

# C200 und andere Kleinigkeiten

Lange hielt ich C200 für ein elegantes Produkt einer bekannten Automarke, bis ich eines Tages gebeten wurde, dringend ein kleines Fläschchen aus Wiens bestbestückter Wunderhandlung zu holen. Mein ökologischer Fußabdruck war nach 20 km Anreise nicht unbeträchtlich. Für einen Betrag unter 10 Euro überreichte mir eine akademisch ausgebildete Apothekerin ohne Erröten das Vorausbestellte. Bei einem Ampelhalt auf der Heimfahrt stillte ich meine Neugier und las: C200, acid. acet.

Das kam mir bekannt vor. Ist das nicht das vertraute  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , das in einer etwa D2 entsprechenden Verdünnung über wehrlose Salatblätter gegossen wird? Aber was bedeutet C200? Welche Hilfskraft führt tatsächlich gewissenhaft für unter 10 Euro 200mal dieselbe Prozedur durch: Verdünnung auf 1% und 10 Stöße auf ein Rosshaarkissen? Dann wieder, usw.! Und schließlich wird das Wässerchen auf Zuckerkügelchen geträufelt. (Wenn Sie Ihre Schützlinge mal beschäftigen müssen, dann lassen Sie die Kinder mit dem Taschenrechner eine Eins 200mal mit 0,01 multiplizieren – der Rechner wird Ihnen die Wahrheit sagen: ERROR.)

Später musste ich mich fragen, ob mein Blick auf das Fläschchen und meine Zweifel das Ausbleiben des Wunders bewirkten. Den Zweifel konnten mir Simon Singh und Edzard Ernst nehmen. In einem – nicht nur für naturwissenschaftlich gebildete Leser – verständlichen und den Zielen der Aufklärung verpflichteten Buch legen die Autoren dar und laden ihre Leserschaft zur Urteilsbildung ein, wie in der Medizin die Wirksamkeit von Medikamenten überprüft wird, ohne dass der Wirkmechanismus hinterfragt werden muss: Nützt ein Mittel, schädigt es oder ist es ein Placebo? (Wobei die Bedeutung von Placebos für die Selbstheilung immer deutlicher wird.) Lässt sich die Wirkung an größeren Stichproben belegen? Was sind Doppelblindstudien? Was ist evidenzbasierte Medizin? (Zur Gefahr der unbeabsichtigten Selbsttäuschung finden Sie in diesem Heft den Bericht über N-Strahlen – ein Wissenschaftsskandal vor 100 Jahren.)

## Evidenzbasiertes Handeln

„Evidence based policy“ ist auch zum Schlagwort in der Bildungspolitik geworden. Doch scheint dies kräftig missverstanden zu werden. Ein Beispiel: Der Rat für Forschung und Technologieentwicklung (RFT) hat – „Schließlich müsse die naturwissenschaftlich-technische Kompetenz in Österreich erhöht werden, etwa durch fächerübergreifenden „Science“-Unterricht an Schulen“ – kürzlich einen Naturkundeunterricht („Science“ auf Neu-Deutsch) propagiert, ähnliches findet sich im PISA-Expertenbericht. Welche Fakten wurden kombiniert? Das durchschnittliche Abschneiden bei PISA 2006 in Science und die Tatsache, dass in der Mehrzahl der Länder – der besseren, der schlechteren – Science unterrichtet wird. In der Rangliste finden wir uns mit 511 Punkten umzingelt von „Science“-Ländern mit ähnlichem mittlerem Erfolg:

GB 515, CH 512, IRL 508, S 503. Nimmt wirklich jemand an, dass die österreichischen Kinder im Schnitt intelligenter sind als die dänischen mit PISA-Score 496 und durch Science-Unterricht bei den Finnen (563) landen würden? Einen Effekt könnte allerdings ein verordneter Science-Unterricht schnell haben: Wegen des Wegfalls von Doppelgleisigkeiten in den Inhalten und einer zum x-ten Mal durchgeführten Entrümpelung der Lehrpläne könnten Stunden eingespart werden – erstaunlicherweise erweist sich ein neuer Lehrplan anschließend wieder unterdotiert/überfrachtet, so dass die geforderte „Wissenskonstruktion durch die Schüler“ doch wieder einem Gänsestopfen mit Inhalten weichen muss. (In berufsbildenden höheren Schulen ist nun ein wunderbar zu lesender Nawi-Lehrplan eingeführt worden, dessen Realisierbarkeit zu prüfen wäre.)

Evidenzbasierte Bildungspolitik würde den Erfolg von IMST und PFL aufgreifen, statt die Mittel zu kürzen.

Evident ist auch, dass Kinder häufig bereits mit Bildern vom Atom a la Bohr in die Unterstufe kommen. Ein heißes Thema ist daher, ob der traditionelle Unterricht diese Vorstellungen verstärkt, ob es für den Mann/die Frau von der Straße ausreicht, die Welt der Atome mit einem Modell zu „verstehen“, das nichts erklärt – und schon gar nicht die chemische Bindung? Diesem Thema soll im nächsten Heft PLUS LUCIS Raum gegeben werden.

Schreiben Sie uns, senden Sie Beiträge!

Anlässlich des „Klimagipfels“ wäre zu prüfen, was das größere Problem ist: die Treibhausgase oder ihre Verursacher? Kaum scheint die Krise nicht mehr so schlimm zu sein, wird wieder von Wirtschaftswachstum gesprochen! Da sollte man sich eine einfache Faustregel merken: Ein jährliches Wachstum von 1% führt zu einer Verdoppelung innerhalb rund 70 Jahren, 2% bereits zu 35 Jahren. Erschreckend ist dies an der Entwicklung der Erdbevölkerung abzulesen. Lebten um 1800 etwa 1 Mrd Menschen auf der Erde und waren dies 1960 bereits 3 Mrd., so verdoppelte sich die Erdbevölkerung bis 2000 auf 6 Mrd. und beträgt nun 6,7 Mrd.! Wie da der fossile Energieeinsatz auf 20% des Werts von 1990 (oder ein ähnlich illusionistisches Ziel) reduziert werden soll, kann sich nicht einmal ein österreichischer Minister ausmalen.

Nach einem ereignisreichen Jahr halten Sie nun doch eine weitere Doppelnummer PLUS LUCIS in Händen, in der Sie, so hoffe ich, genügend Anregendes vorfinden.

Die 64. Fortbildungswoche von 22. bis 26. Februar 2010 bietet wieder ein reichhaltiges Programm.

Mit den besten Festtagswünschen grüßt herzlichst im Namen des gesamten Vorstands

Ihr Helmut Kühnelt

## Science Center Einrichtung an der PH-WIEN – Eröffnung am 5. November 2009

Im Zentrum unserer Arbeit steht die so genannte „hands-on- Didaktik“. Es geht um Naturphänomene und Naturabläufe, die wir interaktiv aufarbeiten und spielerisch zugänglich machen. Wir schlagen eine Brücke von der Naturwissenschaft zur Kunst: die ästhetische, bildnerische, akustische, sensorische Auseinandersetzung mit den Phänomenen und auch das eigene gestalterische Hervorbringen wird angeregt.

60 Experimentierstationen („hands-on-exhibits“) zu den verschiedensten Themenbereichen (Wasser, Energie, Schwingungen und Schall,...  
Ca. 15 „hands-on-exhibits“ sind aufgebaut

Für Schulklassen (ab 3. Schulstufe), StudentInnen und Erwachsenen

Das Vermittlungsprogramm wird der Alterstufe angepasst. Die Stationen sind so konzipiert, dass sie auf jedem Niveau der Auseinandersetzung interessant sind; sie haben interdisziplinäre Bezüge von der Physik zu: Musik, Bildnerisches Gestalten, Werken, Philosophie, Mathematik, Geographie, Chemie, ... .

Wir wollen auch durch Forschung und Lehre den Einsatz der hands-on-Didaktik in der Schule vorantreiben.

Geplante Lehrveranstaltungen zu folgenden Themen:

Elemente der hands-on-Didaktik

Vermittlung und Inszenierung von hands-on

hands-off und hands-on – wissenschaftstheoretischer Hintergrund

<http://podcampus.phwien.ac.at/experimentier>

.....

Anmeldung: für Schulklassen ab 10 Personen  
eleonore.fischer@phwien.ac.at

Eintritt: 3 EUR pro Pers. + Einreichung  
[www.kulturkontakt.or.at/einreichformular](http://www.kulturkontakt.or.at/einreichformular)

Zeiten: 9 und 11 Uhr, Nachmittagstermine nach Absprache

Adresse: PH-WIEN Ettenreichgasse 45 oder Grenzackerstraße 18  
Haus 2, 2. Stock, Zi. 2.034 Tel. 60118 – 3951  
Wenn Sie mich anrufen, hole ich Sie vom Eingang ab!

Wir freuen uns auf eine Zusammenarbeit!

Mag.a Eleonore Fischer und Dr. Josef Greiner

hands-on, minds-on, subject-on: eingreifen-angreifen-begreifen, spielerisch, mit allen Sinnen, ästhetisch, Muster und Strukturen hervorufen, selbst-entdecken, Fragen nachgehen, Hypothesen bilden, ausprobieren, staunen ...

# Physikdidaktik als nutzerorientierte Grundlagenforschung

Martin Hopf

## Einleitung

Die Kritik an Schule und Unterricht ist vermutlich so alt wie Menschengedenken. Genau so alt ist aber der Versuch, dem entgegen zu wirken. Schon immer haben Menschen versucht, die Lehre, das Lernen und die Schule zu verbessern. Dies formuliert auch Comenius in der Einleitung zu seinem berühmten Lehrbuch als seinen Anspruch. Auch wenn heutzutage moderner formuliert würde, enthält das vorangestellte Zitat doch alles, was auch in der jetzigen Zeit noch zu einer Definition einer Wissenschaft des Lehrens und Lernens gehört. Besonders zu erklären sind dabei die Aspekte „Erforschen“ und „Erfinden“, die Comenius als Wesentlich für eine Didaktik nennt. Im folgenden Beitrag wird versucht, die Physikdidaktik als eine der Wissenschaften vorzustellen, die sich mit dem Lehren und Lernen eines Faches beschäftigt.

## Physikdidaktik als Wissenschaft

Um eine Wissenschaft zu definieren, ist es aus wissenschaftstheoretischer Sicht notwendig, neben ihren Untersuchungsgegenständen auch die verwendeten Methoden anzugeben. In der Fachdidaktik Physik ist der Untersuchungsgegenstand einfach zu klären: Betrachtet werden alle Fragestellungen, die das Lehren und das Lernen der Physik erforschen. Dabei ergeben sich natürlich die unterschiedlichsten Thematiken. So kann z. B. die Wirksamkeit eines Curriculums genau so untersucht werden wie der Einfluss des Einsatzes neuer Medien auf das Lernen oder die Motivation der Schülerinnen und Schüler. Fragen nach der Effektivität verschiedener Methoden stehen genau so im Fokus der Physikdidaktik wie solche danach, welche Aspekte des Lehrens die Lernprozesse am wirksamsten unterstützen. Untersucht werden aber auch (eher deskriptive) Fragen nach der täglichen Praxis in den Klassenzimmern oder dem Abschneiden verschiedener Länder in groß angelegten Vergleichsuntersuchungen wie z. B. PISA.

Entsprechend der vielfältigen Untersuchungsgegenstände wird in der Physikdidaktik auch eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden eingesetzt. In der Regel entstammen diese

Prof. Dr. Martin Hopf, Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Physik, Universität Wien. e-Mail: martin.hopf@univie.ac.at

*„Unserer Didaktik A und O soll sein: Eine Weise zu erforschen und zu erfinden, nach welcher die Lehrenden weniger lehren, die Lernenden aber mehr lernen; die Schulen weniger geräuschvolles Treiben, Überdruß, vergebliche Arbeit, aber mehr Muße, Lust und Freude und gründlichen Fortschritt zeigen.“ J. A. Comenius · Die große Unterrichtslehre · Amsterdam, 1657*

der empirischen Sozialforschung, fast immer müssen sie aber auf die spezifischen Bedürfnisse bei Fragen nach dem Lernen der Physik angepasst – z. T. auch neu entwickelt – werden. Oft eingesetzt werden Methoden der qualitativen Forschung wie das Führen von Interviews oder das Sammeln entstandener Artefakte. Ebenso oft kommen aber auch Methoden der quantitativen Forschung zum Einsatz und es werden Fragebögen und Tests entwickelt und verwendet. Vermehrt wurde in den letzten Jahren das Unterrichtsgeschehen selbst mit Videokameras dokumentiert und auf verschiedenste Arten sowohl mit qualitativen als auch quantitativen Methoden erforscht.

Comenius stellt aber neben das reine Erforschen den Aspekt des Erfindens als weitere wichtige Aufgaben einer Didaktik. Um das mit dem Aspekt des Erforschens sinnvoll verbinden zu können, muss an dieser Stelle etwas ausgeholt werden. Basierend auf Stokes (1997) kann man Wissenschaft in ein Koordinatensystem versuchen einzuordnen. Dazu werden die (vermuteten bzw. rekonstruierten) Motive der entsprechenden Wissenschaftler/innen in zwei Dimensionen bewertet. Einerseits wird dabei gefragt, wie stark die jeweilige Forschung dem Motiv unterstellt war, Erkenntnisse über den Untersuchungsgegenstand zu generieren. Als unabhängig davon wird gesehen, wie stark das Gebiet nutzenorientiert ausgerichtet wurde. Betrachtet man diese beiden Aspekte „Erkenntnisorientierung“ und „Nutzenorientierung“ als Achsen eines Koordinatensystems, ergibt sich ein Quadrantenmodell (Abb. 1). Der Name ergibt sich dabei daraus, dass man versuchen kann, archetypische Wissenschaftler den einzelnen Zellen zuzuordnen. Ausgewählt wurden dabei die Forscher Bohr, Edison und Pasteur.

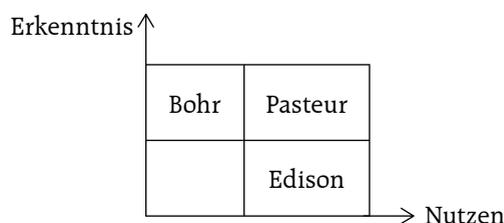


Abb. 1: Quadrantenmodell

Bei den Forschungen von N. Bohr stand im Wesentlichen die Erkenntnisgewinnung im Vordergrund. Zum damaligen Zeitpunkt war nicht zu erkennen, wie ein Nutzen aus die-

sen Forschungen zu gewinnen sein könnte. Dennoch waren die Arbeiten von Bohr von höchster Wichtigkeit für die Weiterentwicklung der Physik. Den Gegenpol im Quadranten bildet Th. A. Edison. Ihm ging es im Wesentlichen darum, Nützliches zu erfinden und weniger darum, Erkenntnisse zu gewinnen. L. Pasteur steht archetypisch für eine Ausrichtung sowohl an hoher Erkenntnisgewinnung als auch an hohem Nutzen. Durch seine Forschungen zu Krankheitsursachen lieferte er wissenschaftliche Fundierungen für Maßnahmen zur Verbesserung der Hygiene.

Wichtig ist dabei, dass mit der Zuordnung einzelner Menschen auf die Zellen des Quadranten keine Wertung verbunden ist. Vielmehr ist die jeweils gewählte Ausrichtung an den Dimensionen „Nutzen“ und „Erkenntnis“ vorzüglich zu begründen und – wie die Auswahl der Personen zeigt – auch jeweils mit großartigen Leistungen für Fortschritt zu verbinden. Allerdings zeigt sich deutlich, dass neben die Dimension des Erkenntnisfortschritts eine weitere Dimension – der Nutzen – tritt, der ebenfalls betrachtet werden kann, wenn es um die Einordnung von wissenschaftlicher Arbeit geht. Je nach den gewählten Untersuchungsgegenständen einer Wissenschaftsdisziplin ist es daher stets möglich und unter Umständen auch sinnvoll, sich neben der Frage nach dem Erkenntnisfortschritt auch die Frage nach dem Nutzen zu stellen. Werden bewusst beide Aspekte in den Fokus genommen, so spricht man von nutzenorientierter Grundlagenforschung (Fischer et al., 2005). Zielrichtung wissenschaftlicher Tätigkeit ist dann neben der Erweiterung der Erkenntnis über einen Gegenstand auch die Hervorbringung von Nutzen.

Physikdidaktik als Wissenschaft kann nun genau wie jede andere Wissenschaft auch in unterschiedlichen Zellen des Quadrantenmodells verortet werden. Für jede Entscheidung eines Forschers oder einer Forscherin gibt es dabei gute Gründe und – wie beschrieben – gute Aussichten auf nachhaltige Erfolge. Bemerkenswert ist dabei allerdings, dass bisher nur wenige Ansätze existieren, die der nutzenorientierten Grundlagenforschung zugeordnet werden können. Daher scheint es von besonderer Dringlichkeit, eine neu geschaffene Forschungsgruppe – wie es das Österreichische Kompetenzzentrum für Didaktik der Physik darstellt – in diesem Bereich anzusiedeln.

Im Kontext von schul- und unterrichtsbezogener Forschung, insbesondere in der Fachdidaktik stellt sich natürlich die Frage, wie dabei Erkenntnisfortschritt, aber auch wie Nutzen aussehen kann. Einige – bisher nur teilweise geklärte – Aspekte sind z. B.:

#### **Erkenntnis**

- Wie werden physikalische Inhalte gelernt?
- Wo sind die besonderen Schwierigkeiten dabei?
- Weshalb finden Schüler/innen Physik so uninteressant?

#### **Nutzen**

- Implementation von Forschungsergebnissen in der Schulpraxis
- Bereitstellung „funktionierender“ Materials

An einem konkreten Beispiel soll im Folgenden vorgestellt werden, wie nutzenorientierte Grundlagenforschung einen wichtigen Beitrag zur Weiterentwicklung von Erkenntnisstand und der Schulpraxis spielen kann.

## **Lernen Newtonscher Mechanik**

### **Ausgangslage**

Beinahe schon traditionell zu nennen sind die regelmäßig ausbrechenden Klagen über das Abschneiden österreichischer Jugendlicher bei großen Vergleichsstudien wie PISA oder TIMMS. Dass dabei ein wahrer Kern enthalten sein muss, zeigt sich immer wieder in kleineren Studien. So wurden z. B. im Jahr 2008 Studierende des ersten Semesters zu Beginn des Wintersemesters zu ihren Kenntnissen aus der Mechanik befragt (Schörkhuber, 2009). Zum Einsatz kam dabei ein standardisiertes Messinstrument (Force Concept Inventory – FCI) mit 30 Multiple-Choice-Fragen zu Kinematik, Newtonschen Axiomen und Kraftarten. Ein Beispielim dieses Tests ist in Abb. 2 abgedruckt.

Ein Junge wirft eine Stahlkugel senkrecht nach oben. Betrachten Sie die Bewegung der Kugel während des Zeitraumes, nachdem sie die Hand des Jungen verlassen hat und bevor sie wieder den Boden erreicht. Nehmen Sie an, dass alle Luftreibungskräfte vernachlässigbar klein sind. Unter diesen Bedingungen wirken auf die Kugel folgende Kräfte:

- A) Eine nach unten gerichtete Schwerkraft, zusammen mit einer stetig abnehmenden nach oben gerichteten Kraft.
- B) Eine stetig abnehmende nach oben gerichtete Kraft für den Zeitraum vom Verlassen der Hand bis zum Erreichen des höchsten Punktes, und während der Abwärtsbewegung eine stetig zunehmende nach unten gerichtete Schwerkraft, wenn sich die Kugel der Erde nähert.
- C) Eine nahezu konstante nach unten gerichtete Schwerkraft, zusammen mit einer nach oben gerichteten Kraft, die so lange stetig abnimmt, bis die Kugel ihren höchsten Punkt erreicht, und während der Abwärtsbewegung nur eine konstante nach unten gerichtete Schwerkraft.
- D) Nur eine konstante nach unten gerichtete Schwerkraft.
- E) Keine der genannten Kräfte. Die Kugel fällt wegen ihrer natürlichen Tendenz, sich auf der Erdoberfläche in Ruhe zu befinden.

Abb. 2: Beispielim aus dem FCI

Von insgesamt 30 möglichen Punkten erreichen Studierende mit Hauptfach Physik im Durchschnitt nur 13,6 Studierende mit Nebenfach Physik sogar nur 10,2. Ein beginnendes Verständnis der Newtonschen Mechanik – was nach interna-

tionaler Übereinkunft bei 18 Punkten beginnt – erreichen von den Hauptfachstudierenden nur 40 von 172 Probanden. Ein vertieftes Verständnis (ab 25 Punkten) erreichen bei den zukünftigen Physikstudierenden 13 Personen (Abb. 3).

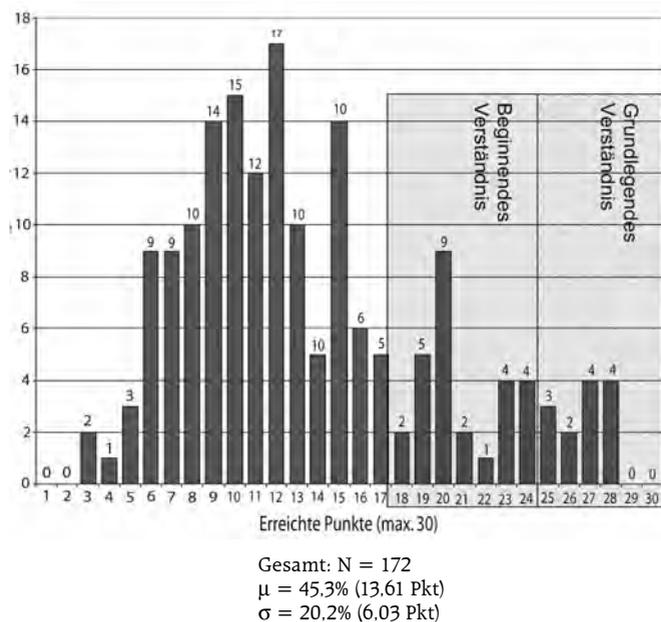


Abb. 3: Ergebnisse von Studierenden zu Beginn des Studiums im FCI

Insgesamt zeigen also die Erstsemestrigen zu Beginn des ersten Semesters kaum fundierte Kenntnisse zu den Konzepten der Newtonschen Mechanik. Das gibt insbesondere daher zu denken, als ja gerade diese jungen Erwachsenen sich für ein Studium der Physik entschieden haben und entsprechend zuversichtlich hinsichtlich ihrer Vorkenntnisse und Begabungen sind. Dass solche Ergebnisse kein österreichisches Spezifikum darstellen, zeigen analoge Studien (z. B. Girwidz, Kurz, Kauz, 2003).

Zusammenfassend kann man also folgern, dass das Lernen der Newtonschen Mechanik offenbar besonders schwierig ist. Selbst diejenigen Schülerinnen und Schüler, die sich selbst als so erfolgreich und begabt erleben, dass sie in Betracht ziehen, ein Physikstudium aufzunehmen, erreichen – wenn überhaupt – nur ein beginnendes Verständnis der zugrundeliegenden Konzepte.

### Lernschwierigkeiten

Die Frage liegt nun nahe, wieso das Lernen der Mechanik sich als so schwierig erweist. Eine nahe liegende Antwort besteht darin, dass – wie vermutlich jede Leserin und jeder Leser selbst erlebt hat – dieses Gebiet der Physik tatsächlich schwierig ist. Die Konzepte der Newtonschen Mechanik sind – so einfach wie sie zunächst erscheinen mögen – an vielen Stellen überaus schwer und oft wenig intuitiv zu nennen. Das allein kann allerdings nicht der einzige Grund dafür sein, wieso das Lernen hier so wenig gelingt.

Weitere Hinweise sind der schon oben zitierten Arbeit von Schörkhuber zu entnehmen. Analysiert man z. B. die Detailantworten, stellt sich Erstaunliches heraus. So beantworten die Probanden die Frage in Abb. 2 nur zu 12 % richtig. Am

häufigsten wird (mit 62 %) Antwort C angekreuzt. Offenbar sind die Antwortenden der festen Überzeugung, dass während der ersten Flugphase der Kugel eine weitere Kraft wirken muss. Erst wenn diese „aufgebraucht“ ist, kann die Kugel hinabfallen. Diese Deutung des Phänomens ist offenbar so plausibel, dass die physikalische Sichtweise dagegen kaum bestehen kann. In diesem Antwortverhalten zeigen sich sehr deutlich die Vorstellungen, die die Studierenden aus ihrem Alltag mit in den Physikunterricht gebracht haben. Diese Vorstellungen stellen sich allerdings immer wieder als nicht mit physikalischen Deutungen vereinbar heraus und behindern damit das Lernen. Warren (1979) formuliert das so:

„Unsere Vorstellungen über Kraft und Bewegung beruhen auf physischen Empfindungen, und so unterscheiden wir natürlich zwischen dem Zustand der Bewegung und dem der Ruhe. Wir wissen, dass wir uns anstrengen müssen, um gegenüber unserer Umgebung in Bewegung zu bleiben, und deshalb sind wir tief in unserem Inneren davon überzeugt, dass eine Kraft nötig ist, um Bewegung **aufrecht zu erhalten**, und dass diese Bewegung in die Richtung der einwirkenden Kraft erfolgt. Physiker dagegen gehen davon aus, dass Kräfte nur zur **Änderung** einer Bewegung erforderlich sind – eine Vorstellung, die dem „Alltagsverständnis“ total widerspricht.“

Damit ist auch klar, dass Physikunterricht, der diese bereits im Vorfeld entstandenen Vorstellungen nicht berücksichtigt, wahrscheinlich wenig erfolgreich sein wird.

Solche **Schülervorstellungen** gibt es in allen Bereichen der Physik. Diese wurden in einer großen Anzahl von fachdidaktischen Forschungsarbeiten aufgedeckt. Eine Übersicht über verschiedene Schülervorstellungen findet sich z. B. in Müller, Wodzinski, Hopf (2007).

Daneben finden sich aber auch Belege dafür, dass Lernschwierigkeiten durch Lernangebote des Physikunterrichts, die für Schüler/innen schwer verständlich sind, hervorgerufen werden können. Bekannt ist hier z. B., dass die übliche Einführung in die Kinematik über eindimensionale Betrachtung von Bewegungen erhebliche Schwierigkeiten für die Lernenden bereitet. So stellt sich heraus, dass Bewegungsänderungen im Eindimensionalen (also z. B. bei Fahrbahnversuchen) für Lernende sehr schwer verständlich sind (Wodzinski, 1996).

Immer wieder finden sich darüber hinaus in Lehrbüchern physikalisch fragwürdige, wenn nicht sogar falsche Darstellungen (Abb. 4).



Abb. 4: Was kann an dieser Darstellung nicht stimmen? (aus Warren. 1979)

## Interventionsmöglichkeiten

Nachdem nun eindrucksvoll festgestellt wurde, wie schwer das Lernen Newtonscher Mechanik ist, liegt natürlich die Frage nahe, welche Möglichkeiten zur Verbesserung für den Physikunterricht bestehen. Diese Frage ist besonders dann auch von großem Interesse für die Physikdidaktik, wenn sie sich der nutzenorientierten Grundlagenforschung zurechnet. Leider erweist sich hier zum wiederholten Male, dass es keine einfachen Lösungen oder Patentrezepte gibt.

So zeigt sich z. B. bei empirischer Analyse, dass weder der Einsatz von Experimenten oder die Verwendung neuer Medien automatisch zu einer Verbesserung des Lernerfolgs beitragen. Ebenso wenig erweist sich die oft geforderte methodische Variation des Unterrichts als Patentrezept. Für erfolgreichen Physikunterricht besteht der Weg also offenbar weniger darin, zu überlegen, welches Experiment oder Medium gerade gut zum Stoff passt, welche Methode sich inhaltlich gerade anbieten würde oder was noch alles besprochen werden muss. Wesentlich wichtiger zu sein scheint es, stets zu überlegen, vor welchen Lernaufgaben die Schüler/innen gerade stehen, welche Lernhindernisse zu erwarten sind und mit welchen Mitteln dieser Lernprozess unterstützt werden kann. Dies stellt allerdings eine gewaltige Herausforderung dar, da dieses Verfahren für jeden Lernschritt einer komplexen Unterrichtseinheit durchgeführt werden muss. Der dazu notwendige Aufwand ist enorm und stellt daher ein langfristiges Forschungs- und Entwicklungsprogramm für die Physikdidaktik dar. Ein möglicher Weg hierzu soll im Folgenden beschrieben werden.

## Zweidimensionaler Zugang zur Mechanik

Lange Zeit wurde in die Mechanik eingeführt, indem man zunächst statische Kräfte einführte und erst wesentlich später zur Dynamik überging. Eine etwas aktuellere Vorgehensweise besteht darin, anhand eindimensionaler Bewegungen die Begriffe der Geschwindigkeit und Beschleunigung einzuführen. Hierfür wird allerdings nur sehr wenig Unterrichtszeit verwendet wird. Danach wird schnell zu den Newtonschen Gesetzen übergeleitet. Der Ablauf dieses Unterrichtsgangs ist in Abb. 5 dargestellt. Wie die vorangegangenen Analysen belegen, ist diese Vorgehensweise nicht dazu geeignet, ein vertieftes Verständnis der Newtonschen Mechanik zu erreichen. Das erkennt man z. B. auch daran, dass der eindimensionale Zugang unterstützt, dass viele Schüler/innen Geschwindigkeit auf eine Betragsgröße reduzieren, die man mit Tempo bezeichnen könnte und nicht mit dem physikalischen Geschwindigkeitsbegriff übereinstimmt.

- Geschwindigkeit  $v = \Delta x / \Delta t$
- Beschleunigung  $a = \Delta v / \Delta t$
- Kraft
- Trägheit
- Kräftegleichgewicht
- $F = ma$
- Wechselwirkungsprinzip
- Gravitation und Fallbeschleunigung
- Hookesches Gesetz
- Kräfteaddition und -zerlegung

Abb. 5: Traditionelle Vorgehensweise

Eine weitere Möglichkeit besteht nun darin, die Mechanik von vornherein im Zweidimensionalen zu betrachten. Dazu wird zunächst die Geschwindigkeit als Vektorgröße eingeführt. Hier erweisen sich moderne Formen der Messwertgewinnung (Videoanalyse) als äußerst hilfreich. Aus der genauen Analyse von Bewegungen wird anschließend die „Zusatzgeschwindigkeit“  $\Delta \vec{v}$  als Kernbegriff des Lehrgangs erarbeitet. Diese Zusatzgeschwindigkeit wird dabei als eigenständige Größe eingeführt, die angibt, wie sich die Geschwindigkeit in einem Zeitintervall  $\Delta t$  ändert. Die Erkenntnis, dass eine Einwirkung auf einen Körper immer eine Zusatzgeschwindigkeit bewirkt, führt unmittelbar zu einer Formulierung der Newtonsche Bewegungsgleichung in ihrer ursprünglichen Form  $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$ . Durch deren Verwendung ist es möglich, komplexe Bewegungen des Alltags ohne Rückgriff auf den Begriff der Beschleunigung zu diskutieren. Ein Überblick über die Vorgehensweise in diesem Konzept ist in Abb. 6 dargestellt.

- Beschreibung von Bewegungen
  - Tempo
  - Geschwindigkeit als gerichtete Größe
  - Zusatzgeschwindigkeit
  - Die Newtonsche Bewegungsgleichung:  
Je größer die Einwirkung, desto größer  
Je länger die Einwirkung, desto größer  
Je größer die Masse, desto kleiner
- Zusammen:  
Kraftarten (Gravitation, Reibung)  
Kräfteaddition, -gleichgewicht  
Trägheitssatz

Abb. 6: Zweidimensionaler Zugang zur Mechanik

Im Detail läuft dieser Kurs so ab: Zu Beginn wird der Begriff der Geschwindigkeit (im physikalischen Sinn) erarbeitet. Dabei liegt der Schwerpunkt von vornherein darauf, die Geschwindigkeit als Vektorgröße einzuführen. Die Schüler/innen lernen, Geschwindigkeiten mit einem Pfeil darzustellen. Dessen Länge gibt - wie ein Tachometer - das Tempo (den Betrag der Geschwindigkeit) an; dessen Richtung die Richtung, in der sich der Körper bewegt. Dies gelingt besonders gut durch die Verwendung von Videofilmen oder Stroboskopaufnahmen. Entweder wird dann mit einem Videoanalyseprogramm in einem Videoclip die Position eines Objektes in jedem Bild bestimmt oder es werden die verschiedenen Positionen direkt aus dem Stroboskopbild abgelesen. Moderne Programme wie z. B. MeasureDynamics der Firma Phywe ermöglichen beide Zugangsweisen. Aus der Position eines Objekts zu verschiedenen Zeitpunkten lässt sich dann sehr einfach dessen Geschwindigkeit ablesen, wobei bei diesem Vorgehen der Vektorcharakter der Geschwindigkeit fast beiläufig eingeführt werden kann. Zur genaueren Klärung werden dann die Begriffe Tempo und Geschwindigkeit deutlich unterschieden.

Der Kernbegriff des Lehrgangs ist die „Zusatzgeschwindigkeit“ ( $\Delta \vec{v}$ ). Dieser wird anschließend erarbeitet und die Verwendung des Begriffs ausführlich eingeübt. Der Fokus wird also weniger auf Anfangs- und Endgeschwindigkeit während eines Vorganges gelegt als viel mehr auf den Unterschied

zwischen beiden. Wichtig ist immer, dass nicht nur Betrags- sondern auch Richtungsänderungen diskutiert werden.

Die für die Mechanik grundlegende Idee, dass eine Einwirkung zu einer Geschwindigkeitsänderung (Zusatzgeschwindigkeit) führt und umgekehrt eine beobachtete Geschwindigkeitsänderung auf eine Einwirkung schließen lässt, lässt sich sehr gut am Beispiel des Fußballspiels diskutieren. Für die Diskussion im Unterricht haben sich Stoßversuche mit schweren Stahlkugeln (ca. 1 kg) bewährt. Die geometrische Vektoraddition lässt sich aus dem aufgezeichneten Bewegungsablauf „direkt ablesen“ (Wiesner, 1994). Die Erkenntnis aus diesen Versuchen ist die Folgende: Eine Einwirkung, z.B. ein Stoß, fügt zu der Anfangsgeschwindigkeit eine Zusatzgeschwindigkeit  $\Delta\vec{v}$  in Einwirkungs- bzw. Stoßrichtung hinzu.

Damit dieser wichtige Schritt verstanden wird, muss hier ausreichend Unterrichtszeit verwendet werden. Bewährt hat sich außerdem an dieser Stelle die Verwendung einer eigens entwickelten Simulation (Abb. 7, Rachel, 2008).

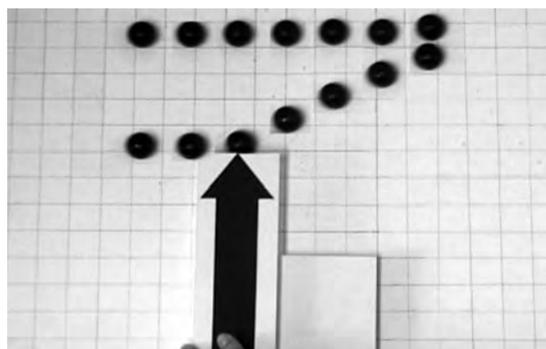


Abb. 7: Stroboskopbild des folgenden Vorgangs (von oben betrachtet): Zwei Kugeln rollen (von einer geneigten Ebene kommend) von links nach rechts. Auf die untere wird ein Stoß ausgeübt. Dadurch erhält sie zusätzlich zur ursprünglichen Geschwindigkeit eine Zusatzgeschwindigkeit in Stoßrichtung.

Im weiteren Verlauf wird der Zusammenhang zwischen Einwirkung und Zusatzgeschwindigkeit dann weiter differenziert. Hier lassen sich recht einfach Plausibilitätsüberlegungen anstellen. So finden Schülerinnen und Schüler plausibel, dass je stärker die Einwirkung ist, desto größer die Zusatzgeschwindigkeit ausfällt (ein stärkerer Stoß/Schlag, ein stärkerer Magnet oder ein „stärkerer“ Motor führen zu einer größeren Geschwindigkeitsänderung beim Einwirkungspartner) oder dass bei jeweils gleicher Stärke der Einwirkung die Zusatzgeschwindigkeit umso größer ist, je länger die Einwirkung dauert (Anfahren eines Autos, freier Fall,...). Dass außerdem die Masse des Körpers eine Rolle spielt, stellt für die Lernenden ebenfalls kein Problem dar. Fasst man alle Überlegungen zusammen, so ergibt sich zwanglos die Newtonsche Kraftstoßgleichung  $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta\vec{v}$ . Die Mächtigkeit dieser Beziehung wird im Verlauf des Lehrgangs nun weiter erprobt. Dazu werden zunächst verschiedene Alltagsprobleme wie Sicherheit beim Autounfall oder der Tritt gegen einen Fußball diskutiert um danach die speziellen Kraftgesetze zur Erdanziehungskraft, der Federkraft usw. zu erarbeiten. Den Abschluss des Kurses stellen Diskussionen des Trägheitssatzes und die Vertiefung des Wechselwirkungssatzes dar.

Diese Vorgehensweise für den Mechanikunterricht basiert auf alten Vorschlägen (Jung, Reul, Schwedes; 1977). Sie wurde immer wieder unter verschiedenen Gesichtspunkten in fachdidaktischen Untersuchungen eingesetzt und hat auch schon mehrfach ihren Nutzen unter Beweis gestellt. Dennoch ist sie im Bereich der Schulpraxis bisher nach wie vor nahezu unbekannt, was auch daran liegen mag, dass bisher keine praxistaugliche Ausarbeitung davon existierte, geschweige denn leicht zugänglich war. Auch im Rahmen wissenschaftlicher Forschung bestehen für diesen Kurs noch Desiderata hinsichtlich der Überprüfung seiner Wirkungsweise.

## Ein aktuelles Forschungsprojekt

Vor diesem Hintergrund wurde in einer Kooperation der Universitäten Würzburg, München und Wien ein Forschungsprojekt gestartet. Ziel ist es – im Rahmen von nutzenorientierter Grundlagenforschung –, die vorgestellte Vorgehensweise genauer zu erforschen. Aus Sicht der Erkenntnisgewinnung geht es dabei darum, die Frage nach der Schwierigkeit beim Lernen der Mechanik und Erfolg versprechenden Lösungsansätzen zu erhellen. Darüber hinaus wird auch der Zusammenhang von Erfolgserlebnissen mit Motivation und Interesse der Schüler/innen untersucht. Der mögliche Nutzen dabei liegt darin, dass ein Mechanikkurs für die Schulpraxis vorgeschlagen werden kann, der u. U. größere Lernerfolge bedingen kann.

Als erster Schritt war es dabei notwendig, entsprechende Unterrichtsmaterialien zu entwickeln. Dazu wurde zunächst – basierend auf verschiedenen Vorarbeiten – ein Lehrtext für Schülerinnen und Schüler erstellt (Hopf, Waltner, Wilhelm, Wiesner, 2008). Dabei wurde versucht, einen Schulbuchähnlichen Stil zu verwenden. Darüber hinaus wurden Videoaufnahmen von Experimenten, passende Videoanalysen sowie ein Simulationsprogramm produziert (Abb. 8).

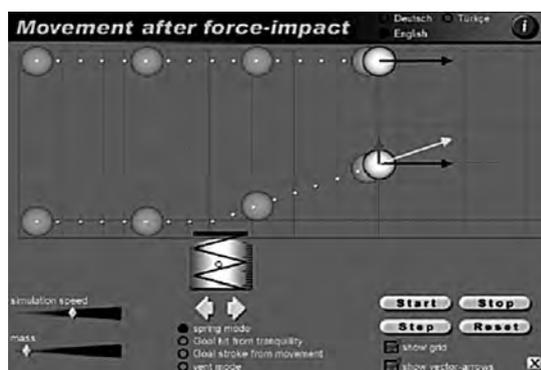


Abb. 8: Simulationsprogramm

Seit März 2008 läuft eine groß angelegte empirische Untersuchung, in der mit einem Kontroll-Experimentalgruppen-Design die Wirksamkeit des neuen Kurses im Vergleich zu traditionellen Ansätzen überprüft wird. Dabei werden nicht nur der Wissenserwerb der Schüler/innen, sondern auch deren Selbsteinschätzung und ihr Interesse verfolgt. Erste Ergebnisse sind ermutigend (Wilhelm, Waltner, Hopf et al., 2009).

## Fazit

Nutzenorientierte Grundlagenforschung stellt ein Leitmotiv für fachdidaktische Forschung dar, in dem es nicht nur möglich sein wird, wertvolle Beiträge zu den Grundlagen des Lernens und Lehrens der Physik zu liefern, sondern gleichzeitig auch Anregungen für die Schulpraxis und die Weiterentwicklung des Physikunterrichts zu geben. Wie das Beispiel zum Lernen der Newtonschen Mechanik zeigt, ist ein entsprechendes Vorgehen überaus ertragreich.

## Literatur

- Fischer, F., Waibel, M., Wecker, Chr. (2005): Nutzenorientierte Grundlagenforschung im Bildungsbereich. In.: *ZfE* 8, 427-442.
- Girwidz, R., Kurz, G., Kauz, C. (2003): Zum Verständnis der Newtonschen Mechanik bei Studienanfängern – der Test, Force Concept Inventory – FCI – In: Nordmeier, V. (Red.): *Didaktik der Physik. Beiträge der Frühjahrstagung der DPG – Augsburg 2003*, Berlin
- Hopf, M., Waltner, C., Wilhelm, T., Wiesner, H. (2008). *Einführung in die Mechanik*. München, Würzburg.
- Jung, W., Reul, H., Schwedes, H. (1977). *Untersuchungen zur Einführung in die Mechanik in den Klassen 3-6*. Diesterweg.
- Müller, R., Wodzinski, R., Hopf, M. (Hrsg.) (2007): *Schülervorstellungen in der Physik*. Köln: Aulis.
- Rachel, A. (2008): *Simulationsprogramm zur zweidimensionalen Mechanik*. Online erhältlich unter: <http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/> → Materialien
- Schörkhuber, B. (2009): *Konzeptverständnis der Erstsemestrigen Studierenden im Verlauf eines Semesters*. Universität Wien.
- Stokes, D. E. (1997): *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*. Washington: Brookings Institution Press.
- Wiesner, H. (1994): Zum Einführungsunterricht in die Mechanik: Statisch oder dynamisch. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie* (22), S.16-23.
- Wilhelm, Th., Waltner, Chr., Hopf, M., Tobias, V., Wiesner, H. (2009): Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht – quantitative Ergebnisse zur Verständnis- und Interessenentwicklung. In: Nordmeier V., Oberländer A. (Hrsg.): *Didaktik der Physik – Bochum 2009*. Berlin: Lehmanns Media.
- Wodzinski, R. (1996). *Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Dynamik im Anfangsunterricht*. LIT

# Usain Bolt's Rekordlauf

Acht Läufer qualifizierten sich für den Endlauf über 100m (Männer) bei der LA-Weltmeisterschaft 2009 in Berlin, der mit Usain Bolt's fabelhaften Weltrekord endete.

Aus den Daten der Tabelle (Quelle: <http://berlin.iaaf.org/>) lassen sich als Übungsaufgaben (grafisch oder rechnerisch) Durchschnittsgeschwindigkeiten der Läufer und Vorsprung des Siegers ermitteln. (RT: Reaktionszeit vom Startschuss bis Laufbeginn, t<sub>20</sub> (etc.) die Laufzeit bis 20 m (etc.); Alle Zeiten in Sekunden).

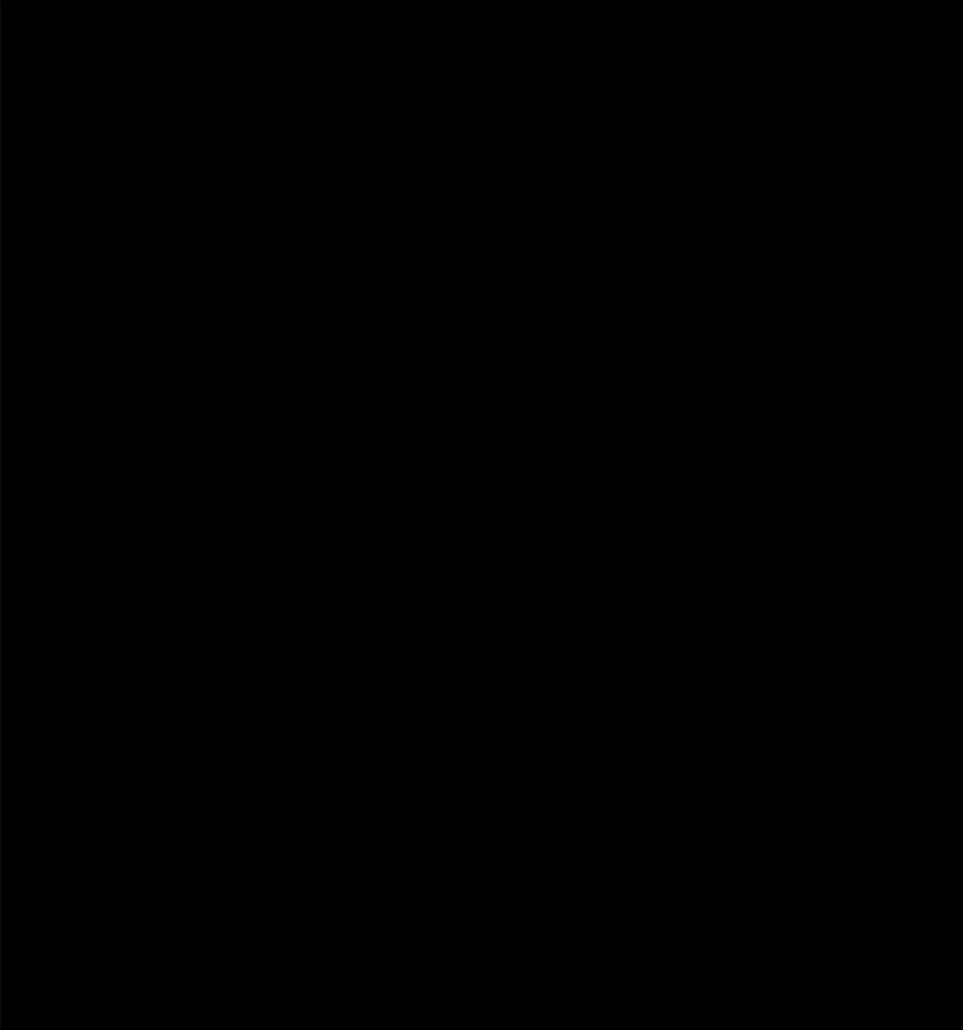
Das Zielfoto wird mit einer Zeilenkamera aufgenommen und bietet Stoff zum Knobeln ([http://berlin.iaaf.org/images/photofinish/3658/m\\_100\\_f\\_1.jpg](http://berlin.iaaf.org/images/photofinish/3658/m_100_f_1.jpg)).

## Fazit

Nutzenorientierte Grundlagenforschung stellt ein Leitmotiv für fachdidaktische Forschung dar, in dem es nicht nur möglich sein wird, wertvolle Beiträge zu den Grundlagen des Lernens und Lehrens der Physik zu liefern, sondern gleichzeitig auch Anregungen für die Schulpraxis und die Weiterentwicklung des Physikunterrichts zu geben. Wie das Beispiel zum Lernen der Newtonschen Mechanik zeigt, ist ein entsprechendes Vorgehen überaus ertragreich.

## Literatur

- Fischer, F., Waibel, M., Wecker, Chr. (2005): Nutzenorientierte Grundlagenforschung im Bildungsbereich. In.: *ZfE* 8, 427-442.
- Girwidz, R., Kurz, G., Kauz, C. (2003): Zum Verständnis der Newtonschen Mechanik bei Studienanfängern – der Test, Force Concept Inventory – FCI – In: Nordmeier, V. (Red.): *Didaktik der Physik. Beiträge der Frühjahrstagung der DPG – Augsburg 2003*, Berlin
- Hopf, M., Waltner, C., Wilhelm, T., Wiesner, H. (2008). *Einführung in die Mechanik*. München, Würzburg.
- Jung, W., Reul, H., Schwedes, H. (1977). *Untersuchungen zur Einführung in die Mechanik in den Klassen 3-6*. Diesterweg.
- Müller, R., Wodzinski, R., Hopf, M. (Hrsg.) (2007): *Schülervorstellungen in der Physik*. Köln: Aulis.
- Rachel, A. (2008): *Simulationsprogramm zur zweidimensionalen Mechanik*. Online erhältlich unter: <http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/> → Materialien
- Schörkhuber, B. (2009): *Konzeptverständnis der Erstsemesternden im Verlauf eines Semesters*. Universität Wien.
- Stokes, D. E. (1997): *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*. Washington: Brookings Institution Press.
- Wiesner, H. (1994): Zum Einführungsunterricht in die Mechanik: Statisch oder dynamisch. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie* (22), S.16-23.
- Wilhelm, Th., Waltner, Chr., Hopf, M., Tobias, V., Wiesner, H. (2009): Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht – quantitative Ergebnisse zur Verständnis- und Interessenentwicklung. In: Nordmeier V., Oberländer A. (Hrsg.): *Didaktik der Physik – Bochum 2009*. Berlin: Lehmanns Media.
- Wodzinski, R. (1996). *Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Dynamik im Anfangsunterricht*. LIT



Acht Läufer qualifizierten sich für den Endlauf über 100m (Männer) bei der LA-Weltmeisterschaft 2009 in Berlin, der mit Usain Bolt's fabelhaften Weltrekord endete.

Aus den Daten der Tabelle (Quelle: <http://berlin.iaaf.org/>) lassen sich als Übungsaufgaben (grafisch oder rechnerisch) Durchschnittsgeschwindigkeiten der Läufer und Vorsprung des Siegers ermitteln. (RT: Reaktionszeit vom Startschuss bis Laufbeginn, t<sub>20</sub> (etc.) die Laufzeit bis 20 m (etc.); Alle Zeiten in Sekunden).

Das Zielfoto wird mit einer Zeilenkamera aufgenommen und bietet Stoff zum Knobeln ([http://berlin.iaaf.org/images/photofinish/3658/m\\_100\\_f\\_1.jpg](http://berlin.iaaf.org/images/photofinish/3658/m_100_f_1.jpg)).

# Schools@ university



## Climate x Energy



## SchülerInnenUni der TU Wien – Klima + Energie

### 22. bis 26. Februar 2010

Ende Februar 2010 ist es wieder so weit: An die tausend Schülerinnen und Schüler werden in das Hauptgebäude der TU Wien kommen, um an der 2. SchülerInnenUni „Klima + Energie“ teilzunehmen.

Vom 22. bis 26. Februar 2010 können Schulklassen der 5. und 6. Schulstufe aus Hauptschulen, AHS und Neuen Mittelschulen an jeweils einem Tag eine abwechslungsreiche Mischung aus interaktiven Vorlesungen, Aufführungen und Workshops zu Themen wie Energiesparen, Klimaschutz und Nachhaltigkeit besuchen.

Details finden Sie auf der Projekthomepage [www.schools-at-university.eu/wien](http://www.schools-at-university.eu/wien). Die Teilnahme ist kostenlos!

Zur Vorbereitung ist ein PädagogInnen-Workshop geplant, um einen Überblick über didaktische Möglichkeiten zum Themenkreis Energie/Klima zu geben und Erfahrungsaustausch zwischen LehrerInnen und Experten bzw. außerschulischen Bildungsakteuren zu ermöglichen.

Nähere Informationen zum Programm bzw. zu den Anmeldungsmodalitäten für die SchülerInnenUni 2010 finden Sie ab Dezember 2009 auf der Homepage (Adresse wie oben). Wenn Sie weiterführende Fragen haben, wenden Sie sich bitte an [schueleruni@eeg.tuwien.ac.at](mailto:schueleruni@eeg.tuwien.ac.at)

### Über schools@university

Die TU Wien bietet von September 2009 bis Februar 2011 drei Schülerunis schools @ university – Klima + Energie für Schulklassen der 5. und 6. Schulstufen von AHS, NMS und HS an. Das jeweils einwöchige Programm bietet interaktive Vorträge, Workshops und Diskussionsrunden über Kernthemen zu Energie und Klimawandel an. Es werden naturwissenschaftliche, technische und gesellschaftliche Aspekte des Klimaschutzes, der intelligenten Energienutzung und -bereitstellung altersgerecht vermittelt und Bezüge zur eigenen Lebenswelt der Schüler hergestellt. Auswirkungen beispielsweise der Lebensmittelherstellung, der Verkehrsmittelwahl oder der Freizeitgestaltung werden mit Dozenten der Forschungseinrichtungen und mit außerschulischen Bildungsakteuren interaktiv diskutiert.

Schüler und Schülerinnen sollen die querschnittsorientierten Aufgabenstellungen des Klimaschutzes und einer nachhaltigen Entwicklung kennen lernen und die nötigen Gestaltungskompetenzen erwerben, um selbst Problemlösungen entwickeln und nutzen zu können. Spezifische und thematisch eingegrenzte Inhalte werden durch vielfältige Methoden, z.B. Spiele, künstlerisch-kreative Auseinandersetzung, Experimente, Filmvorführungen mit Diskussionsrunden, szenische Darstellungen und Exkursionen vermittelt.

### Europaweites Projekt

Die Schüleruni schools @ university – Klima + Energie der Technischen Universität Wien ist Teil eines europäischen Projektes „Schools at University for Climate & Energy (SAUCE)“. Es wird durch das EU-Programm Intelligent Energy Europe finanziell unterstützt. Projektpartner sind neben der Technischen Universität Wien die Freie Universität Berlin sowie fünf weitere Universitäten aus Dänemark, Großbritannien, Lettland und den Niederlanden



# Forschungspraktikum

## Ein neuer Weg der Zusammenarbeit zwischen Universität und Pädagogischer Hochschule

Gerhard Rath, Andreas Niggler, Peter Holl

Magnete sind einfache Dinge, zumindest scheint es so zu sein. Oft begegnen sie uns im alltäglichen Leben, Kinder spielen gerne mit ihnen. Ihre faszinierenden Wirkungen können ohne weiteres Thema im Sachunterricht der Grundschule sein, und doch: Erst vor 2 Jahren wurde der Nobelpreis der Physik für Arbeiten auf dem Gebiet des Magnetismus vergeben. Wie diese Kräfte genau entstehen und wie sie auf verschiedene Materialien wirken, ist Gegenstand intensiver Forschung weltweit.



Den Zusammenhang von elementarer Begegnung mit Phänomenen und deren Repräsentation in aktueller Spitzenforschung für Studierende erfahrbar zu machen, war eines der Ziele des „Forschungspraktikums“. Man kann es auch als den Versuch der Überwindung einer Kluft sehen, zur Verkleinerung des Grabens zwischen der Ausbildung an der Pädagogischen Hochschule (zur Lehrkraft für die Grundschule) und jener an der Universität (zur Lehrkraft für Höhere Schulen). Im konkreten ging es um die Kirchliche Pädagogische Hochschule (KPH) und das Institut für Physik der Universität in Graz sowie um 16 Studierende beider Institutionen.

### Die Idee

Die Idee zu einer gemeinsamen Lehrveranstaltung entstand im Rahmen unserer Zusammenarbeit im Regionalen Fachdidaktikzentrum Physik (<http://fachdid.uni-graz.at/ph Moodle/course/view.php?id=4>, *Gastzugang: frei*), und zwar aus einer

Dr. Gerhard Rath betreut die Lehramtsausbildung Physik an der Universität Graz und unterrichtet Physik am BRG Keplerstraße in Graz. Peter Holl und Dr. Andreas Niggler sind für die Ausbildung für den Sachunterricht der Grundschule an der Kirchlichen Pädagogischen Hochschule Graz verantwortlich.

dessen Richtlinien: Förderung von Lehren und Lernen auf allen Ebenen – vom Kindergarten bis zur Universität. Dass die Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Fragen und Methoden möglichst früh beginnen soll, ist schon fast ein Allgemeinplatz (z.B. Wodzinski u.a. 2006, Gunacker u.a. 2006). Diese Erkenntnis hat sich aber bisher kaum in der Ausbildung der Pädagogen und Pädagoginnen für Kindergarten und Grundschule niedergeschlagen. Ein Teil der Problematik kommt aus der Abtrennung dieser Ausbildung von der naturwissenschaftlichen Forschung, weshalb sie – obwohl oft ambitioniert verfolgt – auf Mittelschulniveau bleiben muss.

Wechseln wir die Seite. Die Lehramtsausbildung an den Universitäten hat die Nähe zur Forschung. Was aber dieser vorgeworfen wird, ist die Ferne zur Schulpraxis. Während Studierende an den Pädagogischen Hochschulen Woche für Woche unterrichten, werden zukünftige Lehrkräfte für die Höheren Schulen nur für wenige Stunden mit Kindern und Jugendlichen konfrontiert. Hier erfolgt die schulpraktische Ausbildung ja erst nach Abschluss des Studiums an der Universität im einjährigen Unterrichtspraktikum.

Warum also nicht diese beiden Welten zusammenbringen? Die Idee war einfach: Studierende des Lehramts Physik bereiten Gebiete aktueller Forschung an ihrem Institut für Studierende der Kirchlichen Pädagogischen Hochschule auf. So erfahren diese, wie es mit einfachen Versuchen im Sachunterricht weitergehen kann. Zum Beispiel: Wir schauen durch eine Lupe, wir sehen vergrößert. Wie kann man weiter vergrößern? Wie weit kann man überhaupt vergrößern? Diese Fragen haben uns zum Elektronenmikroskop geführt, zu einem wichtigen Instrument im Forschungsbereich Nano-Optik am Institut für Physik.

Wieder umgekehrt gefragt, von der Forschung ausgehend: Wie können wir Inhalte, Sinn und Methoden vermitteln? Wie bereiten wir konkret auf Laborführungen vor? Was an Physik ist minimal notwendig, um Forschung verstehen zu können? Wie verbinden wir diese Physik mit Möglichkeiten und Anspruch des Sachunterrichts der Grundschule? Die Themen wurden uns von Forschungsbereichen am Physikinstitut vorgegeben: Nano-Optik, Magnetometrie, Klimaforschung.

## Themen und Organisation

### Von der Lupe zum Elektronenmikroskop

- Wie vergrößert man?
- Wie funktionieren Mikroskope?
- Wie „sieht“ man in den Mikrokosmos?

### Vom Magneten zum Supraleiter

- Wie macht man Magnetismus sichtbar?
- Wie kann man ihn messen?
- Wie misst man kleinste Magnetfelder mithilfe von Supraleitern?

### Vom Wetterhäuschen zur Klimaforschung

- Wie „misst“ man das Wetter?
- Wie erstellt man Modelle für die Klimaentwicklung?

Jeweils drei Studierende des Fachdidaktischen Seminars am Institut für Physik der Universität Graz nahmen sich eines dieser Themen an und bereiteten entsprechende Workshops vor, deren zentrales Element Führungen durch Physikerinnen und Physiker am Institut waren. Von fachdidaktischer Seite setzten sie sich zum einen mit untersuchten Schülervorstellungen zu diesen Bereichen auseinander (Müller u.a. 2007), zum anderen mit Methoden naturwissenschaftlicher Forschung und deren Vermittlung (Stäudel u.a. 2006)

An der Kirchlichen Pädagogischen Hochschule wurde die Veranstaltung als Wahlpflichtfach für das 7. Semester ausgeschrieben, welches zum Erwerb des Bachelor-Abschlusses für Studierende der alten Studienordnung diente. Die Lehrveranstaltung „Vom Sachunterricht zur universitären Forschung“ wurde von sieben Studierenden gewählt, was etwa die Hälfte der Absolventinnen dieses Zusatzsemesters ausmachte. Sie erhielten einführende Einheiten zu den Themen und bereiteten diese auf der Ebene des Sachunterrichtes vor. Ein Teil der Arbeit wurde über die Lernplattform der KPH Graz abgewickelt: Wikis zur Vorbereitung, Materialien zu den Workshops, Meinungsaustausch und Portfolios. Da dort interne Diskussionen, Rückmeldungen und die Bewertung durchgeführt wurden, ist sie für Gäste nicht zugänglich. Weitere Informationen und alle Materialien sind jedoch auf der Lernplattform der Fachdidaktik Physik abrufbar: <http://fachdidaktik.uni-graz.at/physik2> (Gastzugang frei).

## Struktur der Workshops

1. Alltagserfahrungen, einfache Versuche, Möglichkeiten im Sachunterricht
2. Physikalische Einführung in das Themengebiet anhand von Experimenten
3. Vorbereitung auf den Forschungsbereich
4. Laborführung durch Wissenschaftler
5. Reflexion, Feedback, Diskussion über Methoden und Rahmenbedingungen von Forschung

Die Workshops fanden an 3 Nachmittagen am Physikinstitut der Uni Graz statt.



## Ablaufskizzen

### *Von der Lupe zum Elektronenmikroskop*

#### **Sachunterricht:**

- Versuche mit Lupe, Münzen im Wasser, optische Täuschungen.
- Prinzipien der geometrischen Optik, Erklärung von Vergrößerungseffekten. Warum kann man nicht beliebig weiter vergrößern? Licht als Welle: Beugungs- und Interferenzeffekte treten auf. Elektronen haben Welleneigenschaften, sie können für spezielle Mikroskope benutzt werden. Die Vergrößerung ist höher, da die Wellenlänge kürzer ist.
- Besichtigung des Raster-Elektronenmikroskops (Nicole Galler). Dieses wird hauptsächlich zur Herstellung von Proben im Nanometerbereich verwendet. Damit wird das Verhalten von Licht unterhalb seiner Wellenlänge untersucht. Mögliche Anwendung: Datenübertragung mit Licht innerhalb von Computern.

### *Vom Magneten zum Supraleiter*

#### **Sachunterricht:**

- Spiele und einfache Versuche mit Permanentmagneten
- Grundlegende Eigenschaften von Magneten, Magnetfeld, Elektromagnetismus, Materialien in Magnetfeldern. Messung der magnetischen Feldstärke, magnetische Eigenschaften von Supraleitern, Schweberversuche.
- Besichtigung der Abteilung für Magnetometrie und Photonik (Heinz Krenn). Mit dem SQUID kann man extrem kleine Magnetfelder messen und damit die magnetischen Eigenschaften verschiedener Proben untersuchen. Mögliche Anwendung: Verbesserte Eisenkerne für Transformatoren, energiesparende Werkstoffe.



## Vom Wetterhäuschen zur Klimaforschung

### Sachunterricht:

- Bau von Messgeräten für Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit
- Wetterfaktoren und deren Messung. Verwendung dieser Daten für Klimamodelle. Aktuelle Klimadiskussion, Klimawandel, globale Erwärmung.
- Besichtigung der Wetterstation der Universität Graz und des Bereichs für Klimaforschung (Ulrich Foelsche).

Neben diesen inhaltlichen Aspekten sollten Methodik und Umfeld naturwissenschaftlicher Forschung sichtbar werden:

- Wer betreibt Forschung?
- Wie sind die Arbeitsbedingungen von Wissenschaftlern?
- Was tun sie eigentlich?
- Wie kommt man zu diesem Beruf?
- Welche Fähigkeiten und Eigenschaften sind wichtig dafür?
- Was davon können wir „im Kleinen“ vorwegnehmen oder vorbereiten, z.B. im Sachunterricht?

## Ergebnisse und Erkenntnisse

Den Rückmeldungen zufolge waren die drei Nachmittage ein voller Erfolg für alle Beteiligten. Von Seiten der Studierenden der KPH wurde positiv vermerkt, dass sie in ihrer Kompetenz ernst genommen wurden und Einblicke in völlig neue Bereiche erhielten.

*„Ich muss wirklich sagen, ich war positiv von den Lehrveranstaltungen überrascht. Ich bin zunächst davon ausgegangen, dass uns die Studenten wie irgendwelche Kleinkinder behandeln würden, aber das war nie der Fall. Durch den praxisorientierten Teil wurde es nie langweilig und wir konnten sogar mit Materialien hantieren (z.B. Schweberversuch mit Supraleiter), zu welchen wir in unserer späteren Berufslaufbahn keinen Zugang mehr haben. Ich finde, es wurde uns immer sehr viel geboten und ich gewann einen kleinen Einblick in einen mir bis dato unbekanntem Bereich.“*

Auch die Studierenden der Universität erlebten die Kommunikation als ausgesprochen positiv und schätzten die Gelegenheit, auf diese Art Physik zu unterrichten.

*„Alles in allem kann man sagen, dass unsere Zusammenarbeit mit der Kirchlichen Pädagogischen Hochschule eine interessante Erfahrung war, die ich nicht missen möchte. Genau genommen, war sie ziemlich konträr zu meinem „ordinären“ Studienalltag, der zumeist nur aus monotonem Lernen besteht und sich oft auf Wissensanhäufung beschränkt.“*

*Ich musste mich zuerst selbst noch ein wenig einlesen und mit der Materie vertraut machen. Dadurch ist es mir mitunter auch leichter gefallen, Fragen aus einer „Schülerperspektive“ heraus zu verstehen. Und ich muss sagen, die Fragen, die die einzelnen zukünftigen Volksschullehrerinnen gestellt haben, haben mich positiv überrascht und ein nicht geheucheltes Interesse vermittelt. Ich glaube auch, dass der Sprung von der Alltagsphysik, also den Fragestellungen in unserer vertrauten Umgebung (mit Versuchen von einfachem Aufbau, wie die Vergrößerung durch Brillengläser usw.), Dinge die man kennt und auch irgendwo verstehen kann, bis hin zu den mikroskopisch kleinen Phänomenen, die nur schwer erfassbar sind, gut gelungen ist.*

*Unterrichtspraxis kann man nie überhaupt nie genug bekommen, ein wertvoller Beitrag für uns also.“*

Für uns als Betreuer der Lehrveranstaltung war es eine wunderbare Erfahrung, junge Menschen in intensiver Kommunikation über physikalische Themen erleben zu dürfen. Hervorheben möchten wir die Eigenständigkeit der Leistungen aller Studierenden. Vorbereitung und Durchführung der Workshops lag fast vollständig in ihren Händen und wurden mit Engagement und sichtbarer Freude absolviert.

Vielleicht kann dieses Beispiel eine ähnliche Zusammenarbeit zwischen anderen Institutionen anregen, um die Vermittlung von Forschung für den wichtigen Bereich der Grundschule zu stärken.

## Literatur

Gunacker E., Kirchmair G., Niggler A.: *Relevanz der Erfahrungs- und Lernbereiche Natur und Technik im Sachunterricht der Grundschule*. Forschungsbericht der Pädagogischen Akademie der Diözese Graz-Seckau 2006.

Müller R., Wodzinski R., Hopf M. (Hrsg.): *Schülervorstellungen in der Physik*. Aulis-Verlag 2007

Stäudel L., Werber B., Wodzinski R.: *Forschen wie ein Naturwissenschaftler*. Friedrich-Verlag 2006.

Wodzinski, R.: *Zwischen Sachunterricht und Fachunterricht*. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, (2006) 93, S. 4-9

### Materialien:

<http://fa.chdidaktik.uni-graz.at/physik2>

Regionales Fachdidaktikzentrum Physik Steiermark:  
<http://physik.didaktik-graz.at>

# Attraktiv für Mädchen und Burschen: Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht

Ilse Bartosch

## Hintergründe und Befunde

Obwohl die Lebensentwürfe junger Männer und Frauen in Österreich vielfältiger geworden sind und die Bildungsabschlüsse vergleichbar sind, zeigt sich doch, dass Männer und Frauen in einzelnen Berufssektoren unterschiedlich stark vertreten sind. Während Frauen in den naturwissenschaftlich-technischen Bereichen unterrepräsentiert sind, entscheiden sich deutlich weniger Männer für den sozialen oder pädagogischen Bereich, als Frauen. Die Mehrzahl der Mädchen engt bereits sehr früh durch die Wahl von Schulformen, in denen Mathematik und Naturwissenschaften eine untergeordnete Rolle spielen, das Spektrum möglicher Berufe ein. Diese frühe Weichenstellung schließt Frauen nicht nur von einem wichtigen und gut bezahlten Berufssektor weitgehend aus, sondern auch von der aktiven Mitgestaltung des politischen und gesellschaftlichen Lebens, das von den technischen Entwicklungen und den dadurch bedingten strukturellen Veränderungen geprägt ist.

Die Ergebnisse der internationalen Vergleichsstudien (TIMSS 1995; PISA 2000, 2003, 2006) unterstreichen diesen Befund<sup>1</sup>.

Während in Biologie die Leistungen der Mädchen und Burschen annähernd gleich sind, ergibt sich eine deutliche Asymmetrie in Physik und den Erdwissenschaften. Vergleicht man die Ergebnisse im Verlauf der Schulzeit (4., 8., 10. und 12. Schulstufe) so zeigt sich, dass in Österreich bereits in der Volksschule die Geschlechtsunterschiede signifikant sind und sich im Verlauf der Schulzeit vergrößern (vgl. auch die Untersuchung von Sabine Höfert (2006) in der Steier-

<sup>1</sup>TIMSS: Die Differenz zwischen den Leistungen der Mädchen und Burschen ist am Ende der Sekundarstufe 2 in Mathematik, Physik und den Erdwissenschaften größer als im internationalen Durchschnitt. (Stadler & Jungwirth, 2000)

PISA 2000: Österreich hat „mit 27 Punkten eine der größten Geschlechterdifferenzen in Mathematik weltweit.“ (PISA, 2000)

PISA 2003: Die österreichischen Schülerinnen sehen wenig Relevanz des Gelernten für ihren Alltag und die berufliche Zukunft (schlechtester Durchschnittswert im Vergleich mit 14 europäischen Ländern). (Haider & Reiter, 2004)

PISA 2006: In Österreich ist im Bereich „Physikalische Systeme“ der Unterschied zwischen Burschen und Mädchen mit 45 Punkten größer als in allen anderen teilnehmenden Ländern. (Schreiner, 2007)

Mag.a Ilse Bartosch, AG Didaktik der Physik, Fakultät für Physik, Universität Wien, e-Mail: ilse.bartosch@univie.ac.at

Der Artikel fasst die Ergebnisse einer Querschnittanalyse von ausgewählten IMST-Fondsprojekten der Jahre 2004–2006 zusammen. Die Analyse „Undoing Gender im MNI-Unterricht“, die die Autorin des Artikels verfasst hat, findet sich genauso wie die in der Literatur zitierten Projektberichte im IMST-Wiki ([www.imst.ac.at/wiki](http://www.imst.ac.at/wiki)).

mark). International lässt sich verfolgen, dass mit der Länge der Schulzeit die Anzahl der Länder mit deutlichen Geschlechterasymmetrien zunimmt. Die Geschlechterdifferenz am Ende der Schulzeit (TIMSS 1995 und PISA 2006) liegt aber in Österreich deutlich über den Ergebnissen anderer an den Studien teilnehmenden Ländern (Stadler 2009, 226).

Die Hintergründe dieses „Gendergaps“ in den Naturwissenschaften sind komplex. Sie hängen mit den unterschiedlichen Sozialisationsbedingungen von Mädchen und Burschen, dem individuellen gesellschaftlich-kulturellen Hintergrund, der spezifischen Struktur des Schulsystems, aber auch mit der Gestaltung des Physikunterrichts und den Fachkulturen der MNI-Fächer<sup>2</sup> zusammen.

## Geschlechtsidentität – eine soziale Konstruktion

Die Mehrheit der Forscher und Forscherinnen ist sich heute darüber einig, dass Geschlecht zwar eine biologische Basis hat, dass aber die Geschlechtsidentität nach der Geburt zunächst durch die Interaktionen mit den Eltern, später dann auch in der Peergroup und die schulische Sozialisation geprägt wird. Der Einfluss der Medien und der Werbung stellt dabei eine nicht zu übersehende Größe dar. Sprachlich wird der Unterscheidung zwischen dem natürlichen, bei der

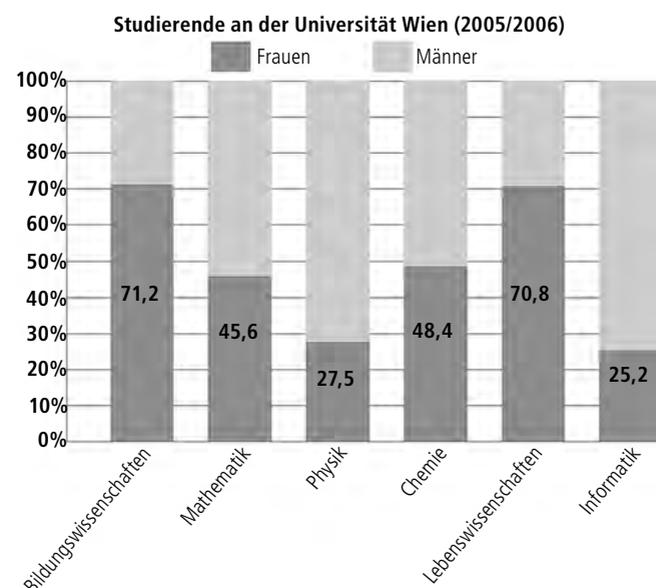


Abb. 1: Studierende an der Universität Wien im Studienjahr 2005/06

<sup>2</sup>MNI steht für Mathematik, Naturwissenschaften und Informationstechnologien

Geburt zugewiesenem Geschlecht und dem sozial „konstruierten“ Geschlecht durch die aus dem Englischen stammenden Begriffe Sex und Gender Rechnung getragen.

Was als geschlechtsangemessen gilt, ist das Produkt gesellschaftlicher Aushandlungsprozesse, wobei in patriarchalisch geprägten Gesellschaften mit Geschlecht immer auch eine Hierarchisierung verbunden ist: Berufsgruppen, denen vor allem Männer angehören verdienen mehr als jene, in denen mehrheitlich Frauen arbeiten. Im universitären Bereich verringert sich der Frauenanteil, je weiter man in der Hierarchie nach oben geht – auch in Fächern, wie Pädagogik oder Sprachen, die auf der studentischen Ebene überwiegend von Frauen gewählt werden. Welche Berufe, welche Wissensdomänen das sind, ist von Kultur zu Kultur unterschiedlich und kann sich auch historisch verändern.

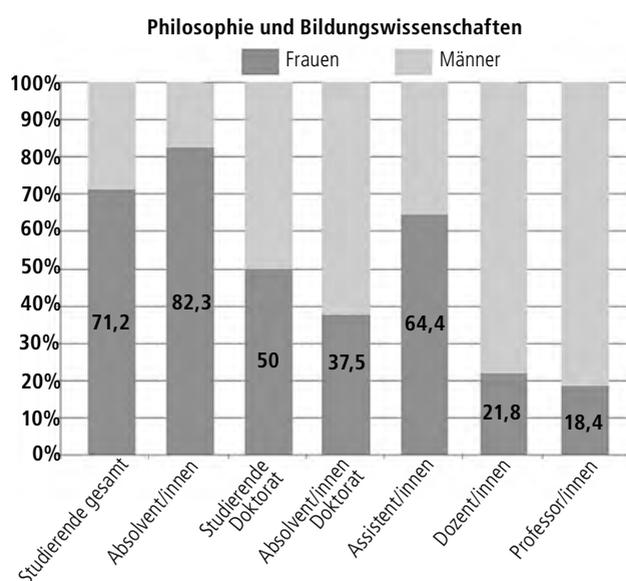


Abb. 2: Bildungswissenschaften: Studierende (2005/06) und wissenschaftliches Personal (2007)

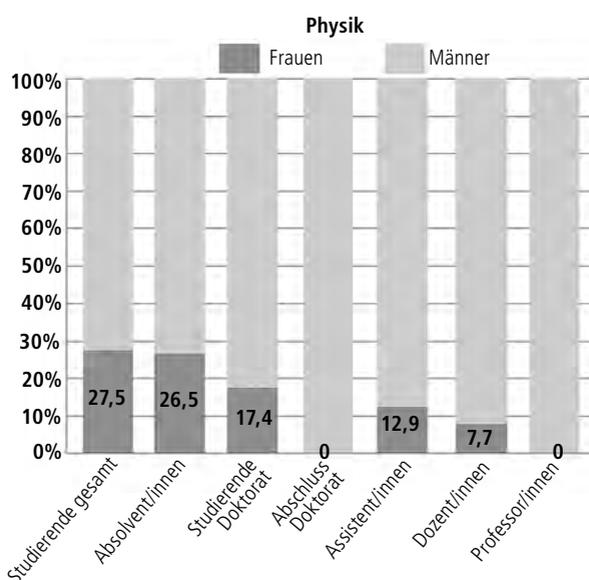


Abb. 3: Physik: Studierende (2005/06) und wissenschaftliches Personal (2007)<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Die Anzahl der Absolvent/innen des Doktoratsstudiums ist sehr klein und schwankt stark

## Einfluss unterschiedlicher Sozialisationsbedingungen

Die gesellschaftlichen Vorstellungen der Eigenarten und Fähigkeiten von Männern und Frauen führen dazu, dass die frühkindlichen und außerschulischen Sozialisationsbedingungen für Mädchen und Buben unterschiedlich sind. Wenn Eltern ihren Kindern immer wieder zu verstehen geben, dass Mathematik, Physik und Chemie schwer zu begreifen sind und dass höchstens Buben dafür geeignet sind, erschweren sie ihren Kindern den Aufbau der Überzeugung, für Naturwissenschaften oder Technik begabt zu sein. Mädchen werden dann kaum entsprechend gefördert und haben somit im Gegensatz zu den Buben selten die Möglichkeit, Wissen und Kompetenzen in diesen Bereichen spielerisch zu erwerben.

In der Schule werden in der Peergroup Bilder über das ideale Selbst entwickelt. Die Interaktion mit Gleichaltrigen spiegelt den Jugendlichen, wie sie wahrgenommen werden. Im Hinblick auf die Geschlechtsidentität orientieren sich die Jugendlichen in der Pubertät vorrangig an den Geschlechterstereotypen (*Gender Fortification Hypothesis*, s. Hill & Lynch, 1983). Sind die sozialen Kosten zu hoch, die Mädchen meinen zahlen zu müssen, wenn sie sich für die MNI-Fächer interessieren und gute Leistungen erbringen, dann ziehen sie sich aus diesen Fächern zurück. (Kessels & Hannover, 2006)

## Schulstruktur und Gendergap

Die österreichische Schule zeichnet sich durch eine Fülle von Wahlmöglichkeiten aus. Die Schultypen der AHS, aber auch die Schulformen der BMHS sind jedoch weitgehend längs der „Geschlechterreviere“ des Wissens organisiert:

Dem sprachlich orientierten Schultyp des neusprachlichen Gymnasiums steht das naturwissenschaftliche Realgymnasium gegenüber, in dem in der Oberstufe Naturwissenschaften, Mathematik und zum Teil Informatik und Geometrie im Fächerkanon bedeutsam sind. Da in der zweiten Klasse der AHS noch wenig curricular gesicherte Erfahrungen in den MNI-Fächern zur Verfügung stehen, um die Entscheidung auf eine fundierte Basis zu stellen, werden wohl meist die Eltern – oft meist entsprechend den tradierten Rollenvorstellungen – die Wahl für ihre Kinder zumindest implizit treffen.

Im berufsbildenden Schulwesen sind es die humanberuflichen Schulen auf der einen Seite und die höheren technischen Lehranstalten auf der anderen Seite, die jungen Menschen nicht nur ermöglichen ihren Interessen nachzugehen, sondern gleichzeitig geschlechterstereotypes Wahlverhalten unterstützen. Fatal wirkt sich in Österreich aus, dass weitreichende Entscheidungen über die schulische und berufliche Ausbildung in einem Entwicklungsabschnitt getroffen werden, in dem die Frage – „bin ich eine ‚richtige‘ Frau, ein ‚richtiger‘ Mann“ – eine bedeutende Rolle spielt. Die überwiegende Mehrheit der Jugendlichen fällt Berufsentscheidungen in der achten Schulstufe längs der Geschlechterstereotype.

## Ergebnisse der fachdidaktischen Forschung

Ausgehend von einer Analyse der Geschlechterasymmetrien haben sich in den 90er-Jahren im deutschsprachigen Raum einige Gruppen von Forscherinnen und Forschern mit den fachdidaktischen Möglichkeiten auseinandergesetzt, einen Physikunterricht zu konzipieren, der für Mädchen und Burschen gleichermaßen interessant ist<sup>4</sup>. Zentrales Ergebnis dieser Forschungsanstrengungen war, dass das Vertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit, das naturwissenschaftliche Selbstkonzept bei den Mädchen und den Burschen unterschiedlich ausgeprägt ist. Schülerinnen schätzen ihre Leistungen schlechter ein, als sie tatsächlich sind, während die Burschen dazu tendieren ihre Leistungen zu überschätzen.

Eine Reihe von Untersuchungen machen sichtbar, dass das Lehrer-Schülergespräch im traditionellen fachsystematisch orientierten Lehrer/innen zentrierten Frontalunterricht prägt. Schüler bringen sich stärker ein als Schülerinnen und Lehrkräfte neigen dazu, eher Schülermeldungen zu berücksichtigen. Sie rufen (meist männliche) „target students“ auf und führen das Gespräch praktisch ausschließlich mit dieser Gruppe<sup>5</sup>. Das Lehrer/innenverhalten stärkt damit das Engagement der Buben und entmutigt die Mädchen. Sprachmuster und Interaktionsmuster sind vielfach auf das Verhalten der Buben ausgerichtet und benachteiligen Mädchen.

Muckenfuß (1995) machte darauf aufmerksam, dass MNI-Unterricht traditionell auf den Erwerb von „Verfügungswissen“ ausgerichtet ist, auf das Aneignen von „Werkzeugen“, um die Natur manipulierbar und beherrschbar zu machen. Dieses Wissen und Können hat zwar direkte Qualifizierungsfunktion für das naturwissenschaftlich/technische Berufsfeld, ist aber bedeutungslos für Lernende, die sich dazu nicht hingezogen fühlen. „Orientierungswissen“ hingegen befähigt „Menschen, die Bedingungen ihrer Existenz und ihres Handelns zu verstehen“. (Muckenfuß, 1995, S.65) Orientierungswissen thematisiert das Verhältnis Mensch-Natur. Sinn und Wertfragen sind dann von den MNI-Fächern nicht abgetrennt, kommunikative Kompetenzen erhalten Bedeutung. Das Befähigen der Jugendlichen zur Teilnahme am gesellschaft-

lichen Diskurs wird in den Blick genommen, persönliche Beziehung zu den Inhalten wird möglich.

Die „*Fachkulturen*“ wissenschaftlicher Disziplinen, ihre Wahrnehmungs-, Deutungs-, Wertungs- und Handlungsmuster sind nicht überhistorisch und wissenschaftlich neutral festgelegt, sie werden vielmehr in den spezifischen Interaktionen der Akteure (selten der Akteurinnen) und in den symbolischen Darstellungen der Wissenschaft aktiv, aber meist unbewusst konstruiert. Das hat zur Folge, dass Frauen prozentuell seltener naturwissenschaftlich/technische Fächer unterrichten, dass sie in den Inhalten dieser Fächer kaum vorkommen und dass männliche Symbole implizit in der Theoriebildung und ihrer Kommunikation enthalten sind. (Man denke z.B. an die physikalischen Einheiten!)

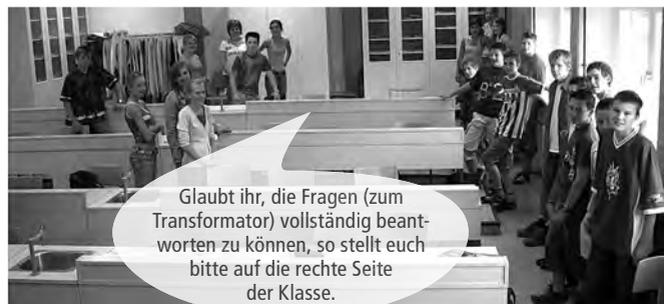
Da Frauen in den naturwissenschaftlich-technischen Berufen und in der Forschung unterrepräsentiert sind, fehlen den Mädchen nicht nur „Role Models“, sondern es ist davon auszugehen, dass „*die Beschaffenheit der Wissenschaft mit Vorstellungen der Männlichkeit verknüpft [ist]*“ (Fox Keller, 1986, S. 9). Da Lehrer/innen der höheren Schulen disziplinar an den Universitäten ausgebildet werden, erwerben sie in ihrem Studium einen spezifischen Habitus, „*ein System verinnerlichter Strukturen, Gewohnheiten, Denk-, Wahrnehmungs-, Urteils- und Handlungsmustern*“, den sie dann im Unterricht unbewusst reproduzieren. (Bourdieu, 1987, S. 112 zit. nach Willems, 2007, S. 15) Die Wahrnehmung eines Faches als hart und männlich wird an den Interaktionen und Symbolen im Unterrichtsalltag diffizil festgemacht.

## Geschlechtergerechter MNI-Unterricht – ein komplexes Unterfangen

Wegen der Komplexität der Zusammenhänge müssen Maßnahmen im Unterricht an mehreren Ebenen ansetzen:

- Auf der Ebene der Inhalte
- Auf der Ebene der Unterrichtsgestaltung
- Auf der Ebene der Interaktionen
- Auf der Ebene der Organisation von Unterricht

...vor ...



Glaubt ihr, die Fragen (zum Transformator) vollständig beantworten zu können, so stellt euch bitte auf die rechte Seite der Klasse.

... nach Beantwortung der Frage



4: Einschätzungen ihres Wissens zum Transformator vor und nach dem Unterricht von 14-jährigen Hauptschülern und Hauptschülerinnen (Quelle: Brunner, 2005)

<sup>4</sup> In Deutschland befasste sich eine Gruppe am IPN Kiel rund um Lore Hoffmann (Häußler & Hoffmann, 1998; Hoffmann, Häußler, & Peters-Haft, 1997), in der Schweiz eine Gruppe um Peter Labudde (Herzog, et al., 1998; Herzog, et al., 1999) intensiv mit dem Zusammenhang Physikunterricht und Geschlecht. In Österreich hat sich Helga Stadler, Universität Wien, aber auch Helga Jungwirth um eine differenzierte Analyse der österreichischen Situation und die Verbreitung internationaler Forschungsergebnisse verdient gemacht. Helga Stadler hat die Homepage LISE (<http://lise.univie.ac.at/>) initiiert, die einen ausgezeichneten Überblick über die relevanten Publikationen bietet und eine Reihe wertvoller Anregungen für den Unterricht enthält.

<sup>5</sup> Die Dissertation von Helga Stadler gibt einen umfassenden Überblick über die entsprechenden Untersuchungen. (Stadler, 2005, S. 28)

Ziel eines *gendergerechten* Unterrichts ist, dass „alle Schüler/innen jenes Verhältnis zu Mathematik, Naturwissenschaften, Technik und Computer entwickeln können, das für sie persönlich richtig ist.“ (Jungwirth, 1998)

## Facetten gendergerechter Unterrichts- und Schulkulturgestaltung in den IMST-Fonds-Projekten

Im Rahmen des *IMST-Fonds*, einer Maßnahme des Projekts IMST (Innovations in Mathematics Science and Technology Teaching), setzt sich alljährlich eine Reihe von Lehrkräften mit Möglichkeiten auseinander, den MNI-Unterricht so zu gestalten, dass er sowohl für Mädchen als auch für Burschen relevant und interessant ist. Die Autor/innen zeigen in ihren Berichten eine Fülle von Möglichkeiten, mathematisch/naturwissenschaftlichen Unterricht zu einer Erfolgsgeschichte für beide Geschlechter zu machen, unabhängig vom Schultyp. Allen gemeinsam ist ein kreativer Ansatz zur Gestaltung des Unterrichts in ihrem Fach vielfältige Wege gemeinsam mit den Lernenden zu gehen. Hinter den Berichten scheint eine Haltung zu stehen, die sich einer inklusiven Pädagogik verpflichtet fühlt. Die Lehrenden berücksichtigen, dass sie einer Gruppe junger Menschen gegenüberstehen, die unterschiedliche Vorerfahrungen, Interessen und Bedürfnisse haben und dass es gilt, Lernangebote zu machen, die diesen Unterschieden gerecht werden. Durch geeignete Steuerung der Lernprozesse erreichen die Lehrkräfte, dass Schüler und Schülerinnen Kompetenzerfahrungen machen und so ein positives Selbstkonzept aufbauen können.

Bei der Gestaltung der Materialien wird Wert darauf gelegt, dass Lernende einen Überblick über das Problem erhalten, das sie bearbeiten sollen. Herausforderungen durch gestufte Anforderungen und Erfolgserlebnisse der Schüler/innen sind wichtig (Wenig, 2005, Haller, 2006).

Selbständiges und kooperatives Arbeiten ist ein wesentlicher Aspekt in einer methodisch reichhaltigen Unterrichtskultur. Für das Gelingen einer solchen Unterrichtsgestaltung sind Freiräume wichtig, in denen die Lernenden entsprechend ihren Interessen und Begabungen wählen können, sowie eine Struktur, die die Lernenden in der Gestaltung der Arbeitsabläufe unterstützt, ohne sie allzu sehr einzuengen und ein Rahmen für die Reflexion des Lernfortschritts und der Gruppenprozesse.

Phasenweise monoedukativer Unterricht bzw. Arbeiten in geschlechterhomogenen Kleingruppen wird reflektiert eingesetzt, um stereotype Rollenzuschreibungen der Burschen abzufangen und den Schülerinnen einen geschützten Raum zu geben, in dem diese nicht Gefahr laufen durch Interesse an den Naturwissenschaften als unweiblich wahrgenommen zu werden. Die Reflexion der Erfahrungen in den verschiedenen Kontexten ist dabei von zentraler Bedeutung.

## Mathematik und Naturwissenschaften im Kontext

Ein Großteil der ausgewählten Projekte situiert den Unterricht in Kontexten, die explizit an den Interessen der Schülerinnen und Schüler ansetzen bzw. unmittelbare Betroffenheit erzeugen. Unter anderem versucht Alice Pietsch (2006)

eine Verbindung zwischen den außerfachlichen Interessen der Schülerinnen<sup>6</sup> und dem Chemieunterricht herzustellen. Für die Autorin bietet sich dadurch die Möglichkeit, die Präkonzepte der Lernenden kennen zu lernen. In einem anderen Projekt (Huf, 2005)<sup>7</sup> wurde der Vortrag über Allergieforschung von den Schülerinnen als besonders interessant eingestuft, weil sie selber von einer Allergie betroffen waren.

Der Unterricht der Lehrkräfte beschäftigt sich nicht mit isolierten Phänomenen, Stoffen, Objekten und Verfahren, sondern mit der Beziehung der Wissenschaft mit den alltäglichen und gesellschaftlichen Situationen. Adelheid Scheidl und Sylvia Degenhart (2006) konfrontieren die Schüler/innen einer Wiener kooperativen Mittelschule etwa mit einem Planspiel, das sich mit dem „Haushaltsbudget einer Familie“ auseinandergesetzt. Die Schüler/innen sollten dabei in die Rolle einer Finanzberaterin/eines Finanzberaters schlüpfen. Hermann Steirer (2006) erarbeitet mit den Schüler/innen einer zehnten und elften Schulstufe einer Waldorfschule das Thema Trigonometrie nicht nur theoretisch, sondern lässt die Schüler/innen auch praktisch mit den klassischen Instrumenten der Landvermessung ein Areal vermessen.

Der Freigegegenstand Radioaktivität und Strahlenschutz (Schönhacker, Maier, 2006) aber auch das Projekt von Elfriede Gold und Roswitha Pilz, das die vielfältigen Aspekte des Themas Energie aus fächerübergreifender Sicht bearbeitet, knüpft an gesellschaftlich relevante Fragestellungen und Problemfelder an und ermöglicht damit den Jugendlichen ihre Beziehung zu Natur und Technik zu reflektieren und sie in der Auseinandersetzung mit den Themen weiter zu entwickeln und zu verändern. Die Behandlung solcher Themen durchbricht die automatische Assoziation von Physik mit „Fremdbestimmung“ und ermöglicht, die behandelten Inhalte mit dem eigenen Werte- und Normensystem in Beziehung zu setzen. Die Wechselbeziehung zwischen Wissenschaft und Gesellschaft wird dabei in zweierlei Hinsicht thematisiert: Ökologische Probleme entstehen wenn Stoffe und Technologien, die im Labor unter kontrollierten Bedingungen entwickelt wurden, gesellschaftlich genutzt werden. Aber auch die Klärung und Minderung der Probleme, die aus dieser Nutzung entstehen, ist ein bedeutender gesellschaftlicher Auftrag an die Wissenschaft.

## Einsatz des PC im Unterricht - Blended Learning

In einigen Projekten steht das Erwerben von IT-Know how im Zentrum. Der PC wird als Werkzeug aufgefasst, der in vielfältigen schulischen und berufsbezogenen Kontexten genutzt wird. Die Technik hat unterstützende Funktion, sie steht nicht im Mittelpunkt. Der Fokus liegt auf der Anwendung von Programmen, Lernpfaden und der Nutzung des Internets im Zusammenhang mit der Recherche konkreter unterrichts- bzw. berufsbezogener Informationen und entspricht damit dem Nutzungsverhalten von Frauen ohne bei den Burschen Distanz zu erzeugen.

<sup>6</sup>) Die Lehrerin unterrichtet in einer monoedukativ geführten Klasse.

<sup>7</sup>) Das Projekt (Huf, 2005) wurde ebenfalls in einer monoedukativ geführten Klasse durchgeführt.

## Realbegegnungen mit Vorbildern (Role Models)

In zahlreichen Realbegegnungen können die jungen Menschen durch teilnehmende Beobachtung von Menschen, die in der Forschung tätig sind, ein „realitätsnahes Bild“ vom „Naturwissenschaft treiben“ entwickeln. Forscher/innen werden als Expert/innen vor Ort erlebt, die sich mit Problemstellungen des Alltags wissenschaftlich auseinandersetzen und nach Lösungen suchen. Dabei wird sorgfältig darauf geachtet, dass die jungen Frauen Role Models kennen lernen, die eine Identifikation möglich machen. Gerda Huf etwa organisiert Begegnungen von Schülerinnen mit Absolventinnen der Schule, die eine naturwissenschaftliche Karriere eingeschlagen haben. Die jungen Frauen erfahren, „dass auch eine Schülerin unserer Schule in Physik erfolgreich sein kann“ (2005, S.18). Im direkten Kontakt wird die konkrete Person, ihre Arbeit, die Bedingungen der Arbeit aber auch die private Seite sichtbar. Das kann als wichtige Voraussetzung gesehen werden um Stereotype abzubauen.

## Kommunikation von naturwissenschaftlichem Wissen

Der Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen zu kommunizieren, wird in den Projekten ein hoher Stellenwert eingeräumt. Die gleichrangige Betonung von Fachwissen und kommunikativem Wissen unterstützt die Mädchen in jenem Bereich, in dem sie sich auf Grund der Rollenstereotypen Kompetenz zuschreiben. Es ermöglicht den Mädchen eine erfolgreiche fachliche Auseinandersetzung und den Burschen neue Erfahrungen. Leistungen werden nicht primär um einer Zeugnisnote willen erbracht, sondern es werden Situationen geschaffen, in denen die Komplexität der Leistungen der Lernenden sichtbar werden kann. Fachliches und technisch/praktisches Wissen verschränkt mit sozialen, kommunikativen und künstlerische Kompetenzen tragen zum Gelingen der vielfältigen Formen der Darstellung der Arbeit der Schülerinnen und Schüler bei. Produkte wie z.B. der selbst vermessene Plan und die Landschaftsbilder werden ausgestellt (Steirer, 2006). Die erarbeiteten Themen werden in einer Präsentation veröffentlicht (Steirer, 2006, Pietsch, 2006), Lehrmaterialien werden für die Verwendung in nachfolgenden Klassen erarbeitet (Scheidl 2006, Huf, 2005, Gold, 2006). Schüler/innen unterstützen in der Funktion als Lehrende (Gold 2006) jüngere Mitschüler/innen. In der Waldorfschule (Steirer, 2006) begleiten die beste Schülerin und der beste Schüler das Landvermessungspraktikum des nächsten Jahrgangs als Tutor/innen. Karl Nusser (2006) will den leistungsstärksten Schüler/innen des Abschlussjahrganges einer Berufsschule für KFZ-Technik nicht nur fachliches Wissen und Können vermitteln, sondern auch Präsentationstechniken und die sprachlichen Fähigkeiten fördern als Vorbereitung auf künftige Führungsaufgaben. Durch Beteiligung an Diskussionen im privaten Umfeld um grenznahe Kernkraftwerke (Schönhacker, 2006), bei der Diskussion mit Naturwissenschaftlerinnen und Technikerinnen (Huf, 2005, Pietsch, 2006) erfahren die Schüler/innen, dass sie ihr Fachwissen im Diskurs verwenden können. Petra Haller (2006) ist mit

den Audioprotokollen eine kreative Lösung gelungen, wie junge Schülerinnen und Schüler mit einem schwierigen sprachlichen Hintergrund Arbeit dokumentieren können, ohne durch Schriftlichkeit überfordert zu werden.

## Gender und Entwicklung naturwissenschaftlicher Schwerpunkte

In die Analyse wurden auch Projekte einbezogen, die sich mit der Weiterentwicklung des Naturwissenschaftlichen Realgymnasiums beschäftigen. Aus den Daten lässt sich ableiten, dass es nicht gelungen ist, diesen Schultyp für Mädchen und Burschen gleichermaßen attraktiv zu machen. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass zum Teil die spezifische Gestaltung der Entwicklungen dazu beiträgt, dass die aus der Empirie bekannten Asymmetrien durch die Entwicklungen eher verstärkt als verkleinert wurden, zum Teil sind es aber systemimmanente Gründe, die zur Segregation von Mädchen und Burschen in den Schultypen neusprachliches Gymnasium und naturwissenschaftliches Realgymnasium führen.

Während die Lehrkräfte, die sich mit reflexiver Koedukation auseinandersetzen, in einem schulischen Umfeld arbeiten, in dem Gender Mainstreaming und Gender Sensitivity ein institutionell geteiltes Thema ist, ist Gender kein Thema der Schulentwicklung in den ausgewählten naturwissenschaftlichen Realgymnasien. Das betrifft nicht nur die Unterrichts- und Schulentwicklung, sondern auch die Funktionsverteilung oder den Anteil von Männern und Frauen in den naturwissenschaftlichen Fachgruppen im Vergleich zum Gesamtkollegium. In fast allen Entwicklungen werden die Schultypen „ausgeschärft“, das Angebot wird in den Sprachen bzw. Naturwissenschaften, Mathematik und Informatik je nach Schultyp intensiviert. Die Folge davon ist, dass in einigen Schulen die Mädchen zu einer nahezu verschwindenden Minderheit werden. (In drei der Projektschulen sank der Mädchenanteil auf etwa 17% in den dritten Klassen im Projektjahr.) Es gibt aber auch einen Hinweis, wie es gelingen könnte, dass auch Mädchen ihren naturwissenschaftlichen Interessen nachgehen können, ohne auf das Erlernen von Sprachen zu verzichten: Entkoppelt man das naturwissenschaftliche (Zusatz)Angebot von der Wahl des Schultyps, können Mädchen ihre sprachlichen und ihre naturwissenschaftlichen Interessen vereinen. Im anderen Fall ziehen offenbar viele Mädchen das Gymnasium vor.

## Fazit

Bewusste Koedukation ist ein vielschichtiges und facettenreiches Unterfangen. Es betrifft sicher nicht nur die Naturwissenschaften, sondern mit umgekehrten Vorzeichen genauso Deutsch und die Sprachen. Gendersensibles Agieren im Unterricht ist nicht bloß eine Herausforderung für die Lehrkräfte im Klassenunterricht. Vielmehr zeigt sich, dass die Berücksichtigung der Kategorie Gender in den schulischen und systemischen Rahmenbedingungen eine bedeutsame Voraussetzung für das individuelle Bemühen der einzelnen Lehrkräfte darstellt. Forscher/innen, die sich

mit Genderaspekten von MNI-Unterricht beschäftigen, sind sich einig, dass ein Hinausschieben der Entscheidung über die Berufsausbildung in die 10. Schulstufe ein wesentlicher institutioneller Reformschritt sein könnte. Dazu lassen sich sowohl im deutschsprachigen als auch im englischsprachigen Raum Befunde finden. Für eine solche Systementwicklung gibt es in Österreich allerdings zur Zeit keine Anzeichen. Daher wäre es wünschenswert, dass autonome Schulentwicklungen mit Bedacht auf die Geschlechterkonnotationen der beiden Wissenshemisphären einen transdisziplinären Dialog unterstützen. Das würde bedeuten, dass in den sprachlich orientierten Gymnasien, ähnlich wie in vielen Projekten, die sich mit reflexiver Koedukation beschäftigen, der kommunikative Aspekt, aber auch die historischen und philosophischen Aspekte der Naturwissenschaften einen wichtigen Stellenwert bekommen. In den naturwissenschaftlich orientierten Realgymnasien wäre dafür der Spracherwerb stärker an naturwissenschaftlichen Themen zu orientieren, allerdings nicht parallel, sondern interdisziplinär. Zu erwarten wäre dann auch, dass im Austausch mit anderen schulischen Fachkulturen, die Geschlechterkonnotationen der Fächer ausgeleuchtet werden, dass Glaubenssätze, woran denn die einzelnen Fächer ihre Inhalte orientieren und wie denn der Unterricht gestaltet werden müsse, neu überlegt werden. Der Aspekt „Nature of Science“, also der epistemologische und erkenntnistheoretische Aspekt der Naturwissenschaften, der in allen analysierten Projekten nur am Rande vorkommt, würde dadurch automatisch ins Zentrum gerückt.

## Literatur

- Fox Keller E. (1986). *Liebe, Macht und Erkenntnis. Männliche oder weibliche Wissenschaft?* Wien München: Hanser Verlag.
- Haider G., Reiter C. (2004). *PISA 2003 Nationaler Bericht*. Graz: Leykam.
- Häußler P., Hoffmann L. (1998). Chancengleichheit für Mädchen im Physikunterricht – Ergebnisse eines erweiterten BLK-Modellversuchs. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 4, Heft 1, 51-67.
- Herzog W., Gerber C., Labudde P., Mauderli D., Neuenschwander M. P., Violi E. (1998). *Physik geht uns alle an*. Ergebnisse aus der Nationalfondsstudie „Koedukation im Physikunterricht“. Siehe <http://lise.univie.ac.at/artikel/labudde.htm>
- Herzog W., Labudde P., Neuenschwander M. P., Violi E., Gerber, C. (1997). *Koedukation im Physikunterricht*. Schlussbericht des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Unveröffentlicht. Bericht, Bern.
- Hill J., Lynch M. (Eds.). (1983). *The intensification of gender-related role expectations during early adolescence*. New York: Plenum.
- Hoffmann L., Häußler P., Peters-Haft S. (1997). *An den Interessen von Mädchen und Jungen orientierter Physikunterricht* (Vol. 155). Kiel: IPN Kiel.
- Jungwirth H. (1998). TIMSS und COMPED. *Studien zur mathematisch-naturwissenschaftlichen und computerbezogenen Bildung. Konsequenzen in geschlechterspezifischer Hinsicht*. <http://lise.univie.ac.at/artikel/indbasis.htm>.
- Kessels U., Hannover B. (2006). Zum Einfluss des Images von mathematisch-naturwissenschaftlichen Schulfächern auf die schulische Interessensentwicklung. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Eds.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule*. Abschlussbericht des DFG-Forschungsprojekts (S. 350-369). Münster/New York/München/Berlin: Waxman.
- Labudde P. (1999). Mädchen und Jungen auf dem Weg zur Physik. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 10 (1999) Nr. 49, 4-10. Velber: Friedrich.
- Muckenfuß H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext*. Berlin: Cornelson.
- PISA (2000). siehe <http://www.pisa-austria.at/pisa2000/international/kap6/index.htm9> (November 2006)
- Schreiner C. (2007). *PISA 2006 - Internationaler Vergleich von Schülerleistungen*. Erste Ergebnisse. Available from [http://www.pisa-austria.at/pisa2006/files/PISA2006\\_ZVB\\_ErsteErgebnisse\\_041207.pdf](http://www.pisa-austria.at/pisa2006/files/PISA2006_ZVB_ErsteErgebnisse_041207.pdf)
- Stadler H. (2005). *Physikunterricht unter dem Genderaspekt*. Universität Wien, Dissertation.
- Stadler H. (2009). Leistungsdifferenzen von Mädchen und Burschen in den Naturwissenschaften. In Schreiner C., Schwantner U. (Eds.), *PISA 2006: Österreichischer Expertenbericht zum Naturwissenschafts-Schwerpunkt*. Graz: Leykam.
- Stadler H., Jungwirth H. (2000). Der Geschlechteraspekt in TIMSS - Ergebnisse, Erklärungsversuche und Konsequenzen. *Plus Lucis* (3/2000), 15-20.

## Ausgewählte Projekte der Analyse

([www.imst.ac.at/wiki](http://www.imst.ac.at/wiki))

- Brunner H., Glantschnig E., Habicher A., Keuschnig G., Stoff Chr. (2005). *Koedukation vs. Monoedukation in den Unterrichtsgegenständen Physik/Chemie und Musikerziehung im Unterricht der 8. Schulstufe der Hauptschule*.
- Gold E., Pilz R. (2006): *Energie zum Angreifen und Begreifen*
- Haller, Petra C. (2006): *MEHL – Mobiles Experimentieren mit dem Handheld-Labor*
- Höfert S. (2006): *Lesen – Denken – Rechnen*.
- Huf-Desoyer G. (2005): *Frauen und Technik. Ausgezeichnete Forscherinnen in St. Ursula*
- Nusser K. (2006): *Vom Schraubenschlüssel zum Laptop*
- Pietsch A. (2006): *Schülerinnenvorstellungen von der Fachwissenschaft Chemie – Initiierung eines Konzeptwechsels*
- Scheidl A., Degenhart S. (2006): *Nicht für die Schule für das Leben lernen wir – Schritt 2*
- Schenk S., Payr M., Fössl W. (2006): *Schnittstelle 9. Schulstufe und Schnittstelle nach der Matura.  $3x-2=x$*
- Schönhacker St., Maier E. (2006): *Neuer Freigegenstand Radioaktivität und Strahlenschutz*
- Steirer H. (2006): *Landvermessungspraktikum*
- Wenig S. (2005): *Lernpfad im Mathematikunterricht*

# Ein neuer Weg in der Leistungsbeurteilung

## Können Lernziele als Basis für ein neues Leistungsbeurteilungssystem im Physik- und Chemieunterricht fordern und fördern?

Thomas Hugl

### Ausgangssituation

*„Ich weiß nicht, was ich für den Test lernen soll!“ – „Was kommt denn alles zum Test?“ – „Muss ich das auch können?“*

Diese Fragen von Schülerinnen und Schülern sind mir im Laufe meiner bisherigen Unterrichtstätigkeit schon sehr oft begegnet. Im Rahmen des Universitätslehrganges „Pädagogik und Fachdidaktik für Lehrer/innen der Naturwissenschaften“ kam ich mit Aspekten der Aktionsforschung in Berührung, die jeder Teilnehmer in Form einer kleinen Studie einsetzen sollte. So galt es eine individuelle Forschungsfrage in Bezug auf den eigenen Unterricht zu formulieren, Neues auszuprobieren, mit geeigneten Methoden zu evaluieren und schließlich einer genauen Reflexion zu unterziehen. Da ich schon länger mit den herkömmlichen Formen und Arten der Leistungsbeurteilung, gerade im Physik- und Chemieunterricht, sehr unzufrieden war, beschloss ich, ein neues System der Leistungsbeurteilung zu entwickeln und umzusetzen. Das neu entworfene System wurde den Schülerinnen und Schülern ausführlich vorgestellt, erklärt und schließlich gleichzeitig in drei Parallelklassen (8. Schulstufe) an der Europahauptschule Mistelbach eingesetzt und evaluiert.

### Allgemeine Überlegungen zur Leistungsbeurteilung

Naturwissenschaftlicher Unterricht, der durch selbstständiges und eigenverantwortliches Lernen über Fachgrenzen hinaus gekennzeichnet ist, erfordert auch neue Aspekte der Leistungsbeurteilung. Da ich im Physik- und Chemieunterricht dem Schülerexperiment große Bedeutung beimesse, dürfen längere Phasen des eigenverantwortlichen und selbsttätigen Arbeitens und Experimentierens nicht fehlen.

Die Leistungsbewertung in Unterrichtssituationen, die durch Selbstständigkeit und Eigenverantwortung der Schülerinnen und Schüler gekennzeichnet sind, muss anders ausfallen als bisher üblich. Die gängigen Bildungs-, Lern-

und Leistungsbegriffe haben sich verändert. Naturwissenschaftlicher Unterricht sollte seine Zielbereiche daher unter die Aspekte „Fachliches, ausbaufähiges Wissen“, „Personale Kompetenz“, „Sozial-kommunikative Kompetenz“ und „Methodisches Wissen“ stellen. Diese Zieldimensionen erfordern aber, die herkömmlichen Formen der Leistungsbeurteilung zu verbessern und durch neue Formen der Leistungsmessung sinnvoll zu ergänzen. (vgl. GRAF, S. 6)

### Überlegungen zum alternativen Leistungsbeurteilungssystem

Ausgehend von den allgemeinen und theoretischen Überlegungen stelle ich folgende Grundbedingungen an das neue Leistungsbeurteilungssystem:

- Das neue Leistungsbeurteilungssystem soll klar, transparent und übersichtlich sein. Die Schülerinnen und Schüler sollen das Gefühl einer „gerechten“ Beurteilung haben.
- Das neue Leistungsbeurteilungssystem soll den Schülerinnen und Schülern verständlich machen, welches fachliche Wissen bzw. welche fachlichen Fertigkeiten von ihnen verlangt werden.
- Das neue Leistungsbeurteilungssystem soll das Erlernen und Entwickeln wichtiger Kompetenzen (Kommunikationsverhalten, Teamfähigkeit, Genauigkeit, selbstständiges Arbeiten, Problemlösefähigkeit, verantwortungsbewusstes Handeln) berücksichtigen, fördern und aufzeigen.
- Das neue Leistungsbeurteilungssystem soll das individuelle und differenzierte Arbeiten und Lernen gemäß den persönlichen Interessen, Fähigkeiten und Begabungen berücksichtigen und fördern und somit zur Entwicklung der eigenen Persönlichkeit beitragen.

Diese Überlegungen stellten einen zentralen Ausgangspunkt für die Entwicklung, den Aufbau und die Struktur des neuen Leistungsbeurteilungssystems dar, dessen Grundlage für das fachliche Wissen bzw. die fachlichen Fertigkeiten die Lehrpläne der Unterrichtsgegenstände Chemie und Physik darstellen.

Hugl Thomas unterrichtet an der Europa-Hauptschule II, Mistelbach, NÖ.  
eMail: thomas.hugl@lsr-noe.gv.at

## Aufbau, Struktur und Schwerpunktsetzungen im Leistungsbeurteilungssystem

Das neue Leistungsbeurteilungssystem wurde für die beiden Unterrichtsgegenstände Physik und Chemie entwickelt und setzt sich aus vier Teilbereichen zusammen:

### Ergebnisse der Lernzieln

Die Lernziele wurden von mir formuliert und wurden immer am Beginn eines Themengebietes schriftlich bekannt gegeben. Die Lernziele geben an, was die Schülerinnen und Schüler können sollten. In den Lernzieln wird in schriftlicher Form das Erreichen der einzelnen Ziele überprüft.

### Arbeitsverhalten und Arbeitsengagement

Jede Schülerin bzw. jeder Schüler bekommt am Beginn jedes Semesters ein Startkapital an Punkten gutgeschrieben. Durch besonderen Fleiß und Einsatz während des Unterrichtsgeschehens oder der selbstständigen Arbeit werden Pluspunkte auf das jeweilige Mitarbeiterskonto gutgeschrieben. Auch besondere Verdienste, wie z.B. aktive Beiträge zum Unterrichtsgeschehen oder Bereitschaft zur Mitgestaltung des Unterrichts, werden belohnt. Mangelndes oder mitunter sogar negatives Arbeitsverhalten (ständiges Stören, unkorrektes Verhalten beim selbstständigen Arbeiten und Experimentieren, Missachtung der Kommunikationsregeln,...) führt zu Punkteabzügen. Der Kontostand am Semesterende bzw. Schulschluss zeigt dann, wie sehr sich die Schülerin/der Schüler während des Unterrichtsjahres bemüht und engagiert hat.

### Bearbeiten von Aufgabenstellungen und Arbeitsaufträgen

Bestimmte Arbeitsaufträge aus dem theoretischen und praktischen Bereich dienen zur Erarbeitung, Wiederholung und Vertiefung des Lehrstoffes. Diese Aufgaben werden zum überwiegenden Teil in der Schule erledigt, jedoch manchmal auch zu Hause fertig gestellt oder ergänzt. Die Arbeitsaufträge sollen auch bewusst die Zusammenhänge von fachlichem Wissen und alltäglichen Erfahrungen und Phänomenen herstellen und somit zu einem verbesserten Verständnis beitragen. Eine ordentliche und bemühte Arbeitshaltung sowie eine sorgfältige und korrekte Zusammenfassung und Darstellung der Ergebnisse werden dabei erwartet und vorausgesetzt. Die Bewertung erfolgt mittels Punktevergabe.

### Individuelle Leistungen

Im Sinne der Förderung der individuellen Interessen und Begabungen der Schülerinnen und Schüler werden unterschiedliche Möglichkeiten angeboten, um das jeweilige persönliche Interesse vertiefen zu können. Verpflichtend für jede Schülerin/jeden Schüler ist jedoch eine explizit vorgeschriebene Leistung pro Themengebiet. Alle anderen Leistungen beruhen auf Freiwilligkeit und können daher je nach Interesse und Neigungen gewählt werden. Alle Beiträge, die auf individueller Basis erfolgen, finden einen gesonderten Eintrag und tragen zur Gesamtnote bei.

## Praktische Umsetzung und Anwendung

Die praktische Umsetzung erfolgt durch Bewertung jedes einzelnen Teilbereichs und einer abschließenden Berechnung der Gesamtnote.

### Einzelbewertung der vier Teilbereiche

Ergebnisse der Lernzieln: Jedes einzelne Lernziel wird mit 4 Punkten bewertet. Bei jeder Lernzielkontrolle werden ca. 5 bis 6 unterschiedliche Lernziele überprüft. Ausgehend von der Gesamtpunktezahl einer Lernzielkontrolle wird ein Prozentsatz errechnet, der mit der herkömmlichen Notenskala verglichen werden kann. Dabei gilt folgende Regelung:

100 % bis 90 %	Sehr gut
89 % bis 80 %	Gut
79 % bis 65 %	Befriedigend
64 % bis 50 %	Genügend
49 % bis 00 %	Nicht genügend

Tabelle 1: Übersicht der Beurteilungsstufen

Arbeitsverhalten und Arbeitsengagement: Das Startkapital am Beginn jedes Semesters beträgt 37,5 Punkte und entspricht einem Prozentsatz von 75 %, also einem durchschnittlichen Befriedigend. Durch Punktezuwachs oder Punkteabbau wird dieser Wert natürlich verändert. Wie die Praxis gezeigt hat, kann dieser Wert auch durchaus über die 100 % Marke hinauswachsen.

Bearbeitung von Aufgabenstellungen: Jeder Arbeitsauftrag bekommt eine Maximalpunktezahl. Je nach Ausführung des Arbeitsauftrages bekommt die Schülerin/der Schüler eine Punktezahl eingetragen. Ein nicht erfüllter bzw. nicht erbrachter Arbeitsauftrag bekommt 0 Punkte, d.h. ein unvollständiger, oberflächlicher und unkorrekter Arbeitsauftrag erfährt mehr Wertung als ein nicht erbrachter.

Individuelle Leistungen: Im Bereich der individuellen Leistungen gibt es Pflichtleistungen, die mit jeweils 4 Punkten bewertet wurden. Die Punktevergabe erfolgte hier wieder nach den Aspekten Richtigkeit, Genauigkeit und Selbstständigkeit. Zusätzliche Leistungen wurden mit unterschiedlichen Punkten bewertet, je nach Umfang und Komplexität der Aufgabenstellungen. Bei vollständig zufriedener Ausführung der Pflichtleistungen erreicht die Schülerin/der Schüler 80 % in diesem Bereich.

## Erklärung zum Zustandekommen der Gesamtnote

Die Zusammenfassung der einzelnen Punktwertungen für die Lernzielkontrollen, das Arbeitsverhalten, die Arbeitsaufträge und die individuellen Leistungen erfolgte sowohl in handschriftlicher Form als auch in einem EXCEL-Tabellenblatt, wodurch es einfach wurde die notwendigen Berechnungen auszuführen und übersichtlich zusammenzufassen.

Bei der Berechnung der Gesamtnote war es wichtig, dass die unterschiedlichen Bereiche auch eine unterschiedliche

Wertung und Gewichtung erhalten. Dabei war vor allem zu beachten, dass die Ergebnisse der Lernzielkontrollen weder überbewertet noch geringfügig behandelt werden. Außerdem durfte auch nicht außer Acht gelassen werden, dass gemäß der LBVO der Mitarbeit ein besonderer Stellenwert eingeräumt werden muss. Daher ergab sich die Tatsache, dass die Gesamtnote zu 50 % aus den Ergebnissen der Lernzielkontrollen und zu 50 % aus Mitarbeit ergibt. Eine genaue Gewichtung der einzelnen Ergebnisse sowie die Zusammenfassung im EXCEL-Tabellenblatt zeigen die unten angeführten Abbildungen.

## Zusammensetzung der Gesamtnote

Einfluss an der Gesamtnote	Leistungsbereich	Leistungs-komponente
50 %	Lernzielkontrollen	Überprüfung von fachlichen Kenntnissen und Fertigkeiten
30 %	Bearbeitung von Arbeitsaufträgen	
10 %	Arbeitsverhalten und Arbeitsengagement	Mündliche und schriftliche Mitarbeit
10 %	Individuelle Leistungen	

Tabelle 2: Komponenten der Leistungsbeurteilung

Prozentsatz	entsprechende Beurteilung
100 % bis 90 %	Sehr gut
89 % bis 80 %	Gut
79 % bis 65 %	Befriedigend
64 % bis 50 %	Genügend
49 % bis 00 %	Nicht genügend

Tabelle 3: Beurteilungsstufen für die Gesamtnote

Schüler	LZK	AV	AA	IL	Gesamt	Note
MAYER Maximilian	90,00 %	80,00 %	56,67 %	110,00 %	85,50 %	2
HUBER Karin	100,00 %	80,00 %	90,00 %	73,33 %	92,83 %	1
KLINGER Norbert	43,22 %	72,00 %	55,00 %	66,67 %	53,41 %	4
MÜLLER Karl	59,32 %	82,00 %	100,00 %	80,00 %	73,96 %	3

Tabelle 4: Übersicht der Zusammensetzung der Gesamtnote im EXCEL-Tabellenblatt

## Erfahrungen mit dem neuen Leistungsbeurteilungssystem

Nach einem einjährigen Versuch, das neue Leistungsbeurteilungssystem in den drei vierten Klassen umzusetzen, führte ich sowohl zwischendurch als auch am Ende des Versuchszeitraumes entsprechende Befragungen und Evaluationen durch. Dabei sollten vor allem die Ergebnisse der Lernzielkontrollen und die Einschätzungen der Schülerinnen und Schüler zum Umgang mit dem Leistungsbeurteilungssystem untersucht werden. Dabei ergaben sich einige wichtige Erkenntnisse, die ich nun zusammenfassen möchte:

### Der Umgang mit den Lernzielen

bedeutete für die Schülerinnen und Schüler erstmals eine enorme Umstellung des Lernverhaltens. Die Lernziele sollten als Orientierung dienen und das Lernen sich danach richten. Einige Schülerinnen und Schüler gaben an, dass diese Phase der Umstellung für sie nicht ganz einfach war. Diese Tendenz zeigte sich auch bei den Lernzielkontrollen. Die ersten Lernzielkontrollen in beiden Gegenständen führten nur zu durchschnittlichen bis mäßigen Erfolgen bei den Schülerinnen und Schülern. Im Laufe der folgenden Lernzielkontrollen konnte jedoch eine deutliche Steigerung der Leistungen erkannt werden. Besonders die lernschwächeren Schülerinnen und Schüler gaben an, mit Hilfe der

Lernziele leichter und besser lernen zu können, da diese ihnen Struktur und Überblick über den Lernstoff bieten.

### **Die Formulierung der Lernziele**

wurde von den Schülerinnen und Schülern durchwegs sehr positiv bewertet. Sie meinten, dass die Lernziele überwiegend klar und deutlich formuliert waren und eine gute Orientierungshilfe beim Lernen geboten haben. Außerdem gab eine Mehrheit der Schülerinnen und Schüler an, durch die Lernziele den eigenen Lernerfolg besser einschätzen zu können.

### **Das Leistungsbeurteilungssystem**

selbst wurde zwar in der Zwischenbefragung nach dem ersten Semester sehr kritisch gesehen, am Ende des Schuljahres jedoch merkbar positiver und besser bewertet. Eine sehr große Mehrheit gab an, dass das Leistungsbeurteilungssystem klar strukturiert, transparent und vor allem gerecht sei. Besonders hervorgehoben wurde, dass sich die Note nicht nur aus Prüfungen zusammensetzt. Die Schülerinnen und Schüler sehen vor allem in den Komponenten Arbeitsaufträge und individuelle Leistungen geeignete Möglichkeiten, um sich einen eventuellen Misserfolg bei der Lernzielkontrolle wieder ausbessern zu können. Positiv gesehen wird auch die Möglichkeit, mit den individuellen Leistungen seine persönliche Note in die Leistungsbeurteilung einbringen zu können und ein damit über den Unterricht hinausgehendes Engagement belohnt wird. Das Leistungsbeurteilungssystem zeigt einem klar auf, wie die Note entstanden ist und sorgt für eine faire Beurteilung jedes einzelnen. Insgesamt ist das Leistungsbeurteilungssystem sehr gut angekommen und es gab nur einige wenige Verbesserungsvorschläge von Seiten der Schülerinnen und Schüler.

### **Chancen und Möglichkeiten des alternativen Leistungsbeurteilungssystems**

Die Erfahrungen haben gezeigt, dass die Schülerinnen und Schüler das neue Leistungsbeurteilungssystem in großem Maße gut angenommen haben und diese Art der Beurteilung ihren Vorstellungen entspricht. Es lässt sich daher festhalten, dass ich meine Forderungen an ein neues Leistungsbeurteilungssystem, die ich mir am Ausgangspunkt meiner Entwicklungen gestellt habe, in mehreren Punkten erfüllen konnte. Die Gliederung in vier Teilbereiche und die eindeutige Berechnung der Benotungen sorgt für eine Übersichtlichkeit und Transparenz der Beurteilung und ruft bei den Schülerinnen und Schüler ein Gefühl der „gerechten Beurteilung“ hervor. Die klar formulierten Lernziele zu den jeweiligen Themengebieten geben den Schülerinnen und Schülern die von ihnen erforderten fachlichen Anforderungen und Kenntnisse bekannt und dienen als Orientierung beim Lernen. Die Praxis hat auch gezeigt, dass lernschwächere Schülerinnen und Schüler von den Lernzielen profitieren können. Die Forderung nach Erlernen und Entwickeln wichtiger Kompetenzen wird vor allem in den Bereichen Arbeitsverhalten und Arbeitsengagement sowie bei der Arbeit an Arbeitsaufträgen erfüllt. Hier sehe ich jedoch

noch einiges an Potenzial, wie z.B. gezielte Schulung von Problemlösefähigkeit, sozialen Kompetenzen oder Lernstrategien, das hier noch eingebracht werden könnte. Individuelles und differenziertes Lernen und Arbeiten sollten vor allem die individuellen Leistungen eröffnen. Eigenständiges Auseinandersetzen mit fachlichen oder fächerübergreifenden Themen, je nach Interesse, Neigung und Begabung, konnte hier zumindest als erster Ansatz verwirklicht werden.

### **Schlussfolgerungen**

Der erste Versuch zur Entwicklung eines neuen Leistungsbeurteilungssystems für den Physik- und Chemieunterricht, das dem heutigen Unterricht in diesen Fächern gerecht wird und viele Bereiche abdeckt, fand für mich durch die sehr positiven Rückmeldungen der Schülerinnen und Schüler, aber auch Eltern, seine Bestätigung. Es lässt sich daher für mich selbst sagen, dass sich dieser Schritt, wenn er auch sehr zeitintensiv war und einer erhöhten Vorbereitungszeit bedurfte, mehr als gelohnt hat. Es war dies ein Schritt zur Weiterentwicklung des Unterrichts und einer dem Unterricht angepassten Leistungsbeurteilung.

Das neue Leistungsbeurteilungssystem setze ich auch in diesem Schuljahr 2008/09 in beiden 4. Klassen im Unterricht ein und meine bisherigen Erfahrungen schließen an die Ergebnisse des Vorjahres an. Das Leistungsbeurteilungssystem findet bei den Schülerinnen und Schülern hohe Akzeptanz und Wertschätzung und sorgt für das Gefühl einer ehrlichen, gerechten und transparenten Beurteilung. Besonders freut es mich, dass auch von Seiten der Eltern dies so gesehen und eingeschätzt wird.

Ein Leistungsbeurteilungssystem auf Basis von Lernzielen, das einerseits fordert und andererseits fördert, könnte vielleicht nachhaltig das Bild des naturwissenschaftlichen Unterrichts neu prägen, sofern man bereit ist, zu dessen Weiterentwicklung persönlich beizutragen.

### **Literatur**

- GRAF, E. Fördern und Fordern durch Leistungskontrollen und –rückmeldungen. Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie. 2000. Nr. 56
- BUNDESMINISTERIUM für Unterricht, Kunst und Kultur. Schulunterrichtsgesetz 1986 (SchUG), Leistungsbeurteilungsverordnung 1975 (LBVO) und Allgemeiner Lehrplan und Fachlehrpläne für die Hauptschule 2000

# Fluoreszenz von Porphyrinen in Eierschalen

Helmuth Wachtler

## Einleitung

Drei Oberstufenklassen (5a, 6a und 7a) unseres naturwissenschaftlichen Schwerpunkts am BRG/BORG Landeck bekamen heuer vom Bundesministerium ([www.forschungsmachtschule.at](http://www.forschungsmachtschule.at)) einen Forschungsscheck in der Höhe von Euro 1000.-. Ziel unseres Projekts war, Experimente rund um das Thema Lumineszenz zu finden, auszuprobieren und so zu modifizieren, dass sie als Schülerexperimente leistbar und durchführbar sind. Daraus entstand eine Versuchsanleitung, wir nannten sie „Lumineszenz-Rezeptbuch“. Im folgenden Artikel möchten wir eines unserer Experimente vorstellen.

Sowohl Fluoreszenz als auch Phosphoreszenz sind Formen der Lumineszenz (kaltes Leuchten). Fluoreszenz ist dadurch gekennzeichnet, dass sie nach dem Ende der Bestrahlung aufhört. Bei der Phosphoreszenz hingegen kommt es zu einem Nachleuchten, das von Sekundenbruchteilen bis zu Stunden dauern kann.

## Fluoreszenz

Ein fluoreszierender Stoff (Fluorophor) wird mit Licht, meist UV-Licht, bestrahlt. Das Licht wird vom Stoff aufgenommen. Durch die Bestrahlung werden die Elektronen in ein höheres Energieniveau gehoben und können über mehrere Stufen unter Emission von sichtbarem Licht (energieärmeres, also langwelligeres Licht) wieder den Grundzustand erreichen.

## Phosphoreszenz

Bei der Phosphoreszenz kommt es zu einem Nachleuchten, das sogar mehrere Stunden dauern kann. Diese Zeit ist temperaturabhängig (je wärmer desto kürzer ist die Leuchtdauer). Stoffe, die Phosphoreszenz zeigen, werden Phosphore genannt. Bei der Fluoreszenz fallen die angeregten Elektronen spontan in den Grundzustand, wohingegen die Elektronen bei der Phosphoreszenz nach der Anregung in bestimmte Speicherniveaus (Elektronenfallen oder Traps), die sich im Festkörper knapp unterhalb des primär angeregten Niveaus befinden, fallen. Zur Entleerung der Speicherniveaus und damit zur Lichtemission muss die geringe Energiedifferenz bis zum primär angeregten Zustand wieder zugeführt werden (Temperaturabhängigkeit!). Phosphore sind meist

Dr. Helmuth Wachtler unterrichtet Chemie am BRG/BORG Landeck und ist Mitarbeiter am Fachdidaktikzentrum für Naturwissenschaften Innsbruck. e-Mail: [h.wachtler@gmail.com](mailto:h.wachtler@gmail.com).

Kristalle, deren Ionengitter durch geringe Mengen an Fremdionen „verunreinigt“ (also dotiert) sind. Häufig wird ein mit  $Al^{3+}$ ,  $Cu^+$  bzw.  $Ag^+$  dotiertes Zink(II)sulfid verwendet.

## Experimente im Unterricht zum Thema Fluoreszenz

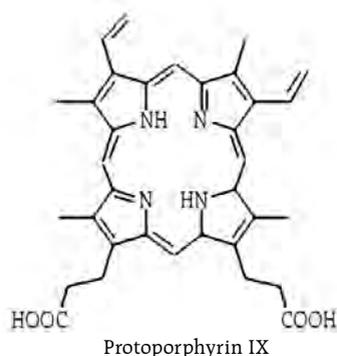
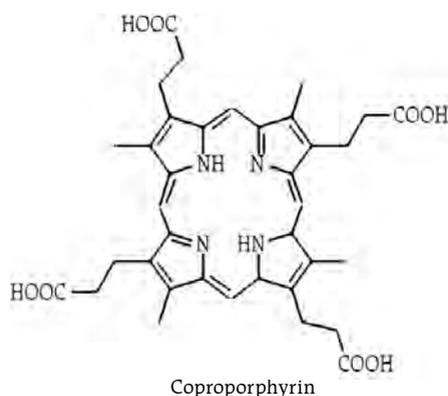
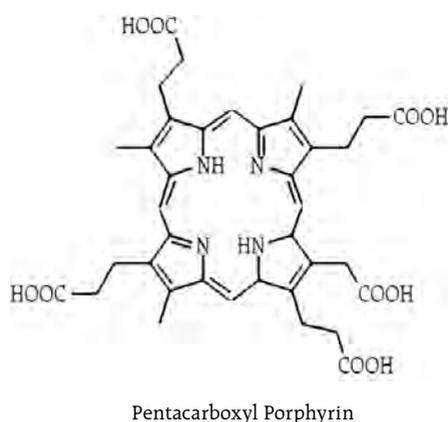
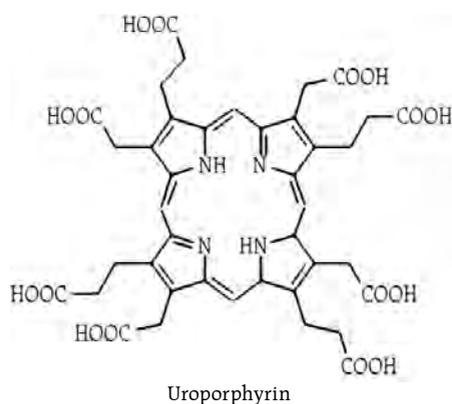
Zahlreiche Experimente zum Thema Fluoreszenz sind bereits bekannt und im Unterricht sehr beliebt. Im Folgenden eine nicht vollständige Tabelle, welche Stoffe des Alltags eine Fluoreszenz mit UV-Licht erkennen lassen und für den Unterricht geeignet sind:

	Fluorophor	Farbe
optische Aufheller im Vollwaschmittel oder Papier	unterschiedliche Moleküle	blau
Bitter Lemon	Chinin	blau
Vanillepudding	Riboflavin	gelb
manche Energydrinks	Riboflavin	gelb
Brausetabletten	Riboflavin	gelb
Kastanienzweige im Wasser	Aesculin	blau
Eschenzweige im Wasser	Fraxin	blau-grün

Diese Liste soll um die Farbe Rot erweitert werden. Es werden im Folgenden Experimente vorgestellt, die mehrere wichtige Gebiete im Chemieunterricht berühren, wie zum Beispiel das Thema Eiweiß, Kalknachweis und Kalkbrennen, Trennmethode, Säuren und Basen. Alle Experimente können von Schülerinnen und Schülern ab der 5. Schulstufe selbst durchgeführt werden.

## Beschreibung der Versuche

Beobachtet man ein braunes Ei unter dem UV-Licht, so erkennt man ein rötlich-fluoreszierendes Licht. Dadurch können Abrollspuren eines Käfigbodens sichtbar gemacht werden. Die an der Oberfläche des Eies eingelagerten Fluorophore sind eine Mischung aus mehreren Porphyrinen. Wahrscheinlich sind alle Porphyrine, die bei der Biosynthese von Häm vorkommen, in den Eierschalen vertreten. Die Biosynthese von Protoporphyrin erfolgt unter anderem über die Zwischenprodukte Uroporphyrin, Pentacarboxyl Porphyrin und Coproporphyrin. Die Möglichkeit einer Auftrennung des Gemischs mittels DC wird in [1] beschrieben.



Im Unterschied zu Häm fehlt dem Protoporphyrin das Zentralatom  $\text{Fe}^{2+}$ . Die Porphyrine stärken die Eierschalen und liegen in Bereichen mit niedrigerem Kalkanteil in höheren Konzentrationen vor. Die folgenden Versuche zeigen eine Möglichkeit, diese Farbstoffe in Lösung zu bringen. Dieser

Versuch ist auch ohne das von H. Brandl [2] vorgeschlagene Ethylacetat realisierbar. Des Weiteren werden in einem 2. Experiment die Farbstoffe thermisch so verändert, dass sich die Wellenlängen der Fluorophore nach blau verschieben.

## Materialien und Chemikalien

- braune Eierschalen
- Salzsäure
- Reagenzgläser, Reagenzglasständer
- Trichter, Filter
- Bunsenbrenner, Holzklammer
- Stativ, Doppelmuffe, Universalklemme

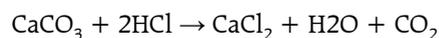
## Experiment ohne thermische Behandlung



Ein Reagenzglas wird mit braunen Eierschalen ca. 3 cm hoch gefüllt. Nun werden die Eierschalen mit 0,5 M Salzsäure bedeckt. Sofort kommt es zu einem starken Aufschäumen durch das bei der Reaktion von Kalk und Säure entstehende Kohlendioxid. Eventuell noch vorhandene Eiweiße verstärken das Aufschäumen (ähnlich wie beim Bier). Nach ein paar Minuten nimmt die Gasbildung ab und die Lösung kann entweder abdekantiert oder abfiltriert werden. Eine rote Fluoreszenz des Filtrats ist im UV-Licht zu erkennen.

### Erklärung

Für das Schäumen der Lösung ist Kohlendioxid verantwortlich, welches durch Zugabe von Salzsäure nach folgender Reaktionsgleichung entsteht:



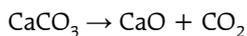
Die im Kalk eingelagerten, stark fluoreszierenden Porphyrine, werden freigesetzt.

## Experiment mit thermischer Behandlung

Ein Reagenzglas wird mit braunen Eierschalen ca. 3 cm hoch gefüllt. Nun wird es für ca. 90 Sekunden über dem Bunsenbrenner mit rauschender Flamme erhitzt. Der pH-Wert des dabei entstehenden Rauchs kann mit einem feuchten pH-Papier bestimmt werden ( $\text{pH} > 7$ ). Nach dem Abkühlen des Reagenzglases werden nun ca. 5 mL Wasser zu den inzwischen schwarz gefärbten Eierschalen dazugegeben. Die Suspension wird nun gut geschüttelt. Sie kann nun wieder entweder abdekantiert oder abfiltriert werden. Nun ist eine blaue Fluoreszenz im UV-Licht zu erkennen.

### Erklärung

Beim Erhitzen der Eierschalen zersetzt sich Kalk unter Ausbildung von Calciumoxid und Kohlendioxid (analog zum Kalkbrennen):



Dadurch können die in den Eierschalen eingeschlossenen Porphyrine frei werden. Durch das Erwärmen verändern sich die Porphyrine so, dass es nun zu einer blauen Fluoreszenz im UV-Licht kommt.

Neben dem Kalk werden noch Reste von Eiweißen zu Kohlendioxid, Wasser und Ammoniak zersetzt. Ammoniak färbt das feuchte pH-Papier blau.

Die Anzahl der konjugierten Doppelbindungen bestimmt die Farbe eines Moleküls. Je mehr konjugierte Doppelbindungen im Molekül vorhanden sind, desto niedriger ist die zur Anregung notwendige Energie (geringerer HOMO-LUMO Abstand). Dadurch kommt es zu einer Rotverschiebung. Beim Erwärmen verändert sich die Anzahl an konjugierten Doppelbindungen und somit auch die Farbe der Fluoreszenz.

### Demonstrationsexperiment

Eine andere beeindruckende Möglichkeit, die Porphyrine aus der Eierschale herauszulösen und diesen Vorgang unter UV-Licht zu beobachten, wäre folgende:

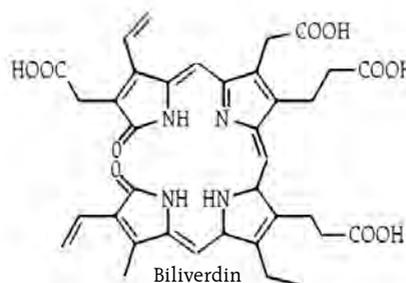
Zuerst wird ein braunes Ei mit Hilfe einer Universalklemme fixiert. Unter das Ei stellt man einen Rundkolben mit Trichter. Nun beleuchtet man in einem abgedunkelten Raum das Ei mit UV-Licht und tropft eine 1M Salzsäure auf das Ei. Sofort sieht man die Ausbildung eines rot-fluoreszierenden Schaums, der dann über den Trichter in den Rundkolben tropft.



### Gemeinsames Eieressen



Natürlich darf beim Experimentieren mit Eierschalen die kulinarische Seite nicht vergessen werden. Ein Schüler brachte aus dem Paznaun/Tirol Hühnereier mit grünen Schalen mit, die von einer südamerikanischen Hühnerrasse mit der Bezeichnung Arucana-Hühner stammen. Die Fluoreszenz der grünen Eier ist nicht ganz so ausgeprägt wie die von braunen. Geschmacklich merkten wir aber keinen Unterschied. Die grüne Färbung dieses Eies wird wahrscheinlich durch den Farbstoff Biliverdin, ein Abbauprodukt von Häm, verursacht. Die Eier wurden natürlich, für ein Chemie Labor typisch, in einem 1000mL Becherglas über einem Bunsenbrenner und Dreifuß mit Wärmeschutznetz hart gekocht. Mahlzeit!



### Literatur

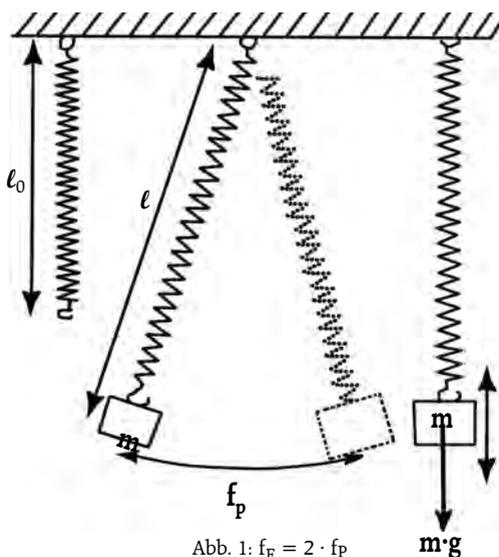
- [1] Torben K. With, Porphyrins in egg shells, *Biochem. J.* (1973) 137, 597-598
- [2] Brandl H. *Trickkiste Chemie*, Bayerischer Schulbuch Verlag, München, 1998, S. 123ff

# Interessanter Fall gekoppelter Schwingungen

Leopold Stadler

Einer der eindruckvollsten Schauversuche zur Schwingungslehre zeigt die gekoppelten Dehnungs- und Drehschwingungen einer langen Schraubenfeder, wie sie der englische Physiker Lionel Robert Wilberforce (1861-1944) im Jahr 1894 erstmals beschrieben hat. Dieser Versuch ist leicht auszuführen, der Vorgang wegen der geringen Dämpfung lange Zeit zu beobachten und das Gerät ist im Lehrmittelhandel erhältlich.

Weniger bekannt ist ein ähnlicher Versuch, bei welchem eine erstaunliche 1:2 Kopplung stattfindet. Ich habe ihn bei meinem Experimentalvortrag im Rahmen der Fortbildungswoche 2008 vorgeführt. Da er auf großes Interesse stieß und keine besonderen Hilfsmittel erfordert, möchte ich diesen lehrreichen Schauversuch einem größeren Kreis bekannt machen.



Auch hier handelt es sich um zweierlei Schwingungen einer belasteten Schraubenfeder, deren Masse gegenüber jener des Pendelkörpers vernachlässigbar ist. Neben Querschwingungen werden Kontraktionsschwingungen beobachtet, deren Frequenzen sich wie 1:2 verhalten: Einmal schaukelt das Massestück an der Schraubenfeder in erster Näherung wie ein mathematisches Pendel, darauf erfolgt die übliche vertikale Federschwingung im Schwerfeld der Erde.

Bevor ich einige experimentier-technische Einzelheiten verrate (insbesondere zur Frage, wie die genaue Frequenzabstimmung hergestellt werden kann), wollen wir überlegen, wie diese Kopplung zustande kommt.

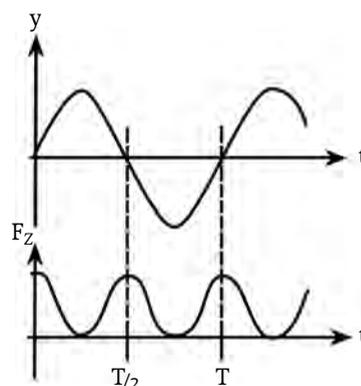
OStR Mag. Leopold Stadler hat an der HTL Ottakring Wien Physik unterrichtet und demonstriert Experimentierkunst im Rahmen der Fortbildungswoche

## Versuchs-Ablauf

Der Pendelkörper wird möglichst genau vertikal nach unten gezogen und dann losgelassen. Zur harmonischen Vertikalschwingung gesellt sich im Lauf mehrerer Perioden ein wachsender Quer-Ausschlag, bis endlich die Längsschwingung völlig verschwunden ist und eine reine Pendelbewegung statt findet. Alsbald läuft der Verwandlungsprozess retour und das Koppel-Spiel beginnt von Neuem. Nebenbei ist in einer Übergangsphase schön zu beobachten, wie der Pendelkörper – im Sinne von Lissajous – eine liegende Acht durchläuft.

## Zum Verständnis

Leicht einzusehen ist die Rückverwandlung von der Pendelbewegung zur linearen Federschwingung: Bei jedem Hin- und Her-Schwingen wird die Feder beim Durchgang durch die Vertikale maximal gedehnt, mit der doppelten Frequenz der Pendelschwingung wirkt die Zentralkraft periodisch auf die Feder ein, wodurch die Längsschwingung mit ihrer Eigenfrequenz angefangt wird.



$$y = A \cdot \sin \omega t$$

$$F_z = \frac{m v^2}{L} = \frac{m}{L} A^2 \omega^2 \cos^2 \omega t \sim$$

$$\sim \cos^2 \omega t = \frac{1 + \cos^2 \omega t}{2}$$

Welcher Mechanismus stört jedoch die vertikale Federschwingung? Keine Federaufhängung ist ideal symmetrisch, so dass bei jeder Veränderung der Federspannung eine kleine Querkraft in der Aufhängung auftritt. Fertigungstechnisch ist es geradezu unmöglich, eine Feder so herzustellen, dass diese seitliche Kraft völlig vermieden wird.

## Zur Ausführung des Versuchs

Wir wählen Feder und Masse des Pendelkörpers so, dass die Größe der Anordnung, bzw. die Schwingungsdauer gute Beobachtung zulassen. Man kann eine Feder aus dem Lehrmittelangebot für Schwingungsversuche verwenden; als Federkonstante halte ich einige 10 N/m für günstig. Der

Pendelkörper sollte fest mit dem Ende der Feder verbunden sein (angeklemt oder mittels Klebeband fixiert) und kann z.B. aus einem Stapel von Scheiben Masse-Scheiben (zu 50g/20g/10g) bestehen.

Wie groß die Masse bei gegebener Feder etwa sein sollte, können wir berechnen und damit nervendes Herumprobieren vermeiden. Dies werde ich später angeben und vorher einige Kunstgriffe für die Feinabstimmung der Bedingung  $T_P = 2 T_F$  angeben.

Da die Federkonstante  $k$  gar nicht und die Masse  $m$  nur schlecht variiert werden können, lassen wir die Feder-schwingungs-Frequenz unbehelligt und konzentrieren uns auf die Pendellänge  $L$ .

Diese kann dadurch fein reguliert werden, indem zwischen dem oberen Ende der Feder und der Drehachse ein Stück Schnur der Länge  $a$  eingeschaltet wird. Dadurch erreichen wir:

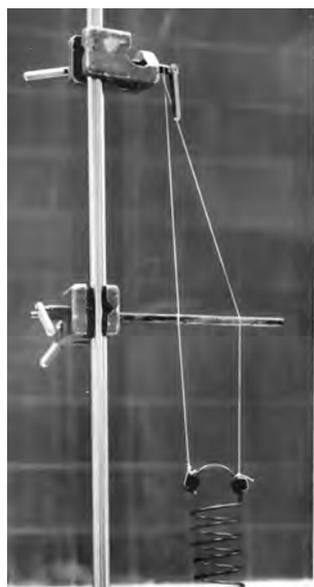


Abb. 3

1) Die bifilare Aufhängung unterdrückt Querschwingungen senkrecht zur Pendelebene.

2) Beide Fäden sind jeweils einmal um einen Stift ( $\varnothing 4$  mm) geschlungen, während das Gewicht der Anordnung vom Stativ getragen wird.

3) Wir stoppen die Schwingungsdauer des „Pendels“ bei kleiner Amplitude, nachdem wir  $T_F$  über eine größere Anzahl von Perioden genau ermittelt haben (Hand-Stopuhr)

4) Die Angleichung von  $T_P$  auf das Doppelte der Frequenz  $T_F$  kann jetzt leicht und genau durch Verschieben des Stifts, also durch Korrigieren der Pendellänge erfolgen.

Zuletzt zur Berechnung eines geeigneten Betrages der Masse  $m$ .

$$l = l_0 + \Delta l = l_0 + \frac{F}{k} = l_0 + \frac{m \cdot g}{k}$$

$$L = a + l = a + l_0 + \frac{m \cdot g}{k}$$

gefordert ist

$$2 \cdot f_P = f_{F \text{ bzw. } 2 \cdot T_F = T_P}$$

$$2 \cdot \left[ 2 \pi \sqrt{\frac{m}{k}} \right] = 2 \pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad 4 \cdot \frac{m}{k} = \frac{L}{g}$$

Es bezeichnen  $l_0$  die Länge der unbelasteten Feder,  $a$  die Länge der Schnur und  $k$  die Federkonstante. Dann gilt für die belastete Feder

$$4 mg = k \cdot (a + l_0 + \frac{mg}{k})$$

$$3 mg = k \cdot (a + l_0)$$

$$m = \frac{k \cdot (a + l_0)}{3g}$$

Es wurde eine Feder des „Paar gleicher Federn“ aus Bronze-Draht der Fa. Leybold mit  $k = 32$  N/m und  $l_0$  ca. 29 cm verwendet. Mit  $a = 14$  cm erhält man

$$m = \frac{32 \text{ N} \cdot (0,29 + 0,14) \text{ m}}{3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = \frac{32 \cdot 0,43}{29,43} \text{ kg} = 0,468 \text{ kg}$$

tatsächlich waren 470 Gramm befestigt.

## Gutes Gelingen wünscht der Autor

### Material

- Schraubenfeder ( $k$  ... einige 10 N/m)
- diverse Masse-Scheiben
- Stoppuhr
- schwerer Stativfuß
- Stativstange 1 m
- Kreuzmuffen
- Metallstift (ca. 4 mm Durchmesser),
- Schnur

### Literatur

- [1] Krönke Helmut, Mechanische Schwingungen und Schall, S. 18 ff. Hildesheim: A. Lax 1962 (vergriffen)
- [2] Lehrmittelkataloge diverser Firmen (Spiralfedern, Wilberforce-Pendel, Massescheiben)
- [3] Schlichting H.-J. und Ucke C., Das „Metapendel“ oder: "Eine sich selbst antreibende Schaukel", Physik in unserer Zeit 26 (1995), 41-42.  
Online: [http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich\\_physik/didaktik\\_physik/publikationen/metapendel\\_schaukel.pdf](http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/didaktik_physik/publikationen/metapendel_schaukel.pdf)

# Einführung des Photons am Beispiel des Fabry-Perot-Resonators

Axel Donges

## Einleitung

Die Einführung des Photons im Physikunterricht erfolgt meist im Zusammenhang mit der Besprechung des Photoeffekts (obwohl der Photoeffekt auch ohne Photonen erklärt werden kann [1, S. 226-234]). In diesem Aufsatz wird ein anderer Zugang zum Photonenbegriff aufgezeigt, der sich an der Quantenelektrodynamik orientiert [2, S.38-49]. Es steht daher nicht die Wechselwirkung des Lichts mit Materie im Vordergrund.

## Stehende elektromagnetische Welle

Ausgangspunkt unserer Überlegungen ist die stehende Welle. Setzt man eine gewisse Vertrautheit der Schüler mit einer stehenden Seilwelle voraus, so bereitet die Diskussion der stehenden elektromagnetischen Welle keine allzu großen Schwierigkeiten.

Eine stehende Welle kann immer als Superposition von zwei Wellen aufgefasst werden, die sich nur in einer Eigenschaft unterscheiden: Sie haben entgegengesetzte Ausbreitungsrichtungen. Für die elektrische und magnetische Feldstärke ( $E$  und  $H$ ) einer in  $+z$ - bzw.  $-z$ -Richtung laufenden ebenen elektromagnetischen Welle gilt:

$$\vec{E}_{1,x} = \vec{E}_{0,x} \sin(\omega t - kz) \quad (1a)$$

$$\vec{E}_{2,x} = -\vec{E}_{0,x} \sin(\omega t + kz) \quad (1b)$$

sowie

$$\vec{H}_{1,y} = \vec{H}_{0,y} \sin(\omega t - kz) \quad (2a)$$

$$\vec{H}_{2,y} = \vec{H}_{0,y} \sin(\omega t + kz) \quad (2b)$$

Das negative Vorzeichen in Gleichung (1b) garantiert, dass das Kreuzprodukt aus elektrischer und magnetischer Feldstärke stets in Ausbreitungsrichtung weist. Zwischen den beiden senkrecht aufeinander stehenden Feldstärken  $\vec{E}_{0,x}$  und  $\vec{H}_{0,y}$  besteht der Zusammenhang

$$\frac{E_{0,x}}{H_{0,y}} = \sqrt{\frac{\mu_r \mu_0}{\epsilon_r \epsilon_0}} = Z \quad (3)$$

Prof. Dr. Axel Donges unterrichtet Physik an der Fachhochschule und Berufskolleg Naturwissenschaftlich-Technische Akademie Isny/Allgäu, eMail: AD@fh-isny.de

$Z$  heißt Wellenwiderstand. Er kann mit Hilfe der magnetischen und elektrischen Feldkonstanten  $\mu_0$  und  $\epsilon_0$  berechnet werden. Für das Vakuum ( $\mu_r = \epsilon_r = 1$ ) ergibt sich ein Wert von etwa  $377 \Omega$ . Die Superposition der beiden gegenläufigen Wellen (1) und (2) führt zu einer stehenden Welle:

$$\vec{E}_x = \vec{E}_{1,x} + \vec{E}_{2,x} = -2\vec{E}_{0,x} \sin(kz) \cos(\omega t) \quad (4a)$$

bzw.

$$\vec{H}_y = \vec{H}_{1,y} + \vec{H}_{2,y} = 2\vec{H}_{0,y} \cos(kz) \sin(\omega t) \quad (4b)$$

Das elektrische und das magnetische Feld einer stehenden Welle sind sowohl im Ort  $z$  als auch in der Zeit  $t$  um  $\pi/2$  Phasen verschoben. Die Knoten/Bäuche des magnetischen Feldes fallen räumlich mit den Bäuchen/Knoten des elektrischen Feldes zusammen.

## Moden eines Fabry-Perot-Resonators

Wir beschränken die weitere Diskussion auf den einfachsten Fall: Wir betrachten nicht wie üblich einen Hohlraum, sondern einen seitlich offenen optischen Resonator, der aus zwei parallel angeordneten ebenen Spiegeln besteht (Fabry-Perot-Resonator). Außerdem wird zur Vereinfachung der Einfluss der Beugung außer Acht gelassen. In diesem Fall kann das elektromagnetische Feld im optischen Resonator durch eine ebene stehende Welle beschrieben werden. Die Randbedingung, dass die elektrische Feldstärke am Ort der (ideal leitfähig angenommenen) Spiegel verschwinden muss,  $E_x = 0$ , schränkt die Zahl der möglichen stehenden Wellen ein. Es kommen nur solche stehenden Wellen in Frage, deren ganzzahliges Vielfaches der halben Wellenlänge der Resonatorlänge  $L$  entspricht.

$$L = m \frac{\lambda}{2} \quad \text{mit } m = 1, 2, 3, \dots \quad (5)$$

Das bedeutet für die Kreisfrequenz bzw. die Kreiswellenzahl der möglichen stehenden Wellen:

$$\omega_m = m \frac{\pi c}{L} \quad \text{mit } m = 1, 2, 3, \dots \quad (6)$$

bzw.

$$k_m = m \frac{\pi}{L} \quad \text{mit } m = 1, 2, 3, \dots \quad (7)$$

Das gesamte Strahlungsfeld im Resonator kann man sich stets durch Überlagerung der verschiedenen möglichen stehenden Wellen aufgebaut denken. Dabei ist zu berücksichtigen, dass zu jeder stehenden Welle mit der Laufzahl  $m$  zwei verschiedene Polarisationszustände existieren. Eine einzelne stehende Welle eines Resonators mit einer festgelegten Polarisationsrichtung wird als Mode oder Eigenschwingung bezeichnet.

## Energie einer Mode

Die elektrische und magnetische Energie einer Mode berechnet sich durch räumliche Integration der elektrischen und magnetischen Feldenergiedichten zu

$$W_e = \epsilon_r \epsilon_0 E_{0,x}^2 AL \cos^2(\omega t) \quad (8a)$$

bzw.

$$W_m = \mu_r \mu_0 H_{0,y}^2 AL \sin^2(\omega t). \quad (8b)$$

Hierbei ist  $A$  die Querschnittsfläche des Resonators. Mit Hilfe der Beziehung

$$c^2 = \frac{1}{\epsilon_r \epsilon_0 \mu_r \mu_0} \quad (9)$$

erkennt man, dass die Maximalwerte der elektrischen und magnetischen Energie gleich groß sind.

$$\epsilon_r \epsilon_0 E_{0,x}^2 AL = \mu_r \mu_0 H_{0,y}^2 AL \quad (10)$$

Die Gesamtenergie der Mode ist zeitlich konstant. Die beiden Energieformen wandeln sich jedoch ständig (mit der doppelten Frequenz  $2\omega$ ) in einander um.

$$W = W_e + W_m = \epsilon_r \epsilon_0 E_{0,x}^2 AL \quad (11)$$

## Vergleich mit einem harmonischen Oszillator

Geht man davon aus, dass den Schülern die Physik eines ungedämpften Pendels bekannt ist, so bietet sich nun ein Vergleich der stehenden Welle mit einem Pendel an. Die Schüler werden leicht die Analogie erkennen: Wie bei einer Mode des Fabry-Perot-Resonators ist die Gesamtenergie eines ungedämpften Pendels konstant, wobei sich jedoch ständig potentielle und kinetische Energie in einander umwandeln. Dieses Ergebnis wird nicht nur bei einem Pendel, sondern auch bei anderen harmonischen Schwingern (z.B. LC-Schwingkreis) beobachtet. Eine Mode eines optischen Resonators verhält sich offenbar genau so wie ein harmonischer Oszillator. Diese Analogie erlaubt die folgende Interpretation:

*Die Gesamtenergie des elektromagnetischen Strahlungsfeldes in einem optischen Resonator ist in einem unendlichen Satz von fiktiven harmonischen Oszillatoren gespeichert. Jeder Oszillator repräsentiert eine Mode (d.h. eine stehende Welle definierter Polarisationsrichtung) des optischen Resonators.*

## Quantisierung der Energie

An dieser Stelle setzt nun ein schmerzlicher Bruch ein, der den Schülern nicht erspart werden kann. Die klassische Physik erlaubt, dass ein harmonischer Oszillator jede beliebige Energie  $W \geq 0$  annehmen kann. Die quantenmechanische Behandlung, auf die man im Schulunterricht i.d.R. verzichten muss, ergibt ein anderes Ergebnis. Die Energiewerte, die ein harmonischer Oszillator annehmen kann, sind diskret. Sie betragen

$$W_n = (n + \frac{1}{2})hf \quad \text{mit} \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (12)$$

Hierbei ist  $h$  das Plancksche Wirkungsquantum und  $f$  die Frequenz des Oszillators. Die minimale Energie, die ein harmonischer Oszillator annehmen kann, ist

$$W_0 = \frac{1}{2}hf. \quad (13)$$

Diese Energie wird Nullpunktsenergie genannt. Die Gleichung (12) beschreibt auch die Energiewerte des im vorherigen Abschnitt behandelten Federpendels. Die Energiestufen  $hf$  sind in diesem Fall jedoch unmessbar klein im Vergleich zur Gesamtenergie des Pendels. Die Quantisierung der Energie ist daher im Rahmen der klassischen Physik ohne Bedeutung, es wird ein bei  $W = 0$  beginnendes, kontinuierliches Energiespektrum beobachtet.

Auf die Analogie zwischen einer Mode eines optischen Resonators und einem harmonischen Oszillator wurde bereits hingewiesen. Das Ergebnis (12) kann daher ohne Weiteres auf die Moden eines optischen Resonators übertragen werden. Die Energie, die in einer Resonatormode mit der Frequenz

$$f_m = m \frac{c}{2L} \quad (m = 1, 2, 3, \dots) \quad (14)$$

enthalten ist, kann demnach nur die durch Gleichung (12) festgelegten Werte annehmen:

$$W_{m,p} = (n_{m,p} + \frac{1}{2})hf_m. \quad (15)$$

Der Energieinhalt kann nur in Vielfachen von  $hf_m$  erhöht bzw. erniedrigt werden. Die kleinste Energiestufe (Energiequant  $hf_m$ ) wird Photon genannt. Ein Photon muss man sich demnach als eine über das gesamte Modenvolumen verteilte Energiemenge der Größe  $hf_m$  vorstellen. Jede Mode kann beliebig viele Photonen aufnehmen, da Photonen zu den Bosonen zählen. Die Quantenzahl  $n_{m,p}$ , die den Energieinhalt einer Mode beschreibt, entspricht der Anzahl der Photonen, mit denen die Mode besetzt ist. Die Gesamtenergie des elektromagnetischen Strahlungsfeldes ergibt sich, wenn die Energien aller Moden aufsummiert werden:

$$W = \sum_{p=1}^2 \sum_{m=1}^{\infty} (n_{m,p} + \frac{1}{2})hf_m \quad (16)$$

$$(n_{m,p} = 0, 1, 2, 3, \dots).$$

Die Doppelsumme berücksichtigt, dass zu jeder Frequenz

$f_m$  zwei Polarisationszustände existieren. Im Fall eines Lasers ist nur eine oder einige wenige Moden mit Photonen besetzt. Liegt thermisches Gleichgewicht vor, sind die Moden entsprechend dem Boltzmann-Gesetz mit Photonen besetzt [2, S.83-95]. Selbst wenn alle Moden unbesetzt sind, ergibt sich nach Gl. (16) ein unendlich großer Energiebetrag. Dies ist jedoch nicht weiter beunruhigend, da die Nullpunktsenergie dem Strahlungsfeld nicht entzogen werden kann. Auch bei Messungen können stets nur Energiedifferenzen bestimmt werden, bei denen die Nullpunktsenergie keine Rolle spielt. Wie bereits erwähnt, muss man sich ein Photon als einen über den Resonator verteilten Energiebetrag der Größe  $hf_m$  vorstellen [3]. Dem Photon kann also kein bestimmter Ort im Resonator zugeordnet werden. Eine starke Lokalisierung des Photons tritt erst dann in Erscheinung, wenn das Photon in Wechselwirkung mit Materie tritt. Befindet sich in dem Resonator ein Atom, so kann (unter geeigneten Bedingungen) das Atom das Photon absorbieren. Die zuvor im Resonator „verschmierte“ Energie des Photons ist anschließend in dem Atom konzentriert.

Die hier diskutierte Feldquantisierung von stehenden elektromagnetischen Wellen erklärt auch die Feldquantisierung von laufenden Wellen, da man sich auch eine laufende Welle aus stehenden Wellen aufgebaut vorstellen kann [1, S. 88, 104-107]

$$\begin{aligned}\vec{E}_x &= \vec{E}_{0,x} \sin(\omega t - kz) \\ &= \vec{E}_{0,x} (\sin(\omega t) \cos(kz) - \cos(\omega t) \sin(kz))\end{aligned}\quad (17a)$$

$$\begin{aligned}\vec{H}_y &= \vec{H}_{0,y} \sin(\omega t - kz) \\ &= \vec{H}_{0,y} (\sin(\omega t) \cos(kz) - \cos(\omega t) \sin(kz))\end{aligned}\quad (17b)$$

## Schlussbemerkungen

Die in diesem Aufsatz vorgeschlagene Einführung des Photonenbegriffs überwindet den krassen Widerspruch zwischen dem Wellen- und Teilchenbild. In dieser Darstellung wird sowohl der Wellenaspekt (stehende elektromagnetische Welle), als auch über die Energiequantisierung des harmonischen Oszillators der Quantencharakter berücksichtigt. Den Schülern kann so ein Weg aus dem Welle-Teilchen-Konflikt aufgezeigt werden bzw. ihnen bleibt von Anfang an dieser Konflikt erspart. Außerdem wird der weit verbreiteten Meinung entgegen gewirkt, dass das Photon ein punktförmiges Teilchen sei.

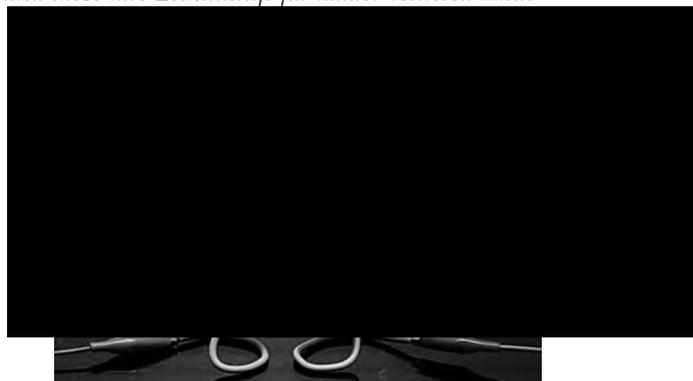
## Literatur

- [1] Kuhn W., Strnad J. (1995): *Quantenfeldtheorie - Photonen und ihre Deutung*. Braunschweig: Vieweg.
- [2] Donges A. (1990): *Elementare Quantenoptik*. Heidelberg: Hüthig.
- [3] Sargent III E., Scully M.O., Lamb Jr. W.E. (1974): *Laser Physics*. Reading Mass.: Addison-Wesley, S. 228

# Letztes Glühen

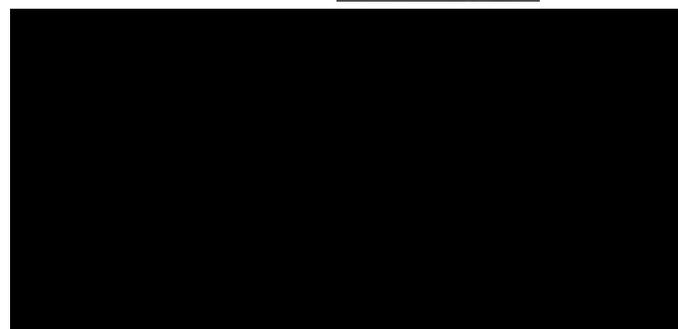
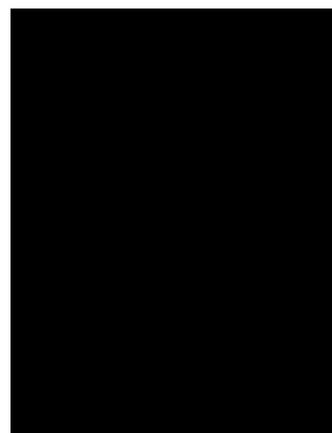
Der online-Standard vom 23. Juni 2009 zeigt unter <http://derstandard.at/1244460472991/Fotowettbewerb-Bye-bye-Gluehbirne> 82 originelle Bilder zum Abschied von der Glühbirne. Einige Appetithappen daraus sehen Sie hier.

**Stefan Leitner** „Ich habe in diesem Bild versucht, den verzweifelten Kampf der letzten Glühbirnen darzustellen. Doch wie die letzte noch leuchtende Birne zeigt, ist es nur mehr eine Frage Zeit, bis auch diese ihre Leuchtkraft für immer verlieren wird.“



**F. Maurer** konnte es nicht lassen. Er schickte als Foto „Die schwangere Glühbirne“. Nicht das einzige Bild, das er von Glühbirnen gemacht hat:

„Ich habe vor Jahren bereits mit Versuchen begonnen, die Glühbirne zu konservieren oder sie zu züchten. Es war ein langer Weg und es bedurfte vieler Glühfäden (y) und Glaskolben (X), bis wir herausfanden, worauf es ankam. Heute sind wir in der Lage, Glühbirnen zu züchten und die Industrie kann ihre Produktion ruhig einstellen. Es wird die Glühbirne auch weiterhin geben.“



P.S. „ ... ich fotografiere seit mehr als 10 Jahren Glühbirnen in aller Welt und habe mich für meine Lieblingsgeschichte, weil tatsächlich ein Produkt, entschieden. Einige meiner Glühbirnenfotos sehen Sie unter [www.fmaurer.com](http://www.fmaurer.com)>photography“

# Turbulenzen um Österreichs CERN-Mitgliedschaft

„Mit den Physikern ist nicht zu spaßen“ – so ähnlich war der Tenor einer österreichischen Tageszeitung, nachdem die Tragikomödie CERN-Austritt abgeblasen war. Nach der überraschenden Ankündigung des zuständigen Ministers eines CERN-Austritts mit Jahresende 2010 brach ein Sturm der Entrüstung aus. Über das am CERN entwickelte World Wide Web bekundeten über 30000 Personen, darunter 16 Nobelpreisträger, ihr Unverständnis über eine beispiellose Aktion der Entsolidarisierung (man könnte auch Vertragsbruch sagen), die erst der Bundeskanzler mit einem klaren NEIN beendete.

Zur Vorgeschichte: Bis 2007 wurden alle Mitgliedschaften in internationaler Organisationen noch vom Außenministerium bezahlt (CERN machte damals 28% vom Budgetposten aus). Ab 2007 wurden diese Mitgliedschaften nach Ressort aufgeteilt und weil im Wissenschaftsressort so wenig an anderen internationalen Forschungsbeteiligungen existierte, wurde in diesem Budgetposten die CERN-Mitgliedschaft der Hauptposten. Das Gesamtbudget für internationale wissenschaftliche Organisationen wurde einfach definiert als das, was gerade vorlag, und ergab über 80% für den CERN. Inzwischen ist Österreich bei der ESO beigetreten und weitere international relevante Großforschung ist nur durch Beteiligung an multinational finanzierten Einrichtungen möglich. Dass dafür die 16 - 20 Mio Euro der CERN-Beteiligung nach Gießkannenprinzip verteilt besonders wirksam wären, kann man bezweifeln. (Zum Vergleich: Zur Verbesserung der Lehrsituation an den Unis stellte BM Hahn 35 Mio Euro in Aussicht.)

Weiterhin sind Stellungnahmen und Argumente auf der Website [sos.teilchen.at](http://sos.teilchen.at) zum Nachlesen verfügbar.

Dr. Christian Reitberger, ein in der Wirtschaft erfolgreicher Physiker, der in der scheinbar völlig anwendungsfernen mathematischen Physik mit höchstem Erfolg promoviert hat, schrieb an BM Hahn einen Brief. Er gibt wichtige Argumente für die Mitgliedschaft in einer erfolgreichen europäischen Wissenschaftskooperation wieder.

## Sehr geehrter Herr Minister Dr. Hahn!

als „Auslandsösterreicher“ beobachte ich zwar nicht mehr täglich alle Wendungen der österreichischen Forschungspolitik, die Neuigkeit vom bevorstehenden Austritt meines Heimatlandes aus dem CERN hat mich aber in kürzester Zeit erreicht – und entsetzt.

Ich selbst habe in Innsbruck Physik studiert und in Wien promoviert. In meiner Studienzeit konnte ich als CERN Summer Student einen Sommer lang die dort geleistete Spitzenforschung hautnah erleben und habe danach als Werkstudent an technologischen Fragestellungen im Rahmen von FWF Projekten arbeiten können.

Ich habe seither eine 15-jährige – wie ich meine sehr erfolgreiche - Karriere in der Wirtschaft durchlaufen und habe in all diesen Jahren, zuerst als Unternehmensberater, dann als Wagniskapitalgeber und mittlerweile als Privatinvestor und aktiver Aufsichtsrat in Technologieunternehmen in den USA, Deutschland, Frankreich, den Niederlanden und auch Österreich stets Fragen der R&D Priorisierung und des bestmöglichen Mitteleinsatzes für Forschungsausgaben beantworten müssen. Insofern bin ich wahrscheinlich unverdächtig, einen zu romantischen Blick auf das Thema „CERN Mitgliedschaft“ zu haben.

Natürlich ist es unmöglich, sich mit notwendigen harten Priorisierungsentscheidungen nur Freunde zu machen. Nach Studium des BMWF Argumentariums zu diesem Thema kann ich Ihre Entscheidung zwar nachvollziehen, halte sie aber trotzdem für falsch.

In Ihrer Begründung schreiben Sie, der CERN Mitgliedsbeitrag würde 70% aller für Mitgliedschaften zur Verfügung stehenden Mittel binden, dadurch österreichische Wissenschaftler von wichtigen ESFRI Projekten ausschließen und dies alles für nur wenige Hochenergiephysiker, deren Leistung im Konzert der anderen Mitglieder keine Sichtbarkeit besäße und damit der Profilbildung Österreichs nicht nutze. Auch die Wirtschaft profitiere nur weit unterproportional von diesem Engagement.

Bei der Einschätzung dieser scheinbar unerfreulich kurzen Liste an Vorteilen sind aber einige ganz entscheidende Nutzendimensionen nicht berücksichtigt worden:

- Die CERN Mitgliedschaft strahlt weit über die professionell in der Hochenergiephysik verbleibende (in der Tat kleine!) Gruppe an Physikern aus. Alleine das Summer Student Programm und die Fellowships ermöglichen es Jahr für Jahr einer sehr viel größeren Gruppe jeden Jahrgangs, Weltklasseforschung auf technologisch höchstem Niveau zu erleben. Diesen Benchmarking-Effekt durfte ich am eigenen Leib erfahren, und dies ist eine Erfahrung, die mich zeitlebens beruflich prägte und immer wieder zu Höchstleistungen angespornt hat. Aus allen Mitgliedern meiner damaligen „peer group“ sind international tätige, sehr erfolgreiche Manager, Industrieforscher oder Grundlagenforscher geworden.

- Den wirtschaftlichen Rückfluss nur über die direkt aus CERN Aufträgen resultierenden Geldflüsse zu berechnen ist eine unzulässige Verkürzung der wirtschaftlichen Kosten/Nutzen Relation. Gerade das CERN ist nun wirklich unverdächtig, was den Industrie-nutzbaren Rückfluss an intellectual property betrifft, sei es in „physikalischen“ Bereichen wie den Anwendungen der Supraleitung, Kryologie und von Hochvakuumprodukten, „IT“ Bereichen wie dem grid computing, UHPC Architekturen und ultraschnellen Datenfiltern bis hin zu „biologischen“ Bereichen wie kompakteren PET Maschinen und neuen Röntgen-Sensoren. Alleine die Kommerzialisierung des WWW hat eine große Anzahl von österreichischen IT Startups ermöglicht, deren Umsätze das kumulierte österreichische CERN Budget übersteigen dürfte.
- Das CERN hat ganz klar eine politische Integrationsfunktion und eine Mitgliedschaft dort ist ein außenpolitisches Statement. Es ist eines der erfolgreichsten europäischen Projekte, um die uns die ganze (nichteuropäische) Welt beneidet. Ich teilte 1990 meinen Vierbett-Schlafsaal unter anderem mit zwei polnischen Physikern, die damals nach dem Fall des Eisernen Vorhangs die ersten Freiheits-Dividenden genossen. CERN ist nicht „irgendein“ Projekt, sondern viel mehr noch als andere transnationale Institutionen Ausdruck dessen, was ein einiges Europa schaffen kann – wenn es nur will. Die entsetzte Reaktion vieler europäischer Kollegen zeigt, auf welches Unverständnis das Ignorieren dieser Nutzendimension stößt. Auch die „Visibilität eines kleinen Beitragszahlers“ ist nicht direkt proportional zu unserem Budgetanteil am gesamten CERN Budget ableitbar – dies dürften die mittlerweile zahlreichen Protestnoten ausländischer Kollegen hinreichend bewiesen haben. Exzellenz ist erfreulicherweise nicht nur eine Frage des Geldes, sondern auch des professionellen Engagements der Protagonisten.
- Schlussendlich muss als weiterer „soft benefit“ die hohe Inspirationskraft der am CERN behandelten Themen für die wissenschaftliche Jugend gelten. Die westlichen Länder, auch Österreich, kämpfen seit Jahren mit dem nachlassenden Interesse für Natur- und Ingenieurwissenschaften – Ressourcen, die uns im globalen Wettkampf, vor allem mit dem asiatischen Raum, um die besten neuen Technologien bitter fehlen werden. Junge Menschen lassen sich am besten über Leuchtturm-Projekte für die Wissenschaft begeistern, die Ihnen von authentischen Lehrern und Forschern nähergebracht werden. Ein CERN Austritt sendet eine wenig motivierende Nachricht an diese Bevölkerungsgruppe und wird es mit der Zeit unmöglich machen, aus „erster Hand“ über die dortige Arbeit mit der nötigen Begeisterung zu berichten.

Selbst wenn man diese Nutzendimensionen einbezöge, bliebe immer noch die von Ihnen zu Recht gestellte Frage zu beantworten, wie denn andere vielversprechende Projekte der ESFRI Liste verfolgt werden könnten. An dieser Stelle muss klar konzediert werden – mit dem jetzigen Budgetansatz für internationale Kollaborationen wird das nicht funktionieren.

Damit scheint die einzige Lösung eine Erhöhung dieses Budgetpostens entweder aus Bundes- oder aus anderen Mitteln zu sein. Wenn bereits 16 Mio EUR einen so großen Unterschied machten, schiene es dringend angeraten, diese Summe (unter der konservativen Annahme eines konstanten Forschungsbudgets) mit public/private Partnerships und über private Stiftungen und Mäzene zu lukrieren. An dieser Stelle scheint sich aus der Ferne betrachtet noch nicht allzu viel kreatives Gedankengut manifestiert zu haben. Die Erfahrungen dazu sind sicherlich in den USA am besten, denn dort gibt es seit Jahrzehnten eine Kultur des Gebens. Aber selbst in Deutschland hat sich in den letzten Jahren eine erfreuliche Kultur der privaten Wissenschaftsförderung ergeben, wie sie sich beispielsweise in der Exzellenzstiftung zur Förderung der Max Planck Gesellschaft widerspiegelt. Ich gebe zu, dass sich eine solche Ersatzfinanzierung nicht über Nacht darstellen lassen wird – aber den Versuch ist es auf jeden Fall wert.

Herr Minister, gerade als Auslandsösterreicher liegt mir die wissenschaftliche Reputation unseres Landes sehr am Herzen. Bitte helfen Sie mit, diese nicht irreversibel zu beschädigen.

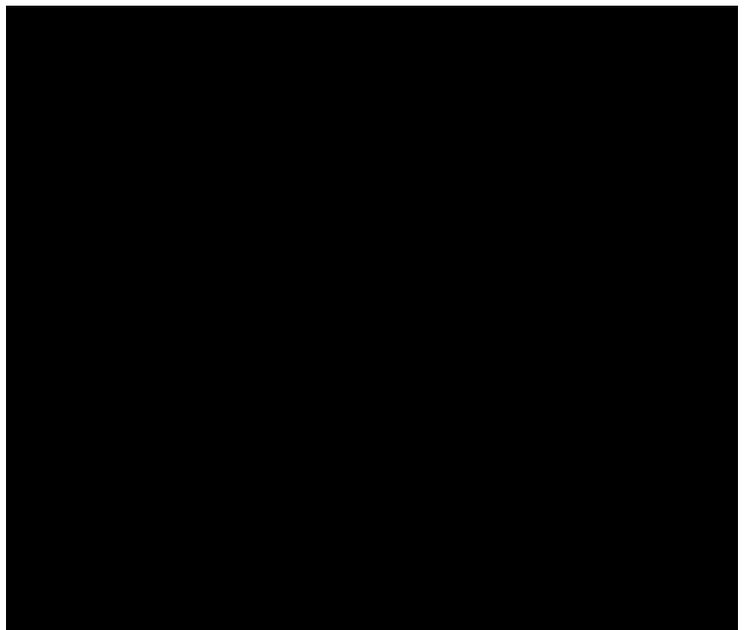
Mit freundlichen Grüßen

Dr. Christian Reitberger

13. Mai 2009

Das Hochenergiephysikinstitut der ÖAW ist maßgeblich am Bau und Betrieb des neuen Detektors CMS (Compact Myon Solenoid, hier bei Verkabelung am sog. Tracker) beteiligt. Seit 1995 haben allein 150 österreichische Studierende ihre Dissertationen am CERN geschrieben.

Eine ausführliche Darstellung zum Thema Österreich und CERN, insbesondere zur „Sichtbarkeit“ österreichischer Beiträge können Sie unter [http://sos.teilchen.at/Oesterreich\\_am\\_CERN.pdf](http://sos.teilchen.at/Oesterreich_am_CERN.pdf) nachlesen.



# N-Strahlen

R. W. Wood

*Täuschung in der Wissenschaft ist in der letzten Zeit immer wieder aktuell geworden. Nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen sorgten die N-Strahlen zu Beginn des Jahrhunderts für eine Sensation. Dieser Bericht der „Ent-Täuschung“ ist dem (vergriffenen) Buch Kabinett physikalischer Raritäten (Hrsg. R. U. Sexl, Vieweg-Verlag 1979) entnommen.*

Das Folgende ist Woods eigener Bericht von einer der wahrscheinlich größten wissenschaftlichen Selbsttäuschungen unserer Zeit.

Es war im Spätherbst des Jahres 1903, als Prof. R. Blondlot, Vorstand des Physik Institutes der Universität von Nancy, Mitglied der französischen Akademie und als Forscher weitbekannt, die Entdeckung einer neuen Art von Strahlung bekannt gab, die er N-Strahlen nannte, und die Eigenschaften haben sollte, die jene von Röntgenstrahlen weit übertrafen. Als ich von seinen bemerkenswerten Experimenten gelesen hatte, versuchte ich, seine Beobachtungen zu wiederholen. Doch es gelang mir nicht, sie zu bestätigen, obwohl ich einen ganzen Vormittag dazu verwendete. Blondlot behauptete, dass die Strahlen von vielen Metallen spontan emittiert würden. Als Detektor könnte ein Stück Papier, das schwach beleuchtet sein müsste, verwendet werden, denn – größtes aller Wunder – die Fähigkeit, Objekte in einem nahezu dunklen Raum zu sehen, nahm zu, wenn N-Strahlen auf das Auge fielen. Bekräftigt wurde diese Entdeckung durch die Berichte anderer Forscher. Zwölf Arbeiten erschienen darüber bis zum Jahresende in den Comptes Rendus. A. Charpentier, der wegen seiner phantastischen Experimente zum Hypnotismus berühmt war, behauptete, dass N-Strahlen von Muskeln, Nerven und dem Gehirn abgestrahlt würden. Seine unglaublichen Behauptungen wurden auf Veranlassung des berühmten Gelehrten d'Arsonval, Frankreichs größter Autorität auf dem Gebiete der Elektrizität und des Magnetismus, in den Comptes Rendus veröffentlicht.

Als nächstes kündigte Blondlot an, dass er ein Spektroskop mit Linsen und Prisma aus Aluminium konstruiert hätte und dass er ein Spektrum von Linien, die durch dunkle dass es N-Strahlen von verschiedener Wellenlänge und unterschiedlichen Brechungseigenschaften gäbe. Und er maß Intervalle getrennt wären, gefunden hätte, was beweise, sogar die Wellenlängen! Jean Becquerel behauptete, dass N-Strahlen durch einen Draht übermittelt werden könnten.

## Biographische Notizen

Prosper-René Blondlot (1849 – 1930) war ein anerkannter französischer Physiker, der u.a. die Ausbreitungsgeschwindigkeit von elektromagnetischen Wellen entlang einer Lecher-Leitung maß und damit die Maxwell'sche Theorie stützte. Bis 1910 war er Professor in Nancy.

Robert Williams Wood (1868 – 1955) war ein US-Physiker und Erfinder mit einem Schwerpunkt in Optik und UV-Strahlung. Ab 1901 war er Professor an der Johns Hopkins Universität, Baltimore, USA.

Bis zum Frühsommer hatte Blondlot bereits zwanzig Arbeiten veröffentlicht, Charpentier ebenfalls zwanzig und Jean Becquerel zehn, alle beschrieben neue Eigenschaften und neue Quellen für N-Strahlen. Wissenschaftler in allen übrigen Ländern standen der Entdeckung ganz offen skeptisch gegenüber. Doch die französische Akademie zeichnete Blondlot's Werk mit ihrer Anerkennung aus, indem sie ihm den Lalande-Preis in der Höhe von 20.000 Francs und ihre Goldmedaille für die Entdeckung der N-Strahlen zuerkannte. Im September 1904 reiste ich nach Cambridge, um an einem Treffen der britischen Vereinigung zur Förderung der Wissenschaft teilzunehmen. Nach der Tagung trafen einige von uns zu einer Diskussion darüber zusammen, was wegen der N-Strahlen getan werden sollte. Professor Rubens aus Berlin zeigte seine Ablehnung ganz offen. Er fühlte sich besonders gekränkt, weil der Kaiser ihm befohlen hatte, nach Potsdam zu kommen und die Strahlen vorzuführen. Nachdem er zwei Wochen vergeblich versucht hatte, die Experimente des Franzosen nachzuvollziehen, war es ihm äußerst peinlich, dem Kaiser den Misserfolg seiner Versuche gestehen zu müssen. Er wandte sich an mich und sagte: „Professor Wood, wollen Sie nicht sogleich nach Nancy reisen und die Experimente, die dort gemacht werden, überprüfen?“ „Ja, ja,“ sagten alle Engländer, „das ist eine gute Idee, machen Sie das!“ Ich wandte ein, dass Rubens gehen sollte, denn er war das Hauptopfer. Doch er meinte, dass Blondlot ihm gegenüber äußerst freundlich gewesen wäre und seine zahlreichen Briefe, in denen er um ausführlichere Informationen bat, beantwortet hätte und dass es nicht gut aussehen würde, wenn er es unternahm, ihn bloßzustellen. „Außerdem sind Sie Amerikaner und ihr Amerikaner könnt alles tun.“ Darauf besuchte ich Nancy und traf Blondlot nach vorheriger Verabredung am frühen Abend in seinem Labor. Er sprach kein Englisch und ich wählte deutsch als Verständigungsmittel, da ich ihn nicht daran hindern wollte, vertraulich mit seinem Assistenten zu sprechen. Er zeigte mir zunächst eine Karte, auf der einige Kreise mit Leuchtfarbe aufgemalt worden waren. Er drehte das Gaslicht klein und richtete meine Aufmerksamkeit auf ihre gesteigerte Leuchtkraft, wenn die N-Strahlen eingeschaltet würden. Ich sagte, ich sähe keine Änderung. Er erwiderte, dass das daher käme, weil meine Augen nicht genügend empfindlich wären. So bewies dies nichts. Ich fragte ihn, ob ich einen undurchlässigen Bleischirm durch den Strahlengang bewegen könnte, während er die Helligkeitsschwankungen auf dem Schirm beobachtete. Er irrte in fast allen Fällen und gab Schwankungen an, wenn ich überhaupt keine Bewegung machte und das bewies wohl eine Menge, doch ich sagte nichts. Darauf zeigte er mir die kaum beleuchtete Uhr und versuchte mich zu überzeugen, dass er die Zeiger sehen könne, wenn er einen großen Aktenordner gerade über seine Augen hielt. Ich fragte ihn, ob ich den Ordner hal-

ten könnte, denn ich hatte ein Holzlineal auf seinem Tisch bemerkt und erinnerte mich, dass Holz zu den wenigen Substanzen gehörten, die niemals N-Strahlen emittierten. Er stimmte dem zu, und ich tastete im Dunkeln nach dem Lineal und hielt es ihm vor das Gesicht. Oh ja, er könne die Zeiger bestens sehen. Dies allerdings bewies einiges. Doch der wesentliche und am meisten erregende Test sollte noch kommen. Begleitet von seinem Assistenten, der um diese Zeit bereits ziemlich feindselige Blicke auf mich warf, gingen wir in den Raum, wo das Spektroskop mit den Aluminiumlinsen und dem Prisma installiert war. Anstatt eines Okulars hatte dieses Instrument einen vertikalen Faden, der mit Leuchtfarbe gestrichen worden war und der in dem Bereich bewegt werden konnte, in dem das N-Strahlenspektrum beobachtet werden sollte, indem man ein Rad mit Grad-einteilung und Ziffern an seinem Umfang drehte. Blondlot nahm vor dem Instrument Platz und drehte langsam an dem Rad. Der Faden sollte heller aufleuchten, wenn er die unsichtbaren Linien des N-Strahlenspektrums durchfuhr. Im Licht einer kleinen roten Dunkelkammerleuchte las er die Ziffern von der gravierten Skala für eine Anzahl von Linien ab. Dieses Experiment hatte schon viele skeptische Besucher überzeugt, wenn er seine Messungen in ihrer Gegenwart wiederholen konnte und stets die gleichen Zahlen nannte. Ich bat ihn, seine Messungen zu wiederholen, beugte mich im Dunkeln über das Spektroskop und entfernte das Aluminiumprisma. Er drehte wieder an dem Rad und las dieselben Messungen ab wie zuvor. Bevor wieder Licht gemacht wurde, stellte ich das Prisma zurück, während Blondlot zu seinem Assistenten sagte, dass seine Augen müde wären. Offensichtlich hatte der Assistent Verdacht geschöpft und bat Blondlot, dass er für ihn die Ablesung wiederholen dürfe. Bevor er das Licht ausmachte, bemerkte ich, dass er das

Prisma äußerst genau auf seine kleine runde Unterlage gestellt hatte, mit zwei seiner Ecken genau an der Kante der metallischen Scheibe. Sobald das Licht ausgemacht worden war, bewegte ich mich wieder gegen das Prisma, jedoch mit hörbaren Schritten, aber ich berührte das Prisma nicht. Der Assistent fuhr fort, am Rad zu drehen, doch plötzlich sagte er zu Blondlot auf französisch: „Ich sehe nichts; es gibt kein Spektrum. Ich glaube, der Amerikaner hat etwas verändert.“ Daraufhin drehte er sofort das Gaslicht auf, ging hinüber und prüfte das Prisma sorgfältigst. Er blickte auf mich, doch ließ ich mir nichts anmerken.

Das war das Ende der Sitzung. Am nächsten Vormittag sandte ich einen Brief an *Nature*, in dem ich meine Erlebnisse genau beschrieb, erwähnte jedoch nicht den zuletzt beschriebenen Vorfall am Ende des Abends und bezeichnete das Labor lediglich als jenes, in dem die meisten von den N-Strahlenexperimenten durchgeführt worden waren. Frankreichs wöchentliche, halbpopuläre wissenschaftliche Zeitschrift *La Revue Scientifique* begann eine Umfrage und bat französische Wissenschaftler, ihre Meinung über die Existenz der N-Strahlen zu sagen. Ungefähr 40 Briefe wurden dann veröffentlicht, nur ein halbes Dutzend unterstützte Blondlot. Das vernichtendste Schreiben stammte von Le Bel: „Welches Schauspiel bietet die französische Wissenschaft, wenn einer ihrer besten Vertreter die Position von Spektrallinien misst, während das Prisma in den Taschen seines amerikanischen Kollegen liegt?“

Als die Akademie bei ihrer jährlichen Versammlung den Preis und die Medaille überreichte, wurde die Auszeichnung Blondlot „für sein Lebenswerk, im ganzen gesehen“ zugesprochen.

---

## Bad Science

### Anmerkungen zum Artikel N-Strahlen und aktuellen Diskussionen.

Bewusste und unbewusste Täuschung in der Wissenschaft ist ein heikles Thema. Oft besteht die Tendenz, dieses allzu menschliche Thema als der „exakten Wissenschaften“ unwürdig zu verdrängen. Der obige Artikel zu den N-Strahlen ist ein Klassiker. Er zeigt, wie wichtig unabhängige Überprüfungen sind und wie sehr ein Lemming-Effekt das Denken verwirren kann. Wasser ist ein klassisches Beispiel, wo für Laien wie auch für Experten viel Verwirrendes publiziert wird und viel Geschäft gemacht wird, sowie unverständliche Ehrungen verteilt werden, siehe die Auszeichnung des „Naturforschers und Erfinders“ Johann Grandner mit dem „Österreichische Ehrenzeichen für Wissenschaft und Kultur“ (2001).

Die Angabe der „Wunderstärke“ von „Erdstrahlen“ an einem keltischen Gräberfeld (Frög in Kärnten) in der (der nicht SI-konformen) Einheit „Bovis“ soll die Messbarkeit und Realität eines nur Geomantikern zugänglichen Phänomens dem Laien nahebringen.

In der Buchrezension „Placebo, placebis, placebit“ von Martina Wittels in der Zeitung „Die Presse“ vom 24.7.2009 (s. <http://diepresse.com/home/spectrum/literatur/497801/index.do>) wird ein Buch von Simon Singh und Edzard Ernst „Gesund ohne Pillen – Was kann die Alternativmedizin?“ (erschienen im Carl Hanser Verlag 2009, Originaltitel: „Trick or Treatment“) besprochen. Edzard Ernst ist Professor für Alternativmedizin an der Universität Exeter und geht der Wirksamkeit und dem wissenschaftlichen Hintergrund diverser Heilsversprechen mit ernüchternden Ergebnissen nach.

Eine erschreckende, amüsante und das englische Sprachverständnis fördernde Lektüre ist „Bad Science“ von Ben Goldacre, einem Mediziner, der im „Guardian“ regelmäßig die Auswüchse der Pharmaindustrie und der Wundermittelanbieter geißelt. Er schreibt: „For all the dangers of CAM, to me the greatest disappointment is the way it distorts our understanding of our bodies...“

---

Keinen hier namentlich genannten oder ohne Namensnennung sich betroffen fühlenden Personen werden unlautere Absichten unterstellt.

ten könnte, denn ich hatte ein Holzlineal auf seinem Tisch bemerkt und erinnerte mich, dass Holz zu den wenigen Substanzen gehörten, die niemals N-Strahlen emittierten. Er stimmte dem zu, und ich tastete im Dunkeln nach dem Lineal und hielt es ihm vor das Gesicht. Oh ja, er könne die Zeiger bestens sehen. Dies allerdings bewies einiges. Doch der wesentliche und am meisten erregende Test sollte noch kommen. Begleitet von seinem Assistenten, der um diese Zeit bereits ziemlich feindselige Blicke auf mich warf, gingen wir in den Raum, wo das Spektroskop mit den Aluminiumlinsen und dem Prisma installiert war. Anstatt eines Okulars hatte dieses Instrument einen vertikalen Faden, der mit Leuchtfarbe gestrichen worden war und der in dem Bereich bewegt werden konnte, in dem das N-Strahlenspektrum beobachtet werden sollte, indem man ein Rad mit Gradenteilung und Ziffern an seinem Umfang drehte. Blondlot nahm vor dem Instrument Platz und drehte langsam an dem Rad. Der Faden sollte heller aufleuchten, wenn er die unsichtbaren Linien des N-Strahlenspektrums durchfuhr. Im Licht einer kleinen roten Dunkelkammerleuchte las er die Ziffern von der gravierten Skala für eine Anzahl von Linien ab. Dieses Experiment hatte schon viele skeptische Besucher überzeugt, wenn er seine Messungen in ihrer Gegenwart wiederholen konnte und stets die gleichen Zahlen nannte. Ich bat ihn, seine Messungen zu wiederholen, beugte mich im Dunkeln über das Spektroskop und entfernte das Aluminiumprisma. Er drehte wieder an dem Rad und las dieselben Messungen ab wie zuvor. Bevor wieder Licht gemacht wurde, stellte ich das Prisma zurück, während Blondlot zu seinem Assistenten sagte, dass seine Augen müde wären. Offensichtlich hatte der Assistent Verdacht geschöpft und bat Blondlot, dass er für ihn die Ablesung wiederholen dürfe. Bevor er das Licht ausmachte, bemerkte ich, dass er das

Prisma äußerst genau auf seine kleine runde Unterlage gestellt hatte, mit zwei seiner Ecken genau an der Kante der metallischen Scheibe. Sobald das Licht ausgemacht worden war, bewegte ich mich wieder gegen das Prisma, jedoch mit hörbaren Schritten, aber ich berührte das Prisma nicht. Der Assistent fuhr fort, am Rad zu drehen, doch plötzlich sagte er zu Blondlot auf französisch: „Ich sehe nichts; es gibt kein Spektrum. Ich glaube, der Amerikaner hat etwas verändert.“ Daraufhin drehte er sofort das Gaslicht auf, ging hinüber und prüfte das Prisma sorgfältigst. Er blickte auf mich, doch ließ ich mir nichts anmerken.

Das war das Ende der Sitzung. Am nächsten Vormittag sandte ich einen Brief an *Nature*, in dem ich meine Erlebnisse genau beschrieb, erwähnte jedoch nicht den zuletzt beschriebenen Vorfall am Ende des Abends und bezeichnete das Labor lediglich als jenes, in dem die meisten von den N-Strahlenexperimenten durchgeführt worden waren. Frankreichs wöchentliche, halbpopuläre wissenschaftliche Zeitschrift *La Revue Scientifique* begann eine Umfrage und bat französische Wissenschaftler, ihre Meinung über die Existenz der N-Strahlen zu sagen. Ungefähr 40 Briefe wurden dann veröffentlicht, nur ein halbes Dutzend unterstützte Blondlot. Das vernichtendste Schreiben stammte von Le Bel: „Welches Schauspiel bietet die französische Wissenschaft, wenn einer ihrer besten Vertreter die Position von Spektrallinien misst, während das Prisma in den Taschen seines amerikanischen Kollegen liegt?“

Als die Akademie bei ihrer jährlichen Versammlung den Preis und die Medaille überreichte, wurde die Auszeichnung Blondlot „für sein Lebenswerk, im ganzen gesehen“ zugesprochen.

---

# Bad Science

## Anmerkungen zum Artikel N-Strahlen und aktuellen Diskussionen.

Bewusste und unbewusste Täuschung in der Wissenschaft ist ein heikles Thema. Oft besteht die Tendenz, dieses allzu menschliche Thema als der „exakten Wissenschaften“ unwürdig zu verdrängen. Der obige Artikel zu den N-Strahlen ist ein Klassiker. Er zeigt, wie wichtig unabhängige Überprüfungen sind und wie sehr ein Lemming-Effekt das Denken verwirren kann. Wasser ist ein klassisches Beispiel, wo für Laien wie auch für Experten viel Verwirrendes publiziert wird und viel Geschäft gemacht wird, sowie unverständliche Ehrungen verteilt werden, siehe die Auszeichnung des „Naturforschers und Erfinders“ Johann Grander mit dem „Österreichische Ehrenzeichen für Wissenschaft und Kultur“ (2001).

Die Angabe der „Wunderstärke“ von „Erdstrahlen“ an einem keltischen Gräberfeld (Frög in Kärnten) in der (der nicht SI-konformen) Einheit „Bovis“ soll die Messbarkeit und Realität eines nur Geomantikern zugänglichen Phänomens dem Laien nahebringen.

In der Buchrezension „Placebo, placebis, placebit“ von Martina Wittels in der Zeitung „Die Presse“ vom 24.7.2009 (s. <http://diepresse.com/home/spectrum/literatur/497801/index.do>) wird ein Buch von Simon Singh und Edzard Ernst „Gesund ohne Pillen – Was kann die Alternativmedizin? (erschienen im Carl Hanser Verlag 2009, Originaltitel: „Trick or Treatment“) besprochen. Edzard Ernst ist Professor für Alternativmedizin an der Universität Exeter und geht der Wirksamkeit und dem wissenschaftlichen Hintergrund diverser Heilsversprechen mit ernüchternden Ergebnissen nach.

Eine erschreckende, amüsante und das englische Sprachverständnis fördernde Lektüre ist „Bad Science“ von Ben Goldacre, einem Mediziner, der im „Guardian“ regelmäßig die Auswüchse der Pharmaindustrie und der Wundermittelanbieter geißelt. Er schreibt: „For all the dangers of CAM, to me the greatest disappointment is the way it distorts our understanding of our bodies...“

---

Keinen hier namentlich genannten oder ohne Namensnennung sich betroffen fühlenden Personen werden unlautere Absichten unterstellt.

# Experimentelle Schulchemie – Unterstufe

Werner Rentzsch und Christian Mašin

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

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

## ESCU 4: Atombau

### Die C-Atom-Kerze



#### Was soll ein Kohlenstoff-Atom auf einer Kerze???

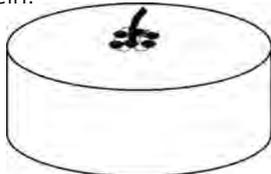
Kerzenwachs (Paraffin und Stearin) besteht aus Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen. Das ist Grund genug, das C-Atom auf die Kerze zu bringen!

#### Material (für 4 Personen):

Blaue, rote und silberne Wachsplatten, 4 Teelichter, 1 spitzes Messer, 1 Unterlage

#### 1. Der C-Atomkern

Kohlenstoff hat die Ordnungszahl 6 und die Masse 12, das heißt du brauchst 6 Protonen und 6 Neutronen, um den Atomkern zu basteln.



Schneide für jedes Proton ein etwa 2mm x 2mm großes rotes Wachsstück ab und mache ein Kügelchen daraus. Setze die „Protonen“ mit etwas Abstand zueinander („+ und + stößt ab“) um den Docht herum.

Setze 6 „Neutronen“ (= silberne Stückchen) zwischen die Protonen.

#### 2. Die erste Elektronenschale

Kohlenstoff ist das 4. Element in der zweiten Zeile (Periode) des Periodensystems. Das bedeutet, dass die erste Elektronenschale mit 2 Elektronen voll besetzt ist.



Forme aus 2 kleinen blauen Wachsstücken Elektronen und setze sie zwischen Kerzenrand und „Atomkern“.

Die Elektronen stoßen einander ab und liegen daher einander gegenüber!

Schneide einen ganz dünnen Wachsstreifen ab und markiere damit die „Bahn der Elektronen“.

#### 3. Die zweite Elektronenschale

Ein Kohlenstoffatom muss insgesamt 6 Elektronen haben, da es 6 Protