your car will roll the fastest down the track.
2. How will you design your car so as to incorporate these concepts? Write a paragraph or so on this.
3. Draw three full-size views of your car on the next page. The car must fit inside the boxes drawn provided on the views-page. The view must include the location of any cavities in the car or of any weights added to the car.

You must start with an official Boy Scouts Pinewood Derby car, which you may order through us. You must work with the standard axels, wheels, and wooden block body found

in the kit – no substitutions. You must use four wheels – no tricycle cars. You must retain the wheel spacing built into the kit – no changing the wheelbase or the spacing of the wheels. Your car body must come in front of the front wheels. Your car must weigh no more than 5 ounces.

You can buy two cars – one for parts or whatever. You can also submit two cars. Once again, you must start with an official Boy Scout Pinewood Derby kit - no substitutions. You may lubricate the car with graphite, but only before submitting the car – not on the day of the race.

The cars will be impounded on ..... You can turn them in on the following day, for a considerable deduction of points, but this is the very last day cars will be accepted. The car will be placed in a plastic bag "garage". No changes, and no lubrication, will be allowed once they are submitted.

The in-class races are planned to take place on .....
.....
Date: .....

**Pinewood Grade Sheet**
Acceleration Due to Gravity ($a_g$)

Student Name _____ _____
„first name" „last name"

Period _____

| | | |
|---|---|---|
| Original Description and Design | 15 pts. | |
| Final Description and Design | 15 pts. | |
| Design vs. Actual (or explanation for the difference) | 5 pts. | |
| Weight [oz]<br><br>Actual ____ | 0.0 = 0<br>0.5 = 1<br>1.0 = 2<br>1.5 = 3<br>2.0 = 4<br>2.5 = 5<br>3.0 = 6<br>3.5 = 7<br>4.0 = 8<br>4.5 = 9<br>5.0 = 10 pts. | |
| Appearance: | Paint 1-2 pts.<br>Shaping 1-3 pts.<br>Finish (sanded) 1-2 pts.<br>Weights concealed 1-3 pts. | |
| Place – Bonus Points | 4 pts. max.<br>1st in class: 2 pts<br>2nd in class: 1 pt.<br>final race winner of a classes: 2 pts | |
| Special Mention – Bonus Points | 1. Looks like a ?<br>2. Extra careful detail work<br>3. Used more than one block for one car<br>4. Produced two Vehicles<br>5. Unique design philosophy<br>(1 – 5 pts.) | |
| | **TOTAL 59 pts.** | |

## Mousetrap propelled device project

The purpose of this project is to create a device that will propel itself across the High School gymnasium for a distance of at least twelve meters (12 m). The total source of energy for this propelled device shall be a single 180 degree rotation from the "snapper arm" of a standard mouse trap. This project challenges you to translate the movement of the spring arm into forward movement of the vehicle. You must purchase at least one of the standard mouse traps from the teacher and use it to propel your device. You are encouraged to purchase two.

A second purpose of this project is to encourage students to cover the maximum distance possible which will be rewarded based on the total distance covered by their project. Design originality is also valued. Students are encouraged to choose their own materials and create their own design criteria.

**Regulations:**

- Energy from the mouse trap may be stored in the device and released over time to produce maximum impulse.
- The device must start with a tongue trigger. If the device successfully covers the length of the gym without using all of its stored energy, then the student may lift and turn the device by 180 degrees and allow it to return. In this case the total distance is the total forward progress in both directions.
- If your vehicle cannot go for at least 12 m on the first try, you may have a second try.
- The trap may not be structurally modified to increase the stored energy (everyone must have access to the same amount of energy). The use of stretched rubber bands to store energy is not allowed unless the stretching is provided by the trap. The same applies to the use of springs.
- Students are encouraged to use any and as many sources of mechanical advantage to improve the performance of their devices (i.e. levers, pulleys, gears, lubrication, neutral buoyancy, etc.)
- The path of the device generally needs to be a straight line. The distance covered is measured forward along its path perpendicular to the start line. Should the device reverse itself and return in the opposite direction (the rotation of the wheels changes to the opposite: clockwise to counter-clockwise or vice versa) this distance will be subtracted from the total. Slightly curved paths will be considered straight.
- Gravity may be used to propel the device only if the trap provides the energy to lift the device.
- The spring from the mousetrap cannot be heat treated and cannot be wound more than 180 degrees.
- In order for the distance covered by the device to be counted as "distance covered" the energy source must be transported by and with the device. Therefore, launching something from the mousetrap is illegal.
- All designs must deliver their push or pull:
  1. as a result of triggering the mouse trap (holding

and releasing is not acceptable)
2. without addition of special starting surfaces (push of the floor or the wall), all vehicles must be self-starting
3. a snap in mid-air with no real push is not acceptable

- Once started, the vehicle may not be touched or otherwise influenced until it stops and the distance has been measured. Exception: turning it around at the end of the gym.
- Students purchasing kits must cover an additional distance of 6 meters (total 18 m). The kit has to be mentioned on the design submittal.
- The vehicle cannot, in any way, damage the floor.
- The design submittal should contain a written description of the device, a drawing and explain the physics ideas you try to implement. The written part must be typed. Simple print-outs of web-pages are not acceptable.
- Design conformity between the original submittal and the device executed is important. If the design is modified, a typed written rationale for the change is required.
- Design sources should be cited in a bibliography especially those in print whether they come from the internet or books and magazines. Don't cite search engines. They do not count. Different pages of the same web-site count as one source.
- In order to receive full credit, all project deadlines must be met.
- There is no in-class time provided for working on the vehicles. Therefore, the devices must be completely finished before the physics class of the due date starts. If you still work on the device at the beginning or during that period, your vehicle may be considered as turned in late.
- The student is responsible for providing a portable garage for the vehicle.
- On the day of the competition no tools, equipment, tape, strings, glue or other material may be brought to the gym. Violations of this rule may result in the disqualification of the mouse trap device of the student.
- Instructors have the final say on the allowance of any vehicle.

**Timetable:**
**Design submittal:**
**Device inspection and impound**
**Launch and evaluation in Gym:**

## Mouse Trap Grade Sheet

Student's name _____
"first name" "last name"

Period _____ total score: _____/80

| | criteria | points | comments |
|---|---|---|---|
| largest displacement (tot_d) achieved this year: | | | |
| displacement of your vehicle: _____m<br>use of a kit: - 6 m<br>⇒ displacement: _____m<br>additional meters (see below): _____m | 0 m to 11.99 m | 0 | |
| | 12m to 12m + (tot_d –12)1/8 m | 36 | |
| | to 12m + (tot_d –12) 1/4 m | 38 | |
| | to 12m + (tot_d –12) 3/8 m | 40 | |
| | to 12m + (tot_d –12) 1/2 m | 42 | |
| | to 12m + (tot_d –12) 5/8 m | 44 | |
| | to 12m + ( (tot_d –12) 3/4 m | 46 | |
| | to 12m + ( (tot_d –12) 7/8 m | 48 | |
| | to tot_d meters | 50 | |
| Design (written part) | description of the device and how it is built (must be typed) | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 | |
| | drawings from several views | 1, 2, 3, 4, 5, 6 | |
| | physics: mass, force, energy, impulse (must be typed) | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 | |
| | conformity between submittal and device or typed rationale for the change | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 | |
| additional meters | | **meters:** | |
| (to be added to your achieved meters) | • unique design (not seen this year and the years before) | 2 | |
| | • vehicle comes back from wall by itself | 1 | |
| The gym is about 30 m long. | • web-sides cited : 5 different web-sites<br>10 different web-sites<br>15 different web-sites<br>for each unique web-side (no other student quotes it) | 0.33<br>0.66<br>1<br>0.33 | |

## Motor Project

The purpose of this project is to develop a deeper practical understanding of how an electric motor operates and the electrical and mechanical principles and laws demonstrated by its operation.

The project has several stages to insure success.

a) The first step that must be completed is a written description and drawing of the motor(s) you will build. If you build the two recommended stages [see b) and c)] you must submit a design for each phase.
   The description must contain
   - a list of the materials you will use
   - a description of how you will put the parts together
   - explanations of the physics principles and laws you will rely on to make the motor(s) work (once again: the physics behind it must be described and explained not just mentioned).
   - sketches of your motor from at least two views including the measures in meters or centimeters

b) The second step is to create a motor where the armature moves inside a static magnetic field created by permanent magnets (Phase I motor).

c) The third and final step is to build a motor with the armature moving inside a static magnetic field created by electromagnets (Phase II motor). All electromagnets of the motor have to be connected to the same power source.

**Regulations:**

- This is an individual project, not a group-project.
- The written part must be machine-typed. Handwritten descriptions will not be accepted. It has to be turned in at the beginning of the class on the deadline date. Later work will not be accepted (exception: second day in class after an excused absence on the deadline).
- There is no in-class time provided for working on the project.
- The motor for the purpose of this project will be defined as a device in which the main shaft rotates in a static magnetic field. The rotating shaft will be called the armature and must be connected to a DC power source in order to fulfill the requirements. Induction Motors (a conductor rotates in a changing magnetic field) are not allowable.
- The external magnetic field in which the armature operates may be created using either permanent magnets (Phase I motor) or electromagnets (Phase II motor). The phase I motor can be skipped.
- The maximum amount of power that can be used to sustain the operation of the motor is 12 watts. Neither stage may be operated continuously with the use of more than 12 watts of power nor started with more than 24 watts. The achievement of a minimum of 50 revolutions will be considered as "continuous operation". For the determination of the power the highest readings on the meters will be counted. If your device draws too much power, your next turn-in date is one week later.
- The use of a kit is not a possibility for this project. Kits are not permitted at all!
- You cannot complete this Physics course without turning in at least a working stage I motor which fulfills the above minimum requirements.
- Instructors have the final decision if the device fulfills the requirements and passes on the respective dates.

Timetable:
Explanation of the motor project by Instructor:
Hand-out with regulations:
Design submittal:
Deadline Phase I motor:
Deadline Phase II motor: Further turn-in times are every ..... day after school until ..... p.m.

Motor Grading Sheet

Student's name _____
"first name" "last name"

Period _____ total score: _____ / 100

| | criteria | points | points achieved | comments |
|---|---|---|---|---|
| **A) design** | a) list of materials | 1 | | |
| (must be typed) | b) assembling description | 3 | | |
| deadline: April, 18th | c) physics (magnetism, electromagnetism, Lorentz-force, circuits, resistance of wires, electric power, .....) | 3 | | |
| | d) drawings | 3 | | |
| | two phases built but only one design submitted | minus 3 | | |
| | **total:** | **10** | SUM: | |
| **B) motor phase I** | passes on April 24 | 74 | | |
| | passes on May 1 | 68 | | |
| | passes on May 8 | 64 | | |
| | passes on May 15 | 60 | | |
| | passes on May 22 | 54 | | |
| | additional points for reducing the amount of watts used (to be added) | + 2 pts for each watt | | |
| **C) motor phase II** | passes on April 24 | 100 | | |
| | passes on May 1 | 96 | | |
| | passes on May 8 | 92 | | |
| | passes on May 15 | 88 | | |
| | passes on May 22 | 84 | | |
| | additional points for reducing the amount of watts used (to be added) | + 4 pts for each watt | | |
| | **final points** | | | |

# Pünktlich durch gekämmtes Licht

## Der Physik Nobelpreis 2005

Marianne Peroutka, Kirsten Römer und Wolfram Adlassnig

Der Nobelpreis 2005 ist wieder fest in der Hand der Quantenoptik!

Eine Hälfte des Preises 2005 geht an den US-Amerikaner Roy J. Glauber für seine Pionierarbeit, die Quantenphysik auf optische Phänomene anzuwenden. Die Juroren der Königlichen Schwedischen Akademie der Wissenschaften ehren ihn für seine quantenmechanische Theorie der optischen Kohärenz.

Die andere Hälfte des Preises geht zu gleichen Teilen an den US-Amerikaner John L. Hall und an den Deutschen Theodor W. Hänsch für ihre Entwicklung der auf Lasertechnik basierenden Präzisionsspektroskopie einschließlich der optischen Frequenzkammtechnologie.

### Glauber und die Quantenoptik

Bereits 1963 hat Glauber die kohärenten Zustände des Lichts mathematisch untersucht und dadurch die Basis für die Welle – Teilchen-Beschreibung gelegt.

Glauber hat die Kohärenz des Lichtes, also den Zusammenhang der elektromagnetischen Schwingungen an verschiedenen Orten und/oder zu verschiedenen Zeiten, analysiert, indem er vom Detektionsprozess der Photonen ausging. Man muss demnach berücksichtigen, dass sich der Zustand des Lichtes ändert, sobald ein Photon detektiert wird. Wenn man die Korrelation des Lichtes an $n$ verschiedenen Orten messen will, so müssen in einem Lichtfeld $n$ Photonen absorbiert werden. Eine Korrelation kann auch dann nur bis zur n-ten Ordnung angegeben werden. Eine Errungenschaft von Glauber ist, dass klare Voraussagen über Experimente mit $n$ Photonen gemacht und die Messergebnisse genau interpretiert werden können. Hier stellt sich die Frage: Wie kann ein Photonenstrahl aus voneinander unabhängigen Teilchen ein Interferenzmuster erzeugen? Der Welle-Teilchen-Dualismus kommt in diesem Phänomen deutlich zum Vorschein: Das Transmissionsmuster der elektromagnetischen Energie wird von der klassischen Optik festgelegt. Diese Art der Energieverteilung bildet den Hintergrund für die Photonenverteilung. Es handelt sich um getrennte Teilchen, die aber einem gemeinsamen Pfad folgen, den die Optik beschreibt. Daher kommt der Begriff „Quantenoptik", der die Quantentheorie mit der Optik vereint.

Mag. M. Peroutka, K. Römer und Mag. W. Adlassnig, Fakultät für Lebenswissenschaften der Universität Wien, haben diesen Artikel für das Seminar „Moderne Physik und Schule" erstellt.

## „Gequetschte" Zustände

Die Photonen des thermischen Lichts halten geringere Abstände ein, als bei einer rein statistischen Verteilung zu erwarten wäre. Dieses „Zusammenklumpen" steht mit den Gesetzen der klassischen Optik zunächst im Einklang. Nach E.M. Purcell stützt sich diese Interpretation teilweise auf das klassische Modell, bestätigt aber auch grundsätzlich den Quantencharakter des Lichtes. Im Gegensatz zu klassischem Licht tritt bei ideal kohärenten Laserlicht-Photonen kein Zusammenklumpen auf, d.h. die Photonen meiden einander. Dieses Phänomen wird auch „anti-bunching" genannt und wurde ebenfalls experimentell bestätigt.

Den Zusammenhang zwischen klassischer Optik und Photonen-Optik hat Glauber über die Einführung der kohärenten Zustände, die auch als „Glauber-Zustände" bezeichnet werden, hergestellt. Kohärente Zustände besitzen gleiche Amplitude und gleiche Phase mit einer Heisenbergschen Unschärfe. Durch Minimieren dieser Unschärfe erzeugt man so genannte „gequetschte" Zustände, die mit Glaubers Theorie im Einklang sind. Diese Zustände finden Anwendung bei Präzisionsmessungen wie z.B. den Gravitationswellendetektoren. Glauber lieferte mit seinen mathematischen Theorien die Basis für praktisch alle nachfolgenden Überlegungen in der Quantenoptik und damit auch für die Jahre später folgenden Experimente von Hall und Hänsch.

## Von der Pendeluhr zur optischen Laseruhr

Das Grundprinzip fast aller unserer Instrumente zur Zeitmessung beruht darauf, dass man die Frequenz eines oszillierenden Körpers kennt und durch Abzählen der Schwingungen des Oszillators möglichst genau die verstrichene Zeit abschätzt. Dabei ist es wichtig, störende Einflüsse so gut wie möglich zu minimieren.

Bei den beiden Preisträgern Hall und Hänsch geht es um Präzisionsmessungen der Eigenschwingungen von Atomen, den atomaren Frequenzen. Damit eine Frequenz bestimmt werden kann, muss die Anzahl der Schwingungen in einer bestimmten Zeitspanne ermittelt werden. Umgekehrt kann man durch das Abzählen von Schwingungen die Zeit messen. Der limitierende Faktor bei einer solchen Messung ist die Gleichförmigkeit der Schwingung. Der Fortschritt der letzten 80 Jahre beruht im Prinzip darauf, dass man immer schnellere und präzisere Oszillatoren für die Zeitmessung nutzbar macht.

Pendeluhren schwingen mit etwa 0,5 Hz, Quarzuhren mit 32000 Hz und Atomuhren schließlich mit 9 GHz. Der Gangfehler wurde dadurch von einer Sekunde in hundert Tagen bei der Pendeluhr auf eine Sekunde in 30 Millionen Jahren bei der Atomuhr reduziert. Für eine noch höhere Genauigkeit müsste man einen noch schnelleren Oszillator finden - und den kennt man schon seit über 100 Jahren: sichtbares Licht. Dieses schwingt in einem Frequenzbereich von $10^{15}$ Hz. Aber wie soll man eine Billiarde Schwingungen in einer Sekunde zählen?

Mit elektronischer Unterstützung sind Messungen nur bis zu einem Bereich von $10^{11}$ Hz möglich. Die Lösung ist ein „optisches Getriebe", das die zu messenden sehr hohen Frequenzen in niedrigere zählbare Frequenzen übersetzt.

## Wie fange ich Teilchen?

Als junger Forscher versuchte Hänsch 1972 zusammen mit dem späteren Nobelpreisträger Arthur L. Schawlow Übergänge zwischen dem 1s- und dem 2s-Zustand von Wasserstoff mittels Lasern zu messen. Dabei zeigte es sich, dass die Frequenzstabilität des benutzten Lasers von größter Wichtigkeit ist. Der entscheidende Durchbruch gelang Hänsch aber erst 10 Jahre später in Zusammenarbeit mit Hall. Sie entwickelten ein Verfahren, mit dem sich die Stabilität der in der optischen Spektroskopie verwendeten Laser auf eine Präzision von $10^{-15}$ erhöhen ließ. Damit war auch klar, dass die gängigen Cäsium-Atomuhren, die auf der Basis von Mikrowellen arbeiten, bald durch optische Atomuhren abgelöst werden. Der Trick war die Entwicklung der Frequenzkammoptik. Mit dieser Methode ist es ihnen gelungen, optische Frequenzen mit einer Genauigkeit von $10^{-18}$ stabil zu halten.

## Die Frequenzkammtechnik

In einem Frequenzkammgenerator wird zunächst Licht in Form eines einfarbigen Laserstrahls erzeugt, dessen Frequenz exakt bekannt ist. Dieser wird durch Überlagerung des Laserlichtes mit sich selbst in ein Bündel hunderttausender gleicher Frequenzen aufgespalten, wodurch es zu sehr kurzen Laserpulsen kommt. Das gepulste Licht wird nun mit dem zu messenden Licht überlagert. Wie in der Akustik erreicht man dabei eine Schwebung mit weit geringerer Schwingungszahl. Diese Frequenzen können nun mit den herkömmlichen Abzählmethoden erfasst und auf die ursprüngliche Frequenz zurückgerechnet werden.

Im Prinzip wird also nicht eine absolute Frequenz gemessen, sondern eine Frequenzdifferenz. Statt der Frequenz ω wird der Abstand zu ihrer eigenen Harmonischen 2ω gemessen, was zu 2ω – ω = ω führt. Die Größe dieser so genannten Frequenzlücke ist somit genau die zu messende Frequenz. Die Frequenzlücke befindet sich jedoch noch immer in einem Bereich von einigen $10^{14}$ Hz. Daher muss man zusätzlich das Prinzip der optischen Intervallteilerstufen anwenden, um messbare Ergebnisse zu bekommen: mit zwei Eingangslasern wird in einem nichtlinearen Kristall die Summenfrequenz $\omega_1 + \omega_2$ erzeugt. Zusätzlich wird die zweite Harmonische eines dritten Lasers $2\omega_3$ auf die Summenfrequenz phasenstabilisiert, und es folgt: $2\omega_3 = \omega_1 + \omega_2$. Daraus ist ersichtlich, dass der dritte Laser genau in der Mitte des Frequenzintervalls der ersten beiden oszilliert und somit dieses Intervall in zwei gleiche Teile teilt. Wenn man eine Kette von $n$ solcher Intervallteilerstufen bildet, lässt sich die ursprüngliche Frequenzlücke um einen Faktor $2^n$ reduzieren.

Ein Frequenzkamm besteht aus einer Vielzahl von Moden, kurze Laserpulse unterschiedlicher Intensität, die einen konstanten Abstand und eine feste Phasenbeziehung zu einander haben. Dafür wird ein sehr kurzer Puls erzeugt, der zwischen den Endspiegeln des Laserresonators hin und her läuft. Die Frequenz der einzelnen Moden ergibt sich aus der Umlaufbedingung $2k_nL = n2\pi$ , wobei $L$ die Resonatorlänge und $n$ die Anzahl der Halbwellen einer Mode im Resonator ist. Nimmt man an, dass die Pulseinhüllende $A(t)$ streng periodisch, unabhängig von ihrer Erzeugung und die Pulswiederholungsrate $\omega_r = 2\pi/T$ ist, dann wird $A(t) = A(t+T)$ definiert. Ist dieser Vorgang nicht periodisch, dann lässt sich die Einhüllende durch eine Fourier-Reihe entwickeln:

$$E(t) = A(t)e^{-i\omega_c t} = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} A_n e^{-i(\omega_r n + \omega_c)t}$$

Man erhält als Summe genau die Frequenz $\omega_n = n\omega_r + \omega_c$ und damit den äquidistanten Modenabstand, der die einzige relevante Eigenschaft des Frequenzkammes ist. Die Idee der Herstellung solcher Frequenzkämme existiert bereits seit den 70er Jahren, jedoch scheiterte es bis jetzt an den zu erreichenden Pulsdauern. Die Forschung auf dem Gebiet der Attosekundenlaser erhielt auch entscheidende Impulse durch die Arbeiten von F. Krausz an der TU Wien. Zusammen mit Hänsch ist es ihm gelungen, Attosekundenpulse präzise zu steuern und zu messen – die Geburtsstunde der „Attosekundenphysik". Krausz leitet seit 2003 die Abteilung „Attosekunden- und Hochfeldphysik" am Max Planck Institut in Garching bei München.

## Anwendung und Zukunftsperspektiven

Frequenzkammgeneratoren sind heute um 160000 Euro für die günstigste Ausführung erhältlich. Die Firma MenloSystem, ein Ableger des Entwicklerteams vom Max Planck Institut in Garching, erzeugt und verkauft die patentierten Präzisionsgeräte an Laboratorien der ganzen Welt. Durch die höhere Messgenauigkeit rücken ganz neue Fragestellungen ins Zentrum der Forschung: Sind etwa Naturkonstanten wirklich konstant oder unterliegen sie doch kleinsten zeitlichen Änderungen? Auch die lang gesuchten Gravitationswellen könnten nun messbar werden. Aber die Einsatzbereiche der Frequenzkammtechnik sind nicht auf die Grundlagenforschung beschränkt. Zeitmessung ist auch der kritische Schritt bei der GPS Navigation. Die Landung von Raumsonden auf anderen Planeten war bisher weitgehend Glückssache - optische Laseruhren würden die Kursbestimmung entscheidend optimieren. Aber auch mit kuriosen Effekten ist aufgrund der neu gewonnenen Genauigkeit zu rechnen: Zwei optische Laseruhren würden bereits bei Höhenunterschieden von wenigen cm unterschiedliche Zeiten anzeigen – weil sie die gravitative Zeitdilatation messen könnten.

## Jubiläum im Jahr der Physik

1905 stellte Einstein in den „Annalen der Physik" seine revolutionäre Abhandlung zur Lichtquantenhypothese vor. Den Nobelpreis für diese Theorie bekam er erst 1922 - als Nachtrag zum nicht verliehenen Nobelpreis 1921 - und zwar „für seine Verdienste um die Theoretische Physik und insbesondere für die Entdeckung des Gesetzes für den Photoelektrischen Effekt" – die Lichtquantenhypothese wurde dabei nicht ausdrücklich erwähnt.

Auch 100 Jahre später wandert die mit 1,1 Millionen Euro (10 Millionen Schwedische Kronen) dotierte Auszeichnung noch immer und immer wieder ins Lager der Quantenphysik.

## Literatur:


Alle Informationen und Veröffentlichungen zu den aktuellen und vorangegangenen Nobelpreisträgern sind auf der Homepage der Königlichen Schwedischen Akademie der Wissenschaften abrufbar (www.kva.se).

Advanced information on the Nobel Prize in Physics 2005, 4. October 2005, The Royal Swedish Academy of Sciences, 1-14.

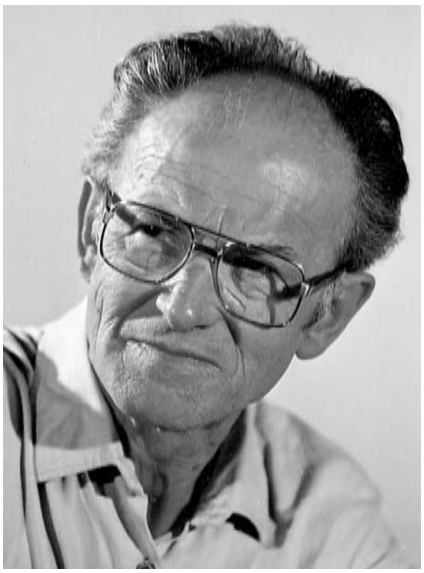
The Nobel Prize in Physics 2005, Supplementary information to press release 4 Oct 2005, 1-7. http://www.nobel.org

Brachner, A., Hartl, G. & C. Sichau (Hrsg.) (2005) Abenteuer der Erkenntnis - Albert Einstein und die Physik des 20. Jahrhunderts, Deutsches Museum, München, 176 S.

Udem T., Reichert, T., Holzwarth, R. & T. Hänsch (1999) Auf dem Weg zur Laser-Uhr, Physik in unserer Zeit, 29 (5), S. 223.

Udem, T., Holzwarth, R. & T. Hänsch (2002): Uhrenvergleich auf der Femtosekundenskala, Physik Journal, 2, 39 – 45.

# Josef Schreiner
# 1923 – 2005



## Lieber Kollege Schreiner!

Ich konnte es nicht glauben, als ich Anfang Dezember die schlicht gehaltene Parte (sie hätte dir gefallen) bekam und so von deinem unerwarteten Tod erfahren habe. Ich wollte es nicht wahrhaben, dass du dich nicht mehr nach meinen Erfahrungen mit dem neuen Bandgenerator erkundigen kannst. Hattest du mir doch noch wenige Tage vor deinem Tod geklagt, dass sämtliche Bandgeneratoren, mit denen du in diesen Tagen gearbeitet hast, nicht so funktionierten wie du wolltest und dies trotz gründlichster Reinigung und Pflege. Ich habe damals bewundert, mit welcher dir eigenen Akribie du sämtliche Fehlerquellen analysiert hast. Ich hätte die Schuld dem feuchten Klima in diesen Tagen gegeben…

Ich habe dich vor vierzig Jahren als Lehrer auf der Universität kennen gelernt und dort wie so viele meiner Kolleginnen und Kollegen in deiner Vorlesung zur „Besonderen Unterrichtslehre" die Systematik erfahren, mit der du stets „Physik betrieben" hast. Ich war bereits damals von den zahlreichen Fotos in deinem Buch begeistert und vor allem später, als ich selbst erfahren habe, welches Können dafür notwendig ist. Ich habe daher mit großer Freude dein Angebot, mit dir alle diese Fotos und Abbildungen auf einer CDROM herauszubringen, angenommen. Ich denke gerne an die vielen gemeinsamen Stunden, wenn es auch für dich bis dahin ungewohnt war, mit einem Partner zu publizieren. An deinem Todestag habe ich wieder eine Bestellung von „PHYSIK in BILDERN", diesmal aus dem Ausland, erhalten.

Mit deinen Lehrbüchern hast du jahrzehntelang Maßstäbe gesetzt. 1964 ist der erste „SCHREINER" erschienen. Heute noch wäre ich froh, würden alle Studierenden im Schulversuchspraktikum den Inhalt deiner Bücher restlos beherrschen und verstehen.

Du warst lange Zeit Obmann der Arbeitsgemeinschaft der Physiklehrer/innen an AHS. Später konnte ich dann als dein Stellvertreter von dir lernen. Deine vielen Experimentalvorträge im RG 19 und die jährlichen Experimentalvorträge im Rahmen der Fortbildungswoche werden allen unvergessen bleiben.

1984 bist du in Pension gegangen, ich habe deine Nachfolge als ARGE-Leiter angetreten, zu arbeiten aber hast du nie aufgehört. Du warst bei nahezu allen Fortbildungsveranstaltungen und Sitzungen dabei. Du hast gelitten – und dies auch in der dir eigenen Art kundgetan – wie ein neuer Lehrplan nach dem anderen die von dir so geschätzte Systematik etwas verändert hat.

Ich erinnere mich an das Fest zu deinem 80. Geburtstag. Du hast uns in voller Frische erzählt, wie du dich nicht nur geistig, sondern auch körperlich fit hältst: Jeden Tag mindestens eine Stunde spazieren gehen im nahen Wienerwald. Du hast aber auch gesagt, dass dies nicht selbstverständlich ist, sondern ein Geschenk Gottes.

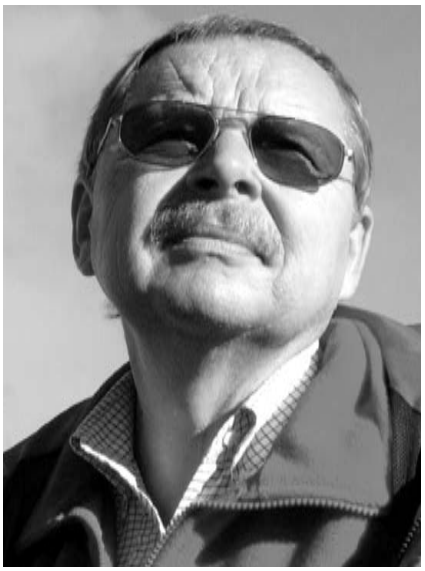
Dein sportliches Wesen habe ich bereits vor vielen Jahren bei einem gemeinsamen Schi-Tourenkurs auf der Planneralm kennen gelernt. Im letzten Jahr hast du festgestellt, jetzt wärest du alt. Auf meine Frage, woran du dies merkst, hast du gemeint: „Beim Eislaufen fühl ich mich jetzt schon etwas unsicher und zwar beim Aufkommen am Eis nach gesprungenen Figuren". Ich war sprachlos…

Ich habe jetzt vierzig Jahre zurück geblättert. Vieles habe ich in dieser Zeit von dir gelernt – und sage zum letzten Mal Servus.

Theodor Duenbostl

Wir trauern um

# Ernst Gunacker



Für 28. Oktober 2005 war die konstituierende Sitzung der Fachgruppe Physik/Chemie des IMST3 Regionalen Netzwerkes Steiermark einberufen worden. Vertreter steirischer Hauptschulen, Höherer Schulen, Pädagogischer Akademien, Fachhochschulen und Universitäten wollten hier über eine zukünftige engere Zusammenarbeit bezüglich Lehramtsaus- und -weiterbildung in den Fächern Physik und Chemie beraten. Als Mitinitiator, starker Befürworter und Gastgeber zeichnete Ernst Gunacker, Professor an der Pädagogischen Akademie der Diözese Graz-Seckau, verantwortlich. Es war für die zahlreich erschienenen Teilnehmerinnen und Teilnehmer nicht fassbar, im Foyer der Akademie ein Foto von Ernst Gunacker mit Trauerflor vorzufinden und wahrnehmen zu müssen, dass Ernst, ein Freund und langjähriger Mitarbeiter der meisten Eingeladenen, an diesem Tage im Alter von nur 55 Jahren verstorben war.

In dieser letzten Aktivität Ernst Gunackers sind jene Attribute enthalten, die sein gesamtes Wirken ausgezeichnet haben: sein stetes Bestreben, die Physikausbildung sowohl für LehrerInnen als auch SchülerInnen zu verbessern. Damit verbunden war seine Offenheit für neue Ideen, immer gefolgt vom Versuch einer konsequenten, aber im höchsten Maß kooperativen und kollegialen Umsetzung. Er war maßgeblich daran beteiligt, dass es in Graz seit 2004 eine gemeinsame Physik- und Chemieausbildung der beiden Pädagogischen Akademien (des Bundes und der Diözese) gibt. Kein anderes Fach schaffte diesen „Sprung über den eigenen Schatten". Kreativität, gepaart mit konzilianter Umsetzung war auch nötig, um den Stundenplan für die mehr als hundert Lehrenden der PÄDAK Eggenberg Jahr für Jahr zur allgemeinen Zufriedenheit zu gestalten. Auch seine Arbeit in der Schulbuchgutachterkommission des Ministeriums seit 1998 war immer durch das Bestreben getragen, Verbesserungen der jeweiligen Schulbücher im Zusammenwirken mit den Autoren zu erreichen.

Ernst Gunacker war Mitarbeiter verschiedenster nationaler und internationaler Kooperationen, wie den Tempus-Projekten „Lehrplanentwicklung zum Thema Umweltschutz" und „Alternative Energien". Die mit Ekkehard Lex durchgeführte, sehr umfangreiche Studie zu Einstellungen von SchülerInnen an Hauptschulen zum Fach Physik/Chemie und zum entsprechenden Unterricht erweckt selbst fast zehn Jahre nach ihrer Veröffentlichung immer noch internationales Interesse. Die Publikation der Ergebnisse einer in Zusammenarbeit mit slowenischen Kollegen erfolgten Untersuchung zu Schülervorstellungen zum Thema „Fliegen" wird allerdings erst posthum erfolgen.

Keine Aufzählung schafft es, den ganzen Menschen Ernst Gunacker zu zeigen: einen von seinen SchülerInnen und StudentInnen geschätzten und geliebten Lehrer, einen Familienmenschen im besten Sinne des Wortes, einen wertvollen Freund. Naturverbundenheit und Glauben verband er in seinen Wallfahrten, mit seiner letzten vollendete er den Pilgerweg nach Santiago de Compostella im Sommer 2005.

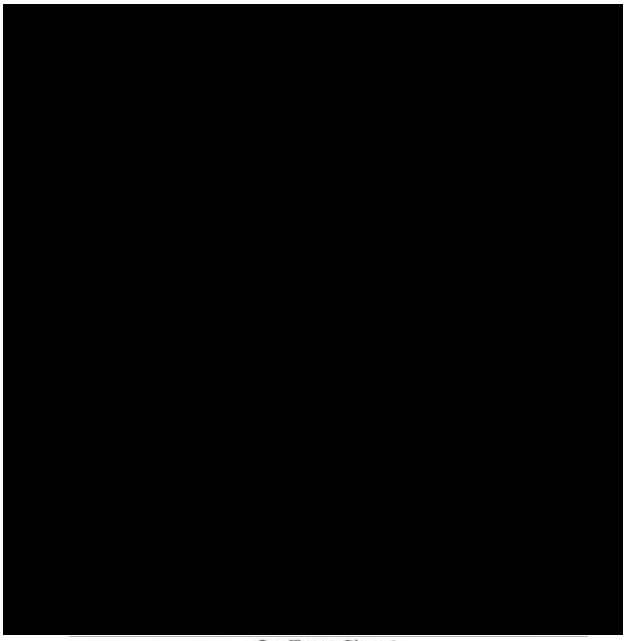
Ernst Gunacker war stets ruhig und bescheiden, bewirkte aber dennoch Nachhaltiges. Die Wertschätzung seiner vielen Freunde und KollegInnen äußert sich in der Organisation des ersten „Ernst-Gunacker-Symposium" am 2. Juni 2006 mit dem Ziel, seine Ideen weiterzutragen.

Leopold Mathelitsch, Erich Reichel

# Werner von Siemens

# 150 Jahre Magnet-Dynamo

Franz Pichler



Dr. Werner Siemens.

## Einleitung

Werner von Siemens (1816- 1892), Gründer der heutigen Siemens AG, gehört zu den bedeutendsten Wissenschaftern und Techniker des 19. Jahrhunderts. Seine Beiträge zur elektrischen Telegraphie, zu den elektrischen Maschinen und zum Telephon sind von außerordentlicher Bedeutung. Er vereinigte in seiner Person einerseits den sorgfältigen exakt arbeitenden Wissenschafter und den innovativen Erfinder, andererseits besaß er auch das Talent, das Firmenimperium Siemens und Halske, das er zusammen mit seinen Brüdern leitete und das internationale Geltung erlangte, aufzubauen. Dieser Aufsatz soll dem 150-jährigen Jubiläum der Erfindung des Doppel-T-Ankers für magnetelektrische Maschinen, die von Werner von Siemens im Jahre 1856 gemacht wurde, gewidmet sein. Mit dieser Erfindung wurde eine wesentliche Verbesserung in der Konstruktion von Dynamomaschinen, vom einfachen Fahrad-Dynamo bis zu den Generatoren unserer heutigen Kraftwerke, erreicht. Bevor wir im einzelnen diese wichtige Erfindung genauer betrachten, sollen jedoch die physikalischen Grundlagen dafür und die Frühgeschichte der Entwicklung der Dynamomaschinen und deren praktische Anwendung kurz beleuchtet werden.

## Physikalische Grundlagen

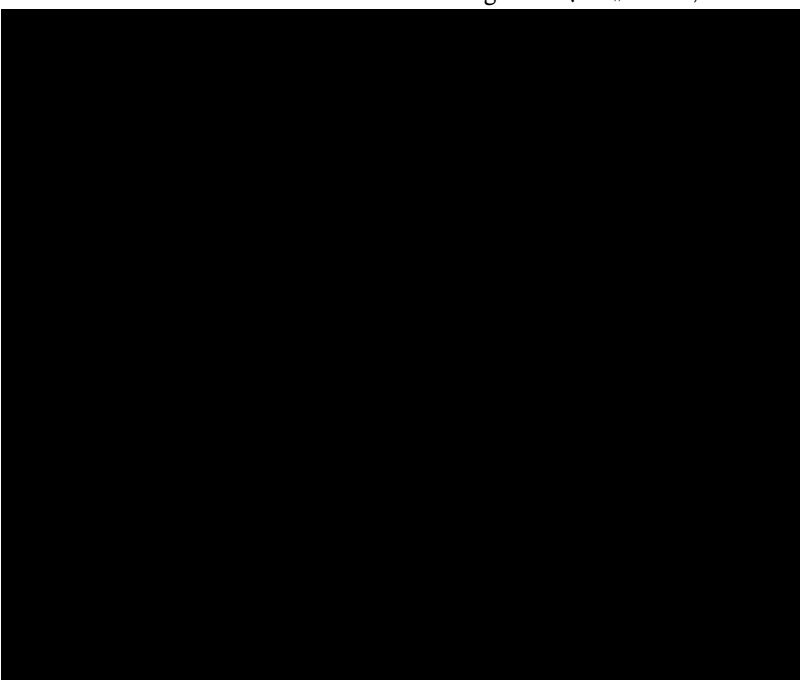
Bereits in alter Zeit hatte man die Erfahrung gemacht, dass Blitze imstande sind, die Pole von Kompassnadeln umzudrehen. Eine Erklärung für dieses Phänomen konnte jedoch nicht gegeben werden. Es war dem dänischen Physiker Hans Christian Oersted vorbehalten, den Effekt, dass ein elektrischer Strom eine Magnetnadel ablenkt, zu entdecken (1820). Wir wissen, dass der französische Mathematiker Andre Marie Ampere die Experimente von Oersted unmittelbar bestätigte und die Resultate erweiterte. Ampere entdeckte, dass zwischen zwei stromführenden Drähten eine Kraftwirkung besteht. Weiter entdeckte Ampere, dass sich eine stromdurchflossene Spule (ein „Solenoid") wie ein Stabmagnet verhält. Einen ganz entscheidenden Fortschritt in der Erforschung der Beziehung zwischen elektrischen Strömen und magnetischen Feldern erzielte jedoch der englische Wissenschafter Michael Faraday im Jahre 1831 mit der Entdeckung des Phänomens der Induktion. Faraday beobachtete, dass der Strom in einer auf einem Eisenring aufgewickelten Spule in einer zweiten Spule dort einen elektrischen Spannungszustand hervorbringt (d.h. diesen „induzierte"). Das Prinzip des „Transformators", damals in Form des Funkeninduktors realisiert und praktisch angewendet, heute als möglichst brummfreier Ringtransformator für Halogenbeleuchtungen in Verwendung, war damit entdeckt. Die für unser Thema hier wichtige Entdeckung Faradays im Jahre 1831 war jedoch, dass ein Dauermagnet, der in einer Drahtspule bewegt wird, dort eine elektrische Spannung erzeugt. Faraday fand auch heraus, dass diese Spannung von der Stärke des Magneten (der Intensität des Magnetfeldes) und der Geschwindigkeit der Bewegung des Magneten abhängt (Induktionsgesetz von Faraday).

Damit war die Möglichkeit eröffnet, mittels mechanischer Arbeit elektrische Energie zu erzeugen, ein Umstand, der bis heute die Grundlage zur Entwicklung der dynamoelektrischen Maschinen (Elektrodynamos, Generatoren) ist. Hier soll noch ergänzt werden, dass Entdeckungen von Oersted, Ampère und Faraday nur dadurch möglich geworden sind, weil um 1820 bereits galvanische Elemente (Entdeckung des galvanischen Elementes durch den Italiener Alessandro Volta im Jahre 1800) genügend starke Ströme zu erzeugen imstande waren. Mit den Reibungsmaschinen, den traditionellen Stromerzeugern der Jahre zuvor, konnte wohl eine sehr hohe Spannung erreicht werden, jedoch nur sehr geringe Ströme. Die von Oersted, Ampère und Faraday beobachteten Effekte konnten also nicht früher entdeckt werden. Die wichtige Beziehung zwischen dem elektrischen Strom in einem elektrischen Leiter und der diesen erzeugenden elektrischen Spannung wurde im Jahre 1826 durch den Kölner Gymnasiallehrer für Physik Georg Simon Ohm entdeckt (Ohmsches Gesetz).

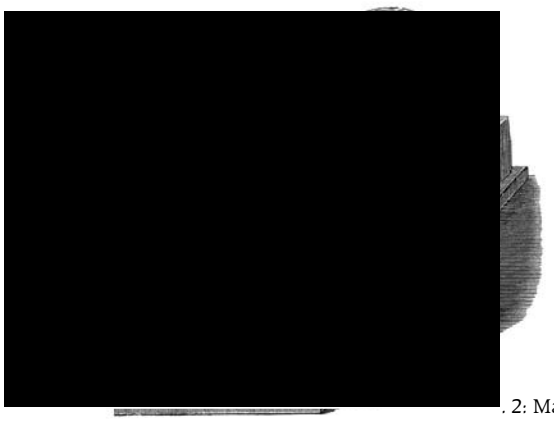
em. o. Univ.-Prof. Dr. Franz Pichler, Systemtheorie und Geschichte der Informationstechnik der Johannes Kepler Universität Linz

## Entwicklung der Magnet-elektrischen Maschinen (Magnet-Dynamos)

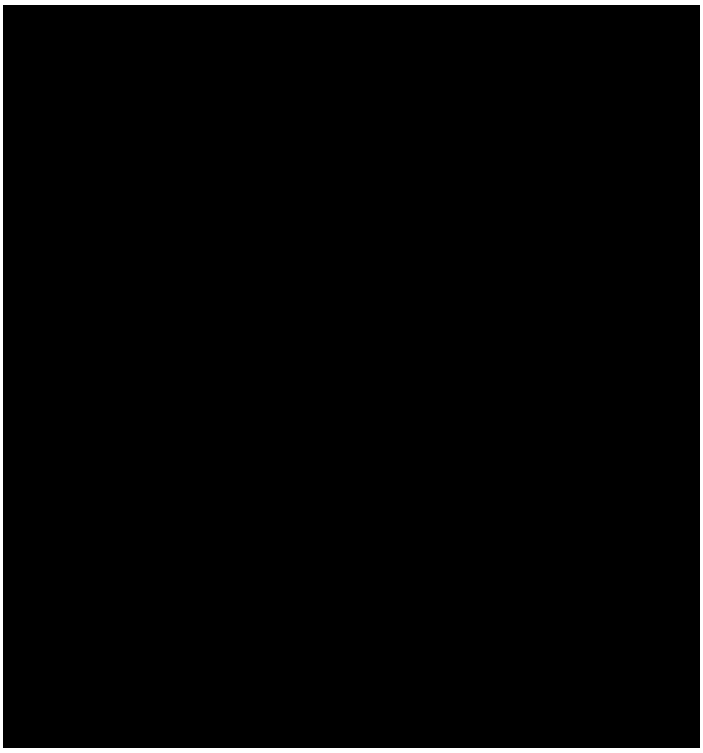
Die Entdeckung des Induktionsgesetzes von Faraday regte sofort Praktiker und Physiker an, Maschinen zur Stromerzeugung zu bauen. Als erste solche Maschine gilt die des Pariser Instrumentenmachers Hippolyte Pixii vom Jahre 1832. Die Pixii-Maschine bestand im wesentlichen aus einem feststehenden Spulenpaar (als „Stator") und einem darunter rotierenden Hufeisenmagneten (als „Rotor").



Die im Jahre 1837 vom Londoner Mechaniker Edward M. Clarke konstruierten Maschine war gerade umgekehrt angeordnet: Ein Spulenpaar rotierte vor dem Spalt eines Hufeisenmagneten. Von ähnlicher Konstruktion war die Maschine von Andreas v. Ettingshausen, Professor für Physik an der Universität Wien, vom Jahre 1837, die als besonders leistungsfähig gegolten hat. Alle diese Maschinen hatten das Ziel, Gleichspannung zu erzeugen, um damit etwa eine Batterie von galvanischen Elementen ersetzen zu können. Dazu musste die davon erzeugte Spannung mittels eines mechanischen rotierenden Schalters, dem „Kommutator", gleichgerichtet werden. Für „Wechselstrom", den man durch Abgreifen mittels Schleifringen einfacher gewinnen kann, hatte man zur damaligen Zeit keine Verwendung.



. 2: Maschine von Clark



## Technischer Einsatz der Magnet-Dynamo

Neben der Verwendung eines Magnet-Dynamos für physikalische Experimente im Unterricht an Schulen und Universitäten waren vor allem medizinische Anwendungen aktuell. Dabei wurde ein Patient entweder mit „Intensitätsstrom" (hohe Spannung) oder mit „Quantitätsstrom" (starker Strom) behandelt. Von Franz Petrina, von 1837 bis 1844 Professor am Lyzeum in Linz, dann als Professor für Physik an der Universität Prag , wurden zwei Maschinen für die Anwendung in der Medizin entworfen und in der Praxis eingesetzt. Eine andere wichtige Anwendung der Magnetinduktion, die ebenfalls sofort ins Auge gefasst wurde, betraf die elektrische Telegraphie.

Während bei den Telegraphie-Systemen nach Morse (Elektromagnet als Empfänger) und Wheatstone (Magnetnadel als Empfänger) mit einem bestimmten Code gebildete Gleichstromimpulse gesendet wurden, konnte mittels Magnet-Dynamos die Technik der Zeigertelegraphen mittels Wechselstromimpulsen verbessert werden. Die Anzahl der Stromstöße, die man durch Drehung eines Spulenpaares vor einem Dauermagneten erzeugen konnte, bestimmten dabei den gesendeten Buchstaben des Alphabets. Zeigertelegraphen dieser Art wurden in Deutschland von Stöhrer für die Telegraphenlinie von Bremen nach Bremerhaven im Jahre 1846 eingerichtet. In England verwendete Professor Wheatstone in seinem „Induktions-Zeigertelegraph" vom Jahre 1858 dieses physikalische Prinzip. Auch der Magnetinduktions-Zeigertelegraph von Werner von Siemens des Jahres 1857, auf den wir bei der Besprechung der Erfindung des Doppel-T-Ankers noch genauer eingehen werden, gehört dazu. Im Gegensatz zur Medizin (die sich erst später auch Therapien mit Wechselstrom zuwandte, besonders solcher mittels hochfrequenter Teslaströme) fand der „Wechselstrom" hier bereits Anwendung. Die einzelnen Telegraphensignale wurden abwechselnd aus positiven und negativen Impulsen, wie diese bei der Drehung der Rotorspulen er-

zeugt werden, gebildet. Diese Art von „polarisierter" Telegraphie erwies sich als äußerst effektiv, da die Übertragungseigenschaften der Leitungen (Freileitungen, Kabel) dafür günstig sind und eine Regeneration der Signale mittels polarisierter Relais sehr gut möglich ist. Sie fand daher auch bei den späteren Telegraphenverbindungen über Seekabel, zum Beispiel bei den Transatlantikkabel (ab 1866 geregelter Telegraphenverkehr zwischen Europa und Amerika) eine Anwendung.

## Großmaschinen mit Magnet-Induktion

Ganz kurz soll noch auf die weitere Entwicklung von Großmaschinen, wie solche für die Galvanoplastik und etwa für die Speisung von Bogenlampen in Leuchttürmen gebraucht wurden, eingegangen werden. Vielfach bestand die Methode zur Entwicklung von magnet-elektrischen Maschinen größerer Leistung darin, dass man die Anzahl der Spulenpaare vergrößerte. Es entstanden die 6-polige Maschine von Stöhrer (1846), die Mehrfachmaschine von Wheatstone (1841) und die Großmaschinen von Holmes (1857) und die der Alliance-Gesellschaft (1866).

Eine andere konstruktive Idee, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, ist in den sogenannten Ringläufer-Maschinen realisiert. Diese Entwicklung führten zu den in der Praxis erfolgreich eingesetzten Dynamos mit Ringanker des belgischen Konstrukteurs Theophile Gramme und zu den Maschinen mit Flachringanker von Schuckert in Nürnberg.

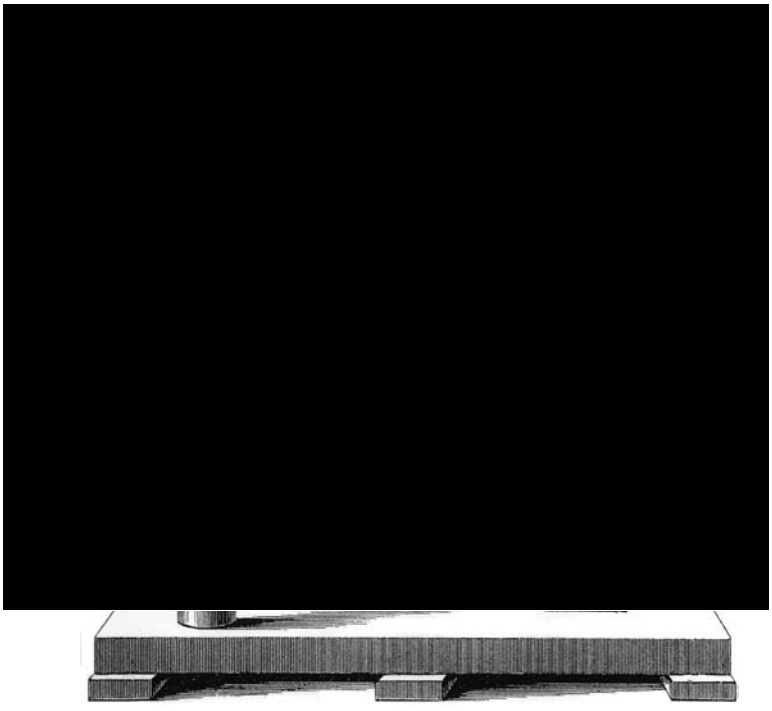


Abb. 4: Die 6-polige Maschine von Stöhrer

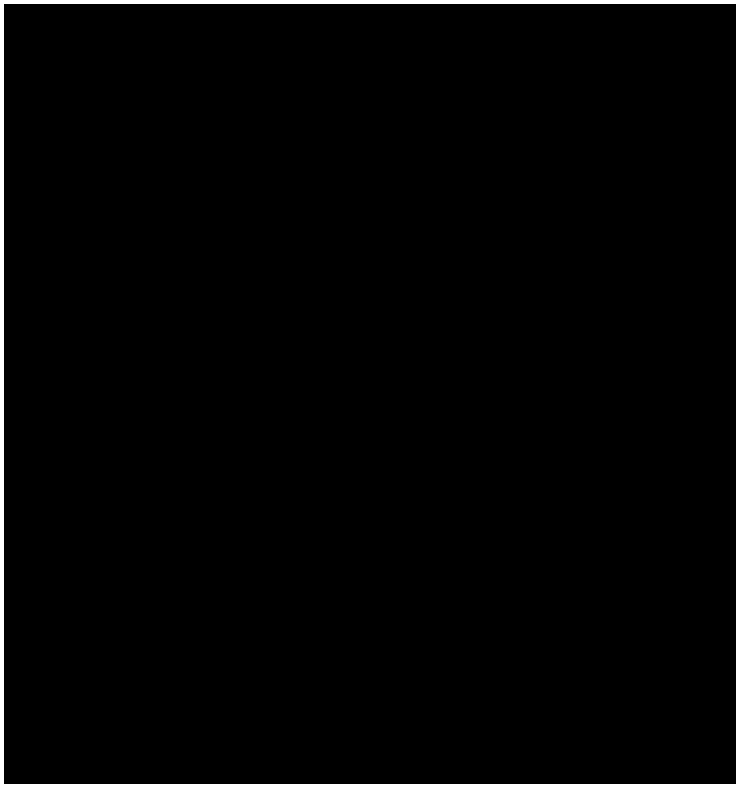


Abb. 5: Die Alliance Maschine

## Der Doppel-T-Anker von Siemens

Die Zeigertelegraphen (auch öfters ABC Telegraphen genannt) waren besonders bei den Eisenbahnen beliebt. Man musste zur Bedienung im Gegensatz zu den Morse-Telegraphen kein Telegraphenalphabet (Morse-Code) beherrschen. Nachdem Werner von Siemens bereits mit seinem Zeigertelegraphen vom Jahre 1846, der mittels Selbstunterbrechung mit einem Wagner´schen Hammer arbeitete, sehr erfolgreich war, setzte er sich im Jahre 1856 die Aufgabe, für die Bayrischen Staatsbahnen einen Zeigertelegraphen auf magnet-elektrischer Basis zu konstruieren. Das im gleichen Jahr erzielte Ergebnis war der bereits vorher erwähnte Magnetinduktions-Zeigertelegraph (kurz auch „Magnetzeiger" genannt). Die konstruktive Neuheit gegenüber den bisherigen magnet-elektrischen Maschinen bestand in der Erfindung des Doppel-T-Ankers. Dieser besteht aus einem Weicheisenzylinder (später zur Verhinderung von Wirbelströmen mit Lamellen ausgeführt) mit zwei gegenüberliegenden Längsnuten so dass sich ein doppel-T förmiger Querschnitt ergibt. In diese Längsnuten ist die Rotorwicklung aufgebracht. Der somit erhaltene „Doppel-T-Anker" ist in seiner ganzen Länge ganz eng von einem Magazin von Stabmagneten umschlossen und ermöglicht so einen starken magnetischen Schluss. Die damit von Werner von Siemens geschaffene „Zylinder Armatur" war gegenüber allen bisher bekannten Konstruktionen von magnet-elektrischen Maschinen neu und stellte konstruktiv eine wesentlicheVerbesserung dar. Das dabei verwendete Prinzip wurde später auch in dem von Hefner von Alteneck konstruierten Trommelanker für Großmaschinen von Siemens & Halske verwendet. Auch die berühmten Dynamos von Edison machten davon Gebrauch. In der heutigen Zeit sind z.B. die Licht-

maschinen der Autos immer noch mit Trommelanker, im wesentlichen also mit einer „Zylinder Armatur" von Werner von Siemens, ausgestattet.

Abb. 6: Prinzip des Doppel-T-Ankers

Abb. 7: Magnet-Dynamo von Siemens

## Anwendung von Dynamos mit Doppel-T-Anker

Zum Abschluss sollen noch einige Anwendungen des Doppel-T-Ankers, die unmittelbar auf dessen Erfindung vor nunmehr 150 Jahren erfolgten, kurz besprochen werden. Die bereits erwähnten damit konstruierten Zeigertelegraphen (Magnetzeiger)wurden von Siemens & Halske von 1857 bis 1890 in verschiedenen Ausführungsformen erzeugt und an die Bayrischen Staatsbahnen und an das Ausland geliefert. Der Magnet-Dynamo von Siemens und Halske fand darüber hinaus als „Läute-Induktor" für Eisenbahn-Signale und auch zur elektrischen Minenzündung im Bergbau und beim Militär Anwendung. Eine weitere Anwendung in der Telegraphie bot die Errichtung der Indo-Europäischen Telegraphenlinie von London (über Russland, den Kaukasus und Persien) nach Kalkutta, die im Jahre 1870 fertiggestellt wurde und bis zum Jahre 1931 in Betrieb war. Während die Fa. Siemens Brothers, London (geführt von Sir William Siemens, Bruder von Werner von Siemens) für den Leitungsbau verantwortlich zeichnete, war die Ausstattung mit entsprechenden Apparaten der Firma Siemens & Halske, Berlin (mit Werner von Siemens als Chefkonstrukteur) aufgetragen. Es wurde Morse-Telegraphie dafür eingesetzt, wobei der Beginn und das Ende eines Punktes oder Striches (als elementare Bestandteile der Morsezeichen) jeweils durch einen positiven bzw. negativen Stromimpuls gekennzeichnet wurde. Neben einer manuellen Erzeugung der Morsesignale durch eine Magnet-Induktionstaste verwendete Werner von Siemens auch die Speicherung von Telegrammen mittels Lochstreifen, die mittels eines Magnet-Induktors mit Doppel-T-Anker rasch gesendet werden konnten. Schließlich soll noch erwähnt werden, dass auch die erste Dynamomaschine von Werner von Siemens, die auf dem dynamoelektrischen Prinzip (Werner von Siemens 1866, Wheatstone 1866) beruhte und die heute im Original im Deutschen Museum in München bewundert werden kann, mit dem Doppel-T-Anker ausgestattet wurde.

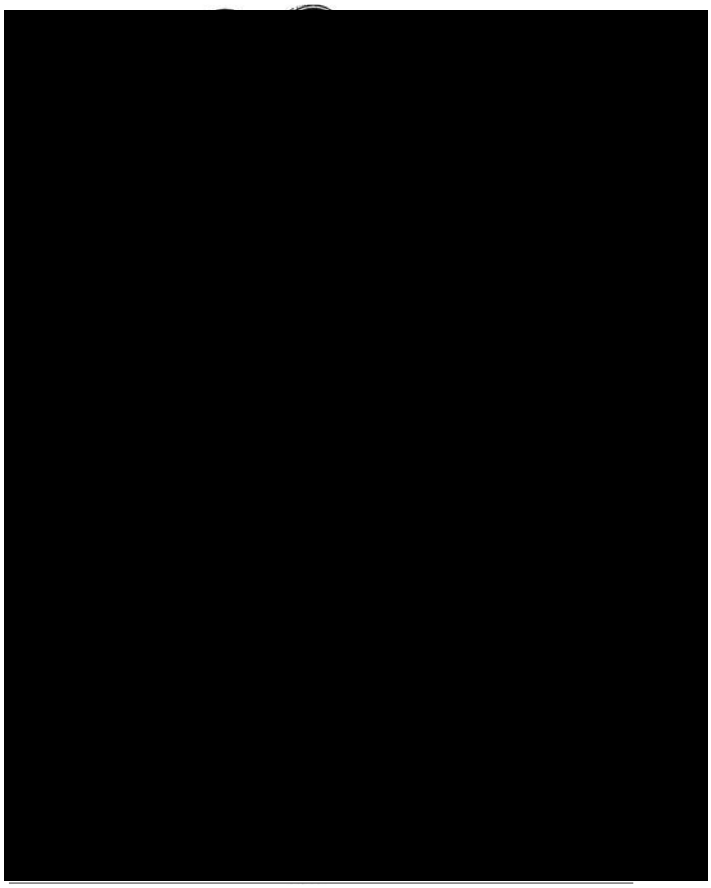
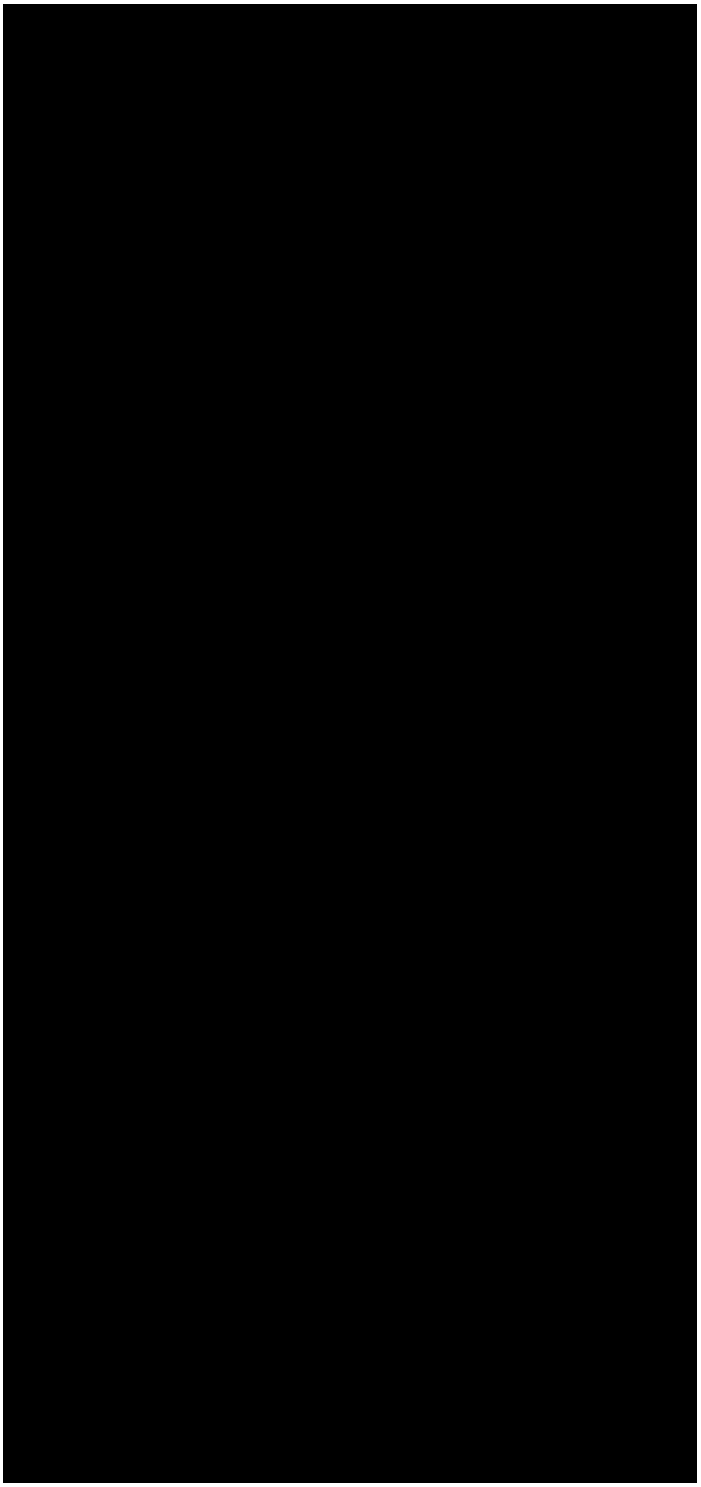


Abb. 8: Magnetzeiger von Siemens



## Literaturhinweise


Otto Mahr: Die Entstehung der Dynamomaschine. In: Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik (VDE Verlag Berlin) Fünfter Band, Verlag von Julius Springer, Berlin 1941.

Werner von Siemens: Patentgesuch auf einen neuen magneto-elektrischen Zeigertelegraphen - Erste Anwendung des Doppel-T-Ankers (Siemens armature), 6. Juni 1856. In: Werner Siemens: Wissenschaftliche und Technische Arbeiten. Zweiter Band.

Technische Arbeiten, 2. Auflage, Berlin, Verlag von Julius Springer, 1891, Seite 108-113.

Werner von Siemens: Das für die Indo-Europäische Linie bestimmte automatische Telegraphen-System. 1967. In: Werner Siemens: Wissenschaftliche und Technische Arbeiten. Zweiter Band. Technische Arbeiten, 2. Auflage, Berlin, Verlag von Julius Springer, 1891, Seite 260-275.

Dr. Alfred Ritter von Urbanitzky: Die Elektricität im Dienste der Menschheit. Hartleben´s Verlag Wien, 1885.

Th. Karras: Geschichte der Telegraphie. Vieweg und Sohn, Braunschweig 1909

Franz Pichler: Franz A. Petrina's Magnet-elektrische Maschinen in Linz und in Prag in: 1933 CIRCULI 2003 (ed. Jana Nekvasilovà ), Prague Studies in the History of Science and Technology, New Series, Vol. 7, Prague 2003, Seite 231-238.

# Junge Physikbotschafter in Taipei

## 30. Dezember 2005 – 4. Jänner 2006

Ulrike Regner

### Einladung nach Taipei

Nach der erfolgreichen Teilnahme an der von der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft (ÖPG) veranstalteten Talentesuche, bei welcher verschiedenste Aufgaben in Zusammenhang mit Physik zu erfüllen waren, wurden ca. 30 junge Menschen im Juni 2005 nach Baden bei Wien zu einem dreitägigen Talentecamp eingeladen. Von diesen Schülern wurden dann sieben als erste junge Physikbotschafter Österreichs ausgezeichnet.

Die Freundschaften, die wir älteren Teilnehmer dabei geknüpft hatten, konnten wir im September bei der Jahrestagung der ÖPG in Wien weiter intensivieren.

Über Silvester wurden die Physikbotschafter aller teilnehmenden Länder nach Taipei, Hauptstadt von Taiwan, zu einem internationalen Symposium eingeladen. Da dieses selbstverständlich in englischer Sprache abgehalten wurde, durften statt der jüngeren Physikbotschafter alle älteren Teilnehmer des Talentecamps mitfahren.

Teilgenommen haben: Katharina Grafinger und Christina Kröß, Ursulinen Innsbruck, Thomas Maier, BRG Wörgl, Bernhardt Pauger, Sacré-Coeur Graz, Paul Wedrich, BRG9 Wien und Ulrike Regner, Ursulinen Salzburg Die Leitung übernahm Dr. Sonja Draxler, Karl-Franzens-Universität Graz

Der Flug wurde dank intensiver Bemühungen aller Teilnehmer durch Sponsorengelder von verschiedensten Seiten unterstützt und konnte so finanziert werden.

Vorbereitungen für die Präsentationen in Taipei, liefen größtenteils über Internet und Telefon; kurz vor Weihnachten war dann alles unter Dach und Fach und am 29. 12. trafen wir uns vormittags am Flughafen Wien. Der Flug mit Zwischenlandung in Bangkok verlief angenehm und so kamen wir am 30. 12. in Taipei an. Unser Hotel lag etwas außerhalb der Stadt in der Nähe der Tamkang-Universität, die das Symposium beherbergte. Da das Programm erst am folgenden Tag begann, nutzten wir den ersten Nachmittag, um uns mit dem Hotel, der Umgebung und anderen Teilnehmern vertraut zu machen.

Ulrike Regner maturierte 2006 am priv. Gymnasium, Ursulinen, Salzburg

Tamkang University

### Das Symposium

Am nächsten Morgen wurde das Symposium mit einer Opening Ceremony eröffnet, gleich darauf hielt Prof. Osheroff den ersten Vortrag: Er sprach über die besten Strategien, um als Experimentalphysiker wissenschaftlichen Fortschritt zu erreichen.

Am Nachmittag warteten viele lustige Experimente vor allem auf die jüngeren Teilnehmer, doch unter dem Motto „Physics is fun" hatten dann auch wir Älteren viel Spaß mit den physikalischen Spielereien.

Physics is fun - Experimente

Nach einem weiteren Vortrag (Prof. Yeh) hörten wir am Abend ein traditionelles chinesisches Konzert, bei dem ver-

Improvisierte Silvesterfeier

schiedene chinesische Instrumente und Volkslieder vorgestellt wurden. Dieser Abend war für uns Europäer ein Anlass zu feiern, schließlich war Silvester und wir wollten zumindest auf das neue Jahr anstoßen. Bei dieser eher ungewöhnlichen sehr internationalen Silvesterfeier wurden erste Bekanntschaften zu beginnenden Freundschaften, auch wenn das chinesische Neujahr erst ca. ein Monat später gefeiert wird.

## Posterpräsentationen

Der nächste Tag wurde den Posterpräsentationen der einzelnen Länder gewidmet; es war wirklich interessant, die einzelnen Arbeiten der verschiedenen Länder kennen zu lernen und dabei einen Einblick in den Physikunterricht und den Stellenwert der Physik in den verschiedenen Kulturen zu bekommen.

Posterpräsentationen

Prof. Gates

Zwischendurch hörten wir zwei weitere Vorträge. Prof. Gates sprach unter dem viel sagenden Titel „How to become the Einstein of Superstring Theory" und über Supraleitung. Am Abend hörten wir ein weiteres Konzert, diesmal im westlichen Stil: romantische Klaviermusik, interpretiert von dem Physiker Ian Hobson.

## Ausflüge und Besichtigungen

Am dritten Tag der Veranstaltung machten wir zum Ausgleich einen Ausflug ans Meer, wo die beeindruckenden Felsformen als Kulisse für unzählige Erinnerungsfotos dienten. Später besichtigten wir eine weitere Universität, die National Taiwan University, wo uns die alten Räumlichkeiten und Geräte der Physik gezeigt wurden. Außerdem wurden uns einige Experimente und Präsentationen gezeigt. Nach dem Besuch des höchsten Gebäudes der Welt, dem Taipei 101 Tower, wurden wir am Abend im Rahmen eines Banketts vom Bürgermeister der Stadt empfangen.

Doppler Effekt in der National University

Der nächste Tag stand im Zeichen der lokalen Kultur: Vormittags besichtigten wir das National Palace Museum, nachmittags besuchten wir eine Schule, wo uns verschiedene Experimente präsentiert wurden. Zwei Schüler sowie die Leiter jedes Landes waren stattdessen zu einem Empfang beim Außenminister geladen. Anschließend wurde uns im Außenministerum die klassische sowie die moderne Form der Kalligraphie von Hand und mit Computer vorgeführt. Dieser letzte Abend wurde von den Teilnehmern gestaltet, indem jedes Land kurz präsentiert wurde.

Austria meets Argentina

Wir österreichischen Mädels schlüpften in unsere Dirndl und erzählten kurz über unser Land.

Abgeschlossen wurde das Symposium mit der Awarding and Closing Ceremony am 4.1. Dabei bekamen alle Teilnehmer Medaillen verliehen.

Der Abschied fiel wohl allen schwer, wir Österreicher hatten vor allem mit den Schweizern, den Argentiniern, den Kamerunern und einigen Taiwanesen gute Freundschaften geschlossen und versprachen uns gegenseitig, uns irgendwann alle als Physiker auf weiteren internationalen Konferenzen und spätestens bei gegebenem Anlass in Stockholm wieder zu sehen.

Die Heimreise verlief ebenfalls angenehm, voller neuer Erfahrungen und verbunden durch viele prägende gemeinsame Erlebnisse fühlen wir uns wieder einmal mehr in unserem Wunsch bestätigt, Physiker werden zu wollen.

# Ausstellung zum 100. Todestag

# Ludwig Boltzmann in Graz

## Aula der Karl-Franzens-Universität, 8010 Graz, Universitätsplatz 3

## 18. bis 28. September 9:00 bis 18:00 Eintritt frei

*„Wir Österreicher sind doch sonderbare Leute. Wenn einer von uns etwas Großes leistet, so genieren wir uns förmlich, wir getrauen uns gar nicht recht, es öffentlich zu sagen."*

Dieses Zitat bezieht sich zwar nicht auf Boltzmann selbst, sondern auf Josef Loschmidt (Rede anlässlich der Enthüllung einer Loschmidt-Büste im Arkadenhof der Wiener Universität 1899 - E Broda: Ludwig Boltzmann. Wien 1955, S. 7). Boltzmann war zweifellos einer, der Großes geleistet hat, und das soll auch öffentlich gesagt werden.

Im Rahmen der 56. Jahrestagung der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft wird in Graz eine Ausstellung über Boltzmanns Leben und Werk eröffnet.

Boltzmann war zweimal in Graz (1869-73 und 1876-90), viele seiner grundlegenden Arbeiten entstanden in diesen produktiven Jahren. Da er auch ein hervorragender Experimentator war, werden in der Ausstellung einige der von ihm konzipierten Geräte gezeigt und bei der Eröffnung vorgeführt. Der hier abgebildete Apparat stammt zwar nicht von Boltzmann selbst, sondern wurde ihm anlässlich seines 60. Geburtstages 1904 von Leopold Pfaundler gewidmet. Aber er zeigt in konzentrierter Weise einige der wesentlichen Ideen Boltzmanns.

Boltzmann verwendete häufig mechanische Modelle, um Phänomene zu veranschaulichen bzw. auf einer anderen Ebene zu verstehen. Dieses Gerät stellt ein Modell für ein Gas in einem geschlossenen Raum dar. Den Gasatomen entsprechen Stahlkugeln auf einer Spiegelplatte, auch die Wände bestehen aus (schwingungsfähigen) Stahlkugeln. Hier zeigt sich uns der Atomist Boltzmann.

Zeigen lassen sich verschiedene Phänomene wie: Allmähliche Erwärmung eines Gases durch die Gefäßwände, Kondensation, oder Diffusion zweier Gase. Die sich hier schon mit wenigen „Molekeln" ergebenden Verteilungen veranschaulichen den fundamentalen Zusammenhang zwischen der Wahrscheinlichkeit des Makrozustandes mit der Zahl der Möglichkeiten der Mikrozustände – Entropie und statistische Mechanik.

Gerhard Rath

## ERÖFFNUNG

**Montag, 18. September 2006, 16:00 Uhr**

**Aula der Karl-Franzens-Universität Graz**

**Magnifizenz Univ.-Prof. Dr. A. GUTSCHELHOFER**
Rektor der Karl-Franzens-Universität

**Univ.-Prof. Dr. W. ERNST**
Institut für Experimentalphysik, Technische Universität Graz
Tagungsleiter der 56. Jahrestagung der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft

**Univ.-Prof. Dr. W. HÖFLECHNER**
Institut für Geschichte und Zentrum für Wissenschaftsgeschichte
Karl-Franzens-Universität Graz

**anschließend im Hörsaal des Instituts für Physik**

**Ilse FASOL-BOLTZMANN**
„Ludwig Boltzmann" (Vortrag)

**Em. Univ.-Prof. Dr. H. MITTER, Univ.-Prof. Dr. H. KRENN, Dr. K. RUMPF, Ao. Univ.-Prof. Dr. W. HOHENAU**
Experimente Boltzmanns in Graz – eine Auswahl

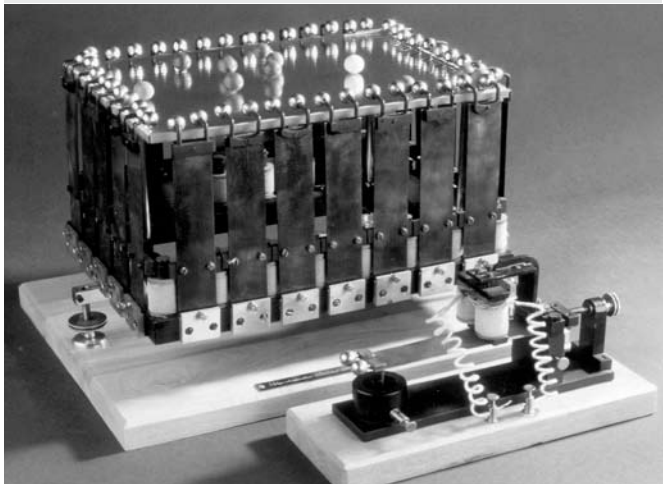
*Bustransfer*

**18:30 Uhr**

**Hörsaal P2 der Technischen Universität, Graz, Petersgasse 16**

**Dr. P. M. SCHUSTER**
Lesung zu Boltzmanns Lehrern Josef Stefan und Josef Loschmidt

**Univ.-Prof. Dr. W. KUTSCHERA**
Ludwig Boltzmann (Öffentlicher Vortrag)



Modell zur Darstellung der kinetischen Gastheorie nach August Krönig und Rudolf Clausius. Hergestellt in der Werkstätte des Physikalischen Instituts unter Leopold Pfaundler, 1903.
Foto: A. Hohenester

# IMST Tagung

## 20. bis 23. September 2006

20. September 2006: Startup-Tag 2006 für MNI-Projekte
21. September 2006: Innovationstag 2006
22. September 2006: Fachdidaktiktag 2006
23. September 2006: Symposium 2006

**Ort:** Universität Wien, Fakultät für Lebenswissenschaften – Fakultätszentrum, Althanstraße 14, 1090 Wien

**Anmeldung für die Teilnahme:** 15. Sept. 2006 12:00 Uhr über Website http://imst.uni-klu.ac.at/tagung2006/

## Innovationstag – Programm

**Donnerstag, 21. September 2006**

09:00 – 09:15 Einstieg
09:15 – 09:45 Begrüßung, Eröffnung der Tagung
09:45 – 10:30 Hauptvortrag von Yves BEERNAERT (Belgien): „Comparing Good Practices in Science Teaching in Europe. Results of the GRID Socrates Project"
10:30 – 12:30 Postersession „Ideenmarkt" (inkl. Kaffeepause)
14:00 – 15:45 Präsentationen-Session 1 und 2 (15 Präsentationen)
16:00 – 16:45 Hauptvortrag von Walter HÖDL (Universität Wien): „Von der Hörsaal-Leh(e)re zur community education - Freilanddidaktik in Biologie & Umweltkunde"

## Fachdidaktiktag

**Freitag, 22. September 2006**

Der Fachdidaktiktag dient dem Austausch mit Vertreter/innen aus den verschiedenen Lehrer/innenbildungsinstitutionen inkl. Arbeitsgemeinschaftleiter/innen innerhalb der elf Fachgruppen. Es beteiligen sich daran: Biologie und Umweltkunde, Chemie, Darstellende Geometrie und Geometrisch Zeichnen, Geographie und Wirtschaftskunde, Haushaltsökonomie und Ernährung, Informatik, Mathematik, Physik, Sachunterricht Grundschule, Mathematik Grundschule und Technisches Werken. Es geht auch um gegenseitige Information und Vernetzung unter den Fachdidaktiken.

## Symposium Standards

**Samstag, 23. September 2006**

08.00 – 09.00 Registrierung
09:00 – 09:15 Begrüßung, Eröffnung des Symposiums
09:15 – 09:45 Vortrag von Josef LUCYSHYN: „Bildungsstandards in Österreich: Strategien und Stand der Entwicklung"
09:45 – 10:15 Vortrag von Norbert MARITZEN: „Standards im Rahmen eines nationalen Bildungsmonitorings – Die Entwicklung in Deutschland"
10:45 – 12:15 5 parallele Arbeitsgruppen:
1. Andreas Helmke: Einführung verbindlicher standardbasierter Unterrichts- und Schulentwicklung: Ziele, Erfahrungen, Wirkungen
2. Hermann Astleitner: Grundlagen aufgabenorientierten Unterrichtens
3. Ferdinand Eder: Standardorientierte Diagnostik: Was nützen Tests für die individuelle Lernstandsdiagnostik?
4. Götz Bieber: Standards: Was müssen Fortbildungsinstitute oder Fortbildner/innen lernen?
5. Werner Peschek: Was sind Kompetenzen und Kompetenzmodelle? Beispiel Mathematik.

14:00 – 16:00 Weiterarbeit in den Arbeitsgruppen
16:20 – 17:30 Sammeln der Ergebnisse, Tagungsresümee, Abschluss

Weitere Informationen: http://imst.uni-klu.ac.at/tagung2006

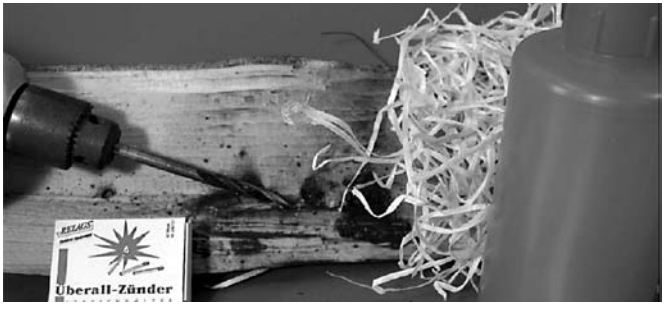
# Freihandexperimente

## Bohrende Hitze

Werner Rentzsch

**Material:** Bohrmaschine, Bohrer (stumpf), Holzscheit, Holzwolle, Draht, Schere, Spatel, „Überallzünder", Phosphor (rot), „Stopfnagel", Benzin, Schutzhandschuhe, Schutzbrille, Blechunterlage

**Vorbereitung:** Bohre in einem Abstand von ca. 3 cm zwei etwa 1 cm tiefe Löcher in einem Winkel von ca. 45° in ein Holzscheit. Fixiere knapp hinter den Löchern etwas Holzwolle mit einem Stück Draht.




In das näher bei der Holzwolle liegende Loch gibst du 3 Zündholzköpfchen, ein kleines Stück Reibfläche und eine Spatelspitze roten Phosphor. Es soll nicht zu erkennen sein, dass das Loch „präpariert" ist. Vor dem Beginn des Versuches tränkst du die Holzwolle mit Benzin – dabei darf kein Benzin in das Bohrloch dringen.

Du bohrst so lange im nicht präparierten Bohrloch bis das Holz zu rauchen beginnt. Jetzt wechselst du unauffällig in das andere Loch.

**Ergebnis:** Durch die Reibung entzünden sich die Zündholzköpfchen und der rote Phosphor. Unmittelbar darauf brennt das Benzin und die Holzwolle.

**Vorsicht:** Schutzhandschuhe und Schutzbrille verwenden. Kleine Phosphorstückchen können weggeschleudert werden – daher Abstand zu Zuschauern halten. Mit einem „Löschtuch" werden die Flammen erstickt. Zum Löschen Handschuhe tragen. Auch nach dem Löschen können Phosphorreste weiter brennen – **Vorsicht!**

Bezugsquelle Relags Überallzünder: www.outdoorweltshop.de

# Carbonatnachweis in Kalktafelkreide

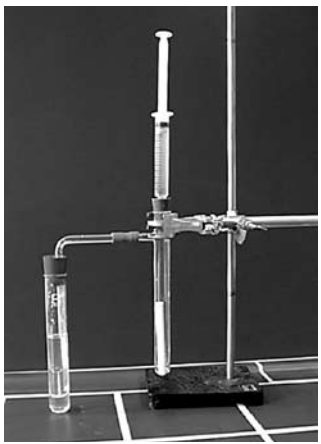
## Herbert Klinglmair

- Eine mit ca. 10 ml Speiseessig gefüllte Einmalspritze (mit Luer-Lock-Anschluss) wird samt
- einem Gummistopfen (Dm. oben = 22 mm, Dm. unten = 17 mm; eine 7-mm-Bohrung) auf
- ein Reagenzglas mit Seitenansatz (Innendurchmesser = 18 mm, l = 18 cm), in welchem sich
- ein Stück Kalktafelkreide (z. B. „Robercolor", rund, l = 8 cm, Durchmesser = 1 cm – siehe dazu www.schule24.at/start.htm befindet, aufgesetzt.

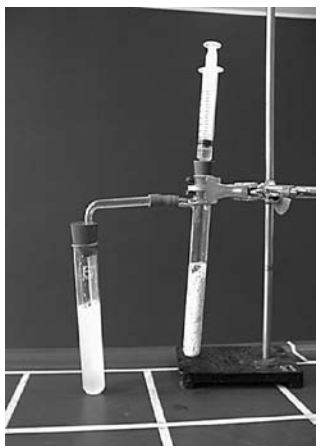
Der Seitenansatz dieses Reagenzglases ist über

- ein kurzes Schlauchstück und
- ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr, dessen längerer Schenkel (etwas länger als 15 cm) durch
- einen Gummistopfen (Dm. oben = 27 mm, unten = 21 mm; zwei 7-mm-Bohrungen) gesteckt ist, mit
- einem weiteren Reagenzglas (25 mm x 150 mm) verbunden. Dieses Glas ist etwa zur Hälfte mit
- Kalklauge bzw. Blaukrautwasser[1)] gefüllt.

Der Speiseessig wird langsam aus der Spritze auf das Kreidestück geträufelt. Das dadurch freigesetzte Kohlendioxid führt zur weißflockigen Trübung der Kalklauge (Carbonatnachweis) bzw. zu einer leichten Rötlichfärbung des Blaukrautwassers. (Nicht mit $CO_2$ versetztes Blaukrautwasser zum Farbvergleich verwenden!)



Nachweis Kalklauge Beginn



Nachweis Kalklauge Ende

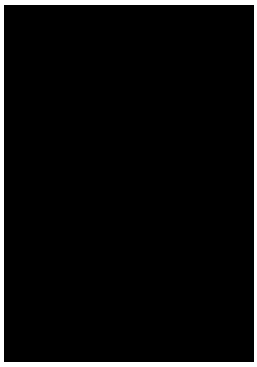
**Versuchsvariante:** Wie verfärbt sich die Kalklauge bei Verwendung von Farbkreide?

Man sollte darauf achten, dass man nicht versehentlich Gipstafelkreide zur Hand nimmt.

– Vgl. dazu Helga Voglhuber in Chemie und Schule (Salzbg.) 19 (2004), Nr 1, S 3 ff.

[1)] Blaukrautwasser wird in Kleinportionen (verschlossene Filmdosen zu je ca. einem Viertel gefüllt) im Gefrierfach aufbewahrt.

# Bücher



## Auf den Schultern von Riesen und Zwergen

### Einsteins unvollendete Revolution

**Jürgen Renn**

1. Auflage, xii + 364 Seiten, Hardcover. Wiley-VCH, Weinheim 2006. ISBN 3-527-40595-X. EUR 24.90

Jürgen Renn, Direktor des Max Planck-Instituts für Wissenschaftsgeschichte, stellt in diesem Buch die Geschichte von Einsteins unvollendeter Revolution, einer tief greifenden Veränderung unserer Begriffe von Raum, Zeit, Materie und Strahlung, dar. Diese Revolution begann in Einsteins Wunderjahr 1905, wurde durch seine allgemeine Relativitätstheorie aus dem Jahre 1915 fortgesetzt und wirkt in den heutigen Versuchen der Wissenschaft, die Entstehung und das Schicksal des Universums zu verstehen, weiter. Vor dem Hintergrund einer historischen Theorie des wissenschaftlichen Fortschritts wird Einsteins bis heute nicht abgeschlossene Revolution als das Ergebnis einer langfristigen Entwicklung des Wissens verständlich.

Anhand der spannenden Geschichte von Einsteins Entdeckungen wird nachvollziehbar, warum große Denker wie Einstein weiter gesehen haben als ihre Vorgänger. Sie standen nicht nur auf den Schultern von Riesen, also den wissenschaftlichen Leistungen einzelner großer Vorgänger wie Newton, sondern auch auf den Schultern von „Zwergen", dem wissenschaftlichen Wissen, dem technischen Wissen, und dem Alltagswissen, das Generationen im Verlaufe der Menschheitsgeschichte angehäuft haben. Zu den „Zwergen" gehören nicht zuletzt Einsteins heute unbekannte Freunde und Helfer, deren Beitrag hier zum ersten Mal umfassend gewürdigt wird. Zu den „Zwergen" gehört auch der Verfasser eines populärwissenschaftlichen Werkes, das Einstein als Jugendlicher las, und das durch die Darstellung ungelöster Probleme zum Fragen anregte.

Sieben Kapitel führen den Leser zunächst zu Betrachtungen zur Aufgabe der Wissenschaftsgeschichte, nach einer Darstellung von Einsteins Relativitätstheorien und ihrem Entstehen schließt sich der Kreis in der Erörterung von Einsteins spezifischer Leistung, der Neuinterpretation tradierter Begriffe. Die Kapitel sind:

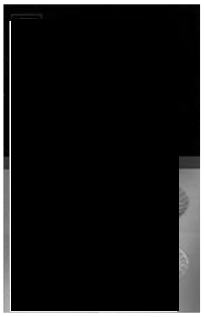
1. Das Paradox des wissenschaftlichen Fortschritts, 2. Einsteins Revolution: Mythos oder Herausforderung?, 3. Der Kontinent der klassischen Physik und seine Grenzprobleme, 4. Die klassische Physik vom Kopf auf die Füße gestellt, 5. Die Sprengkraft der Gravitation, 6. Fortschritt im Kreislauf, 7. Einsteins Revolution als Transformation eines Wissenssystems.

Dieses Buch stellt in der Flut von Veröffentlichungen zum Einstein-Jahr 2005 eine willkommene neue Sicht auf das „Genie" AE dar, indem die Kontinuität in der Revolution und die zahlreichen Beiträge Anderer deutlich werden. AE gab in seinen Veröffentlichungen nur wenige unabhängige Quellen an, der negative Ausgang des Michelson-Experiments habe ihn in seinem Denken nicht beeinflusst.

Neben der Biographie von AE und den Einflüssen seiner Freunde stellt die Einbettung in allgemeinere Betrachtungen zur Wissenschaftsgeschichte eine der Stärken dieses Buches dar.

Das Buch stellt sowohl für Physiker als auch für interessierte Laien eine fesselnde Lektüre dar und tröstet eventuell jene, die trotz großer Freude an der Physik es nur zum siebten Zwerg gebracht haben.

Helmut Kühnelt



## Mathematische Methoden in der Physik

**Christian B. Lang**

**Norbert Pucker**

2. Aufl., xxi + 713 S., zahlr. Abb. Elsevier, Spektrum Akadem. Verlag, München 2005. ISBN 3-8274-1558-6. EUR 45.00

Eine der Hürden im Anfang des Physikstudiums ist erfahrungsgemäß die durchgehend mathematische Betrachtung physikalischer Aufgabenstellungen und Herleitungen. Die aus der Schule mitgebrachten Kenntnisse müssen nicht nur aufgefrischt, sondern beträchtlich erweitert werden. Die nun in 2. Auflage vorliegenden „Mathematischen Methoden in der Physik" decken die an der Universität Graz im Grundstudium vorgesehenen mathematischen Inhalte etwa im Umfang einer dreisemestrigen Vorlesung ab.

21 Kapitel stellen wesentliche Bereiche vor und umfassen: Unendliche Reihen; Komplexe Zahlen; Vektoren und Matrizen; Differenzialrechnung; Integralrechnung; Gewöhnliche Differenzialgleichungen; Grundlagen der Vektoranalysis; Basissysteme krummliniger Koordinaten; Integralsätze; Elemente der Tensorrechnung; Differenzialformen; Funktionenräume; Fourierreihe; Integraltransformationen; Funktionale und Variationsrechnung; Operatoren und Eigenwerte; Spezielle Differenzialgleichungen; Partielle Differenzialgleichungen; Funktionentheorie; Gruppen; Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik.

Als Besonderheit dieses Werkes ist die Integration von Auf-

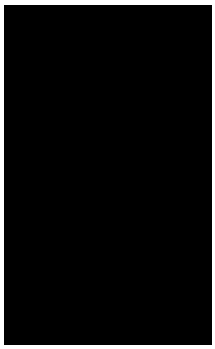
gaben anzusehen, die den Computereinsatz erfordern. Damit werden die Studierenden vorbildlich früh angehalten, sich mit modernen Arbeitstechniken des Physikers, die als Computational Physics eine eigene Sparte der Physik bilden, aus einander zu setzen. Programmcodes werden freilich im Buch nicht angeboten, wohl aber können auf einer Website der Autoren Programmbeispiele in Fortran, C++ oder Mathematica studiert werden.

Unverkennbar ist, dass mathematisches Beweisen keine Rolle spielt. Daher wäre angehenden Studierenden der theoretischen oder der rechnergestützten Physik zu raten, wenigstens eine „echte" Mathematikvorlesung zu besuchen.

Eine didaktische Bereicherung stellen die Abschnitte „Kurz und Klar" dar, in denen der in einem lockeren und flüssigen Stil dargebotene Stoff zusammengefasst wird. Die Abbildungen – anscheinend großteils mit Mathematica erstellt – sind gut gelungen und unterstützen optimal den Lernprozess.

Zusammenfassend kann das Buch als sowohl gut lesbar wie auch zum Selbststudium motivierend sehr empfohlen werden.

Helmut Kühnelt



## Auf der Suche nach dem Gedächtnis

### Die Entdeckung einer neuen Wissenschaft des Geistes

### Eric Kandel

1. Aufl., übers. von Hainer Kober. 524 S., zahlr. Abb. Siedler Verlag München 2006. EUR ca. 25.00
ISBN 10:3-88860-824-4.

Eric Kandel, als Erich Kandel 1929 in Wien geboren, 1939 nach USA emigriert, im Jahr 2000 mit dem Nobelpreis für Medizin ausgezeichnet, legt hier seine Autobiografie vor – im Privaten wie im wissenschaftlichen Bereich. Sein Leben lang steht Kandel unter dem Eindruck der Ereignisse der Reichskristallnacht, sie führen ihm die Bedeutung des Gedächtnisses so stark vor Augen, dass er sich auf die Suche nach der biologischen Basis des Gedächtnisses begibt. Ein keineswegs geradliniger Weg führt den jungen Kandel nach der High School zur Molekularbiologie. In der Geschichtswissenschaft erkannte er, dass viele deutsche Intellektuelle und Künstler der NS-Propaganda leicht erlegen sind. Danach faszinierte ihn die Psychoanalyse und er studierte Medizin, um aber dann sich doch den Neurowissenschaften zuzuwenden. Plötzlich sah er sich gezwungen, Detailstudien an einzelnen Nervenzellen zu betreiben, statt den Sitz von Ich, Über-Ich und Es im Gehirn zu finden.

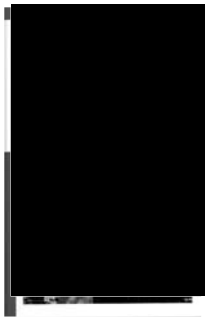
Um den Leser an die moderne Neurobiologie heranzuführen, beginnt Kandel bei Santiago Ramon y Cajal, dem Begründer der Neuronenlehre. Er zeigt, wie sich die Kenntnis der Signalausbreitung auf Nervenfasern im frühen 20. Jhdt entwickelte. Die digitale Natur der Signalübertragung, der chemische Mechanismus der Ausbreitung des Spannungspulses waren bekannt, auch die Weiterleitung über die Synapsen – spannend wird hier nicht nur das Wunder Nervenzelle beschrieben, sondern auch das Ringen um die Erkenntnis.

Die Meeresschnecke Aplysia erwies sich als ideales Studienobjekt: Längeres Training führt auch bei einem primitiven Tier zu einer im Langzeitgedächtnis gespeicherten Verhaltensänderung – die Zahl der Synapsen nimmt beim Lernen zu. Wie dies erfolgt, hat Kandel aufgeklärt.

Kandels Biographie zeigt die Schwierigkeiten einer wissenschaftlichen Laufbahn wie auch die Freuden wissenschaftlicher Zusammenarbeit und Freundschaft unter Gleichen, sie zeigt auch einen Weg, der in Wien begann, durch große Glücksfälle und beharrliche Arbeit zu einer wissenschaftlichen Erfolgsstory mit der Krönung durch den Nobelpreis wurde, der in das Wien von 1960 und von 2000 zurückführte – und wie diese Besuche von Kandel kritisch gesehen werden.

Unter vielen Aspekten daher ein äußerst lesenswertes Buch!

Helmut Kühnelt



## Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy

### George A. Olah, Alain Goeppert, G. K. Surya Prakash

1. Auflage. xiv + 290 Seiten, Hardcover. Wiley-VCH, Weinheim 2006.
ISBN 3-527-31275-7. EUR 24.90

George Olah, geboren 1927 in Budapest, erhielt 1994 den Nobelpreis für Chemie für seine Forschungen über die kurzlebigen Zwischenprodukte bei Reaktionen mit Kohlenwasserstoffen, den Carbocationen. Im vorliegenden Buch zeigt Olah nach einer Diskussion verschiedenster alternativer Energieträger und nach harter Kritik an der Wasserstofftechnologie, die Vorteile und Machbarkeit einer Methanol-Wirtschaft sowohl für den Autoverkehr wie für die Synthese von höheren Kohlenwasserstoffen. Als Beispiel unter vielen verweist er auf den Einsatz von Methanol beim Rennen von Indianapolis aus Gründen der Sicherheit und Effizienz. Ein überaus anregendes Buch!

Helmut Kühnelt

# Jungen und Mädchen in der Schule

## Konzepte der Koedukation

## M. A. Kreienbaum, T. Urbaniak

Berlin 2006: Cornelsen Scriptor.
160 Seiten, ISBN 3-589-22141-0. EUR 17.00

„Ich werde dieses Buch bestens empfehlen!"

Die zunehmende Häufigkeit von Literatur, von Vorträgen und Berichten im Fernsehen und im Rundfunk zum Gender-Problem ist nicht direkt proportional zur Frequenz ernsthafter und sensibilisierter Maßnahmen auf der praktischen Ebene des Schulunterrichts – mitunter ganz im Gegenteil. Mehr und mehr beobachtet man eine Abkehr, ein trotziges Verweigern der Mitarbeit beim Zuschütten des Gender-Gap. Insbesondere die Älteren unter den Lehrern verschließen sich diesem Problem, dessen Lösung sie bereits seit Jahren und Jahrzehnten als letztlich unmöglich abgetan haben. Viele Lehrerinnen exponieren sich mit einem entgegengesetzten Engagement für die Lösungssuche und finden z.B. innerhalb eines Lehrer/innenkollegiums nur geringe Unterstützung.

Wenn man das vorliegende Buch gelesen hat, sich der Argumentation bewusst und offen auszusetzen bereit war und das eigene Selbstverständnis vor dem Hintergrund moderner „Edukations-Forschung" nicht ausblendet, erlebt man die Chance einer völlig neuen, befreiten und zukunftsorientierten Perspektive auf ein Problem, an dessen wenn auch langfristiger Lösbarkeit nun kein Zweifel mehr zu bestehen scheint.

Die Ausführungen sind attraktiv gegliedert, die Diktion ist lesefördernd, die Kapitelfolge zielt auf Spannung und die Argumentationen gelingen von Überschrift zu Überschrift ausgesprochen überzeugend.

Der Leser und die Leserin werden sowohl ernst genommen als auch kritisch an einen Spiegel herangeführt, in dem sie sich nicht nur vorurteilsfrei betrachten – wenn sie dies wollen –, sondern mit dessen Hilfe sie sich auch in ihren zukünftigen Verhaltensweisen zielsicher korrigieren können.

Das erste Kapitel A beschreibt die historische Annäherung an den Problemkomplex, mit der die so nötige Relativierung der Gender-Thematik vortrefflich gelingt. Es wirkt beeindruckend, in welch langer Tradition sich die Auseinandersetzung mit dem Spannungsfeld von Gender und Sex befindet.

Aufhellend und praxisbezogen – wie man sich das eigentlich schon immer gewünscht hat – werden in Kapitel B Begriffsklärungen z.B. S. 36-37, Zusammenhänge und elaboriertes Wissen zu einem attraktiven Lesestoff zusammengeführt. Es macht einfach Freude, so unkompliziert in einen sehr schwierigen Lesestoff der Pädagogik eingeführt zu werden. Man möchte hier ausrufen: Endlich eine erfrischende Pädagogik, die ihre Hausaufgaben macht!

An dieser Stelle seien vor allem Didaktiker, die in der Lehrerbildung engagiert sind, ermuntert, sich und ihrer Klientel viel Arbeit zu ersparen und sich sowie die Studierenden und Besucher von Fortbildungen über diese Quelle umfassend zu informieren, aber auch vor neue Anforderungen stellen zu lassen (S. 141-142).

Der nächste Teil C ruft die vorrangig erziehungswissenschaftlich Interessierten auf den Plan. Hier erhält man einen guten Einblick in die mannigfaltige empirische Arbeit zur objektivierenden Überprüfung von vorläufigen Antworten und damit in die aktuellen Ergebnisse schulnaher Forschung zur Ebene der institutionellen Funktionen, zur Auswahl von Lerninhalten, zur Systematik der Unterrichtsbeobachtung und zu konstruktivistischen Lehrlernmodellen.Je nachdem, von welchen Problemlagen der Leser und die Leserin betroffen ist, finden er und sie hier konkrete Anhaltspunkte für eigene Lösungsoptionen. Die Lektüre der „5. Studie" zu den „Denk-Knoten durch Imperativ-Verletzungen" (S 94-98) wirkt hier besonders erhellend.

Der Teil D krönt das Buch. Hier werden auf sehr faire Weise in gleichem Maß Relativierungen und konstruktive Empfehlungen ausgesprochen. Die Autorinnen machen u.a. sehr deutlich, dass eine rezeptologische Beherzigung einzelner irrtümlich zur Regel erhobener Leseergebnisse gerade nicht erfolgreich sein werden. Die Ausführungen zu „Gemeinsamer Unterricht von Mädchen und Jungen: Wie es nicht geht" (S. 139) zeigen dies besonders deutlich auf.

Der große Wert des Buchs äußert sich in Vielem, insbesondere auch in der faszinierenden Bescheidenheit, mit der Logik und Überzeugungskraft daherkommen, was sicher auch damit zusammenhängt, dass es sich nicht um ein Plädoyer zur Mädchenförderung handelt! Sie entfalten sich sukzessive bis zum Buchende und gipfeln letztlich darin, dass guter Unterricht durch keine Einzelmaßnahme getoppt werden kann, wenn es darum geht, ganzheitlich zu fördern.

Nur als Gesamtkonzept aus beliefs, scripts, didaktisch orientierten Inhaltsbearbeitungen, mathetisch orientierten Methodenentscheidungen kann Unterricht seine volle Wirkung entfalten (vgl. S. 147-152). Diese Aussage und damit die Botschaft des Buchs belegen aufs Neue, dass Drogenprävention (vs. Drogenmissbrauch), Selbstständigkeit (vs. erlernte Hilflosigkeit), reflektierter Konsum (vs. Modegängelung), ein gesundes Essverhalten (vs. Essstörungen), Selbstwissensbewusstsein (S.120-122) (vs. Gewaltorientierung), ethnische Wertungen (vs. Rassismus) und Gendersensitivity (vs. Sexismus) integrative Elemente des guten Unterrichts sind. Das Schüler/innenbild im Kopf des Lehrers und der Lehrerin prägt fast alles, was seinen Unterricht ausmacht.

Das Buch ist einer großen, aufgeschlossenen, aufmerksamen und selbstkritischen Leserschaft, die sich ihrer Vorbildwirkung bewusst ist, dringlich zu empfehlen und allen, die sich dazu gesellen wollen.

Prof. Dr. Michael A. Anton
Ludwig-Maximilians-Universität München

## ERNST MACH´S SCIENCE

### Its Character and Influence on Einstein and Others

**John T. Blackmore, Ryoichi Itagaki, Setsuko Tanaka, (Hrsg.)**

Tokai University Press 2006
Englisch, 304 Seiten, 77 s/w Abbildungen,
ISBN 4-186-03188-1, ca. EUR 40.00

Da Ernst Mach sich in mehreren Fachgebieten betätigte, kennen ihn Fachwissenschaftler aus den Bereichen der Physiologie, Psychologie, Experimentalphysik, Theoretischen Physik, Pädagogik, Philosophie usw. Diesem Personenkreis soll das vorliegende Buch einen genaueren Einblick in das wissenschaftliche Werk Machs geben.

Die drei Herausgeber haben das Buch in sieben Kapitel gegliedert, in denen sie mit Beteiligung mehrerer anderer Autoren verschiedene Aspekte der Mach´schen Forschungen behandeln.

**Kapitel eins** – beschäftigt sich biographisch mit Mach und gibt Hintergrundinformationen über sein Leben in Prag und Wien. Außerdem gibt es einen Überblick über die folgenden sechs Kapitel, die jeweils sechs Unterkapitel enthalten.

**Kapitel zwei** – Physiologie – behandelt die Entdeckung der „Mach-Bänder", die Vorwegnahme der „Gestaltheorie" und die Funktion des Innenohrs. Es ist in folgende Abschnitte unterteilt: Psychologie, Hering vs. Helmholtz, Physiology, Medicine, Josef Breuer, Two Long Letters.

**Kapitel drei** – Physics – beschreibt vor allem Machs Arbeiten in der Experimentalphysik. Die Unterkapitel sind: Laboratory Work, Spark Shock Waves, Ballistic Shock Waves, Aerodynamic Shock Waves, Optical Experiments, Conclusion and Mach-Dvorak Correspondence.

**Kapitel vier** – Least Action – geht von Machs Buch "Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Historisch-kritisch dargestellt" (1883) aus. Es ist gegliedert in: Maupertius & Voltaire, Maupertius & Least Action, Jourdain Criticizes Mach, Maupertius´s Materialism, Maupertius´s Theology, The Principle of Least Action.

**Kapitel fünf** – Einstein´s Prague – beschäftigt sich mit dem Einfluss, den Mach in Prag noch hatte, nachdem er 1895 nach Wien gegangen war und den möglicherweise auch noch Einstein spürte. Die Unterkapitel heißen: Mach and Jaumann, Jaumann´s Continuum Theory, Jaumann and Einstein, Einstein and Prague, The 2nd Stage of General Theory of Relativity, Weighing Mach´s Influence on Einstein.

**Kapitel sechs** – Mach´s Principle – enthält klassische Arbeiten über verschiedene Missverständnisse und Interpretationen zum „Mach'schen Prinzip", wie es Einstein nannte. Dies geschieht in den Unterkapiteln: What Mach Actually Said, Mach's Principle Clarified, Reconciling Mach with „Mach", Early Sponsors of "Mach's Principle", Early Critics of "Mach's Principle", Nobel Nomination Letters (plus a letter from Einstein to Pirani).

**Kapitel sieben** – More Theories – beschreibt die Einstellung Machs zu den Arbeiten Galileos und Newtons. Auch sein „Anti-Atomismus" und dessen Einfluss auf die Theorie einer „elektromagnetischen Welt" von Gustav Jaumann werden diskutiert. Jaumanns mathematische Methoden wurden in letzter Zeit als Möglichkeit zur Behandlung der Kontinuumstheorie wiederentdeckt. Die Unterkapitel: Mach Paradoxes vs. Galileo, Mach vs Absolute Time, Mach vs Absolute Space, Mach vs Newton's Bucket, Jaumanns Work, Rediscovering Jaumanns Work.

Mein persönlicher Eindruck von dem Buch: eine originelle Kombination historischer Texte mit solchen der Herausgeber und anderer noch lebender Wissenschaftler. Der Leser erhält neue Einblicke in die Arbeits- und Denkweise von Ernst Mach. Wer sich für diesen vielseitigen Forscher interessiert, sollte unbedingt das neue Buch Blackmore´s zu Rate ziehen. Einige kleine Fehler sind mir aufgefallen, die wohl meist auf der Schwierigkeit beruhen, deutsche handschriftliche Texte zu übersetzen. An einer Stelle taucht z.B. eine „Gemütliche Krankheit" bei Mach auf (Seite 91), was wohl eine Gemütskrankheit gewesen sein dürfte. Auch wird angegeben, dass Mach in Prag geheiratet habe (Seite 2), während er noch vor der Übersiedlung nach Prag in Graz heiratete. Aber diese kleinen Ungenauigkeiten schmälern den Wert des Buches nicht.

W. Gerhard Pohl, Linz

## Neu im Internet

Ein neues Wissenschaftsmagazin für Lehrkräfte wie für Schüler ist das elektronische Journal *ScienceInSchool* (http://www.scienceinschool.org), das von mehreren europäischen Forschungslabors gemeinsam herausgegeben wird und am European Molecular Biology Laboratory in Heidelberg produziert wird.

# MANAGEMENT & UMWELT

## Ein postgradualer Master – Lehrgang als Praxiseinstieg?

Vielen Jungakademikern bleibt eine universitäre Karriere oder ein „Standard"-Beruf (wie diverse Lehrberufe) verwehrt. Sie können und / oder wollen dort nicht unterkommen. In solchen Fällen wird die Lücke zwischen akademischer Ausbildung und Anforderungen der beruflichen Praxis oft schmerzhaft deutlich. Aus dem Heer der Jungakademiker besonders hervorzustechen und einen (interessanten, motivierenden) Arbeitsplatz zu erringen, scheint für die Absolventen vieler Disziplinen heutzutage besonders schwierig. Eine Zusatzqualifikation kann entscheidende Vorteile im Wettbewerb mit anderen bringen.

Der MSc-Lehrgang **MANAGEMENT & UMWELT** von Umwelt Management Austria ist eine solche praxisorientierte Qualifikation mit ganz besonderer Charakteristik:
Die fachübergreifende Lehre vermittelt zu den „Säulen" Ökologie, Technik, Recht und Management breites, für den (Umwelt-)Manager wichtiges Wissen. Übungen im „Labor" des Lehrgangs und die Bearbeitung von Fallstudien bereiten auf die Anwendungen in der Praxis vor. In Kleingruppen bearbeiten die Teilnehmer schließlich aktuelle, umweltrelevante Problemstellungen aus Unternehmen, Kommunen, Verwaltung oder sonstigen Organisationen und Institutionen.

Vielfältiger Nutzen für die Teilnehmer :

- sie trainieren **vernetztes Denken** und **Arbeiten**
- sie gewinnen **Top-Kontakte** zu Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung
- sie bauen im Projektmanagement **Erfahrung** auf
- sie entwickeln **soziale Kompetenzen**
- sie erhalten eine **umfassende Weiterbildung** in aktuellen Managementmethoden und Umweltfragen durch international anerkannte Experten
- sie erzielen einen **hohen Lernerfolg** durch begrenzte Teilnehmerzahl und moderne Lehrmethoden
- sie fördern ihre **Persönlichkeitsentwicklung**
- sie qualifizieren sich **fachübergreifend** und **praxisorientiert** in Management, Umweltrecht, Umwelttechnologien und Ökologie

Die Absolventen finden sich dementsprechend in durchwegs guten Positionen LG1 - LG11:

22 % Top-Management
48 % Mittleres Management
30 % Selbständig

Das Kontaktnetzwerk, in das die Teilnehmer gleichsam automatisch hineinwachsen, kann gar nicht überschätzt werden: die Créme de la Créme aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung, die in Österreich Umweltschutz prägen, lehrt bei **MANAGEMENT & UMWELT.**

Für den (künftigen) Arbeitgeber ist diese Managementausbildung ebenfalls mit großem Nutzen mit vielen Chancen und Optionen verbunden.
Vorteile wie:

- Kostensenkungen durch das Erkennen von Prozessoptimierungen und den effizienten Umgang mit Ressourcen und Energie
- Erhöhte Rechtssicherheit
- Risikominderung durch professionelles Umweltmanagement
- Synergieeffekte durch die Integration von Qualitäts-, Umwelt-, Arbeitssicherheits-, Gesundheits- und Risikomanagement
- Imagegewinn bei Kunden, Anrainern und Behörden
- Gesteigerte Mitarbeitermotivation
- Entlastung des Top-Managements durch bessere Delegationsmöglichkeiten
- Top-Kontakte zu Experten in Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung
- Maximaler Lernerfolg durch teilnehmerorientierte Methoden.
- Umsetzung von Lehrgangsprojekten im Unternehmen

sind zu lukrieren.

Meist findet pro Jahr ein Lehrgang – maximal 16 Teilnehmer, mehr erlaubt die teilnehmerorientierte Methodik nicht – statt. Heuer ist der Andrang besonders groß. Es besteht die Chance, dass neben dem wie gewohnt Ende Juni startenden Angebot schon im Oktober ein zweiter Lehrgang beginnt.

Eine Stipendienaktion, die Umwelt Management Austria gemeinsam mit der Tageszeitung „Die PRESSE" durchgeführt hat, hat zu zusätzlichen Nachfragen geführt. Als „Sieger" in diesem Wettbewerb hochqualifizierter Jungakademiker ging Herr Mag. Markus Heinz hervor, der durch seine wissenschaftliche Vorqualifikation, seine berufliche Erfahrung, die Darstellung seiner Motivation und seiner Zukunftsvorstellungen gegenüber anderen „die Nase vorn" hatte.

**Information:**
**UMWELT MANAGEMENT AUSTRIA**
Neue Herrengasse 17A, 3109 St. Pölten
T +43(0)2742/294-17451
www.uma.or.at

Dr. Reinhold Christian hat theoretische Physik und Mathematik an der Uni Wien studiert.

Er ist Gründer (1996) und Geschäftsführer von **UMWELT MANAGEMENT AUSTRIA** und Präsident des Forums Österreichischer Wissenschaftler für Umweltschutz sowie Projektleiter an der NÖ Landesakademie.

# 56. Jahrestagung der ÖPG

## 18. bis 21. September 2006

**Ort:** Großer Hörsaal Experimentalphysik der TU Graz, Petersgasse 16, 8020 Graz.

**Montag, 18. September 2006 – Schwerpunkt Schule**

8:30 Eröffnung
9:00 Jürgen Teichmann (Deutsches Museum) „Fremdes versus Vertrautes - Historische Experimente in der Schule"
9:45 Eduard Schittelkopf (Pädak Graz) „Physik lernen und verstehen"
10:15 Wolfgang Baumjohann (Inst. f. Weltraumforschung der ÖAW Graz) „Weltraumforschung – made in Graz"
11:30 Theodor Duenbostl (BRG 10 Wien und Uni Wien): „Die klassische Mechanik – keine trockene Materie mit Datenlogger und Videoanalyse!" (Sexlpreisvortrag)
12:00 Vorstellung der besten Fachbereichsarbeiten und Ehrung der Teilnehmer an der Internationalen Physikolympiade
14:00 Peter Heering (Univ. Oldenburg) „Die Funktion historischer Experimente in der Physikausbildung"
14:45 H. Kühnelt, L. Mathelitsch, H. Tentschert „Aktuelles zum Physikunterricht/Geschäftssitzung des Fachausschusses LHS"
16:00 Eröffnung der Boltzmannausstellung und Vorführung von Experimenten aus Boltzmanns Zeit. (Universität Graz)
18:30 Peter Schuster (FA Geschichte der Physik) „Boltzmann und seine Lehrer" (Lesung)
19:30 Walter Kutschera (Univ. Wien) „Boltzmann - Mensch und Physiker" (Abendvortrag)

Weitere interessante Vorträge (siehe http://oepg06.tugraz.at):

**Dienstag, 19. September 2006**

Rainer Blatt (Univ. Innsbruck) „Quanten-Computer mit einzelnen Ionen"
Silke Bühler-Paschen (TU Wien) „Materials Science - the fascinating world of intermetalics"
Ernst O. GÖBEL (PTB Hannover) „Boltzmann und das neue Kelvin" (Abendvortrag)

**Mittwoch, 20.September 2006**

Georg Petzler (Univ. Düsseldorf) „Teilchenbeschleunigung mit Hochleistungslasern" (H3)
Eberhard Tiemann (Univ. Hannover) „Spektroskopische Bestimmung der Streulänge" (H4)

**Donnerstag, 21. September 2006**

Dieter Weiss (Univ. Regensburg) „Spinphänomene in reduzierten Dimensionen"

Für Lehrkräfte und interessierte Schüler ist die Teilnahme kostenlos.

---

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

Impressum: Medieninhaber (Verleger) und Hrsg.: Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts, p. Adr. Institut für Theoretische Physik der Universität Wien, Strudlhofgasse 4, 1090 Wien. Graphik und Layout: A. Kühnelt, 3400 Klosterneuburg, Feldg. 18, Druck: Hans Jentzsch & Co GmbH, 1210 Wien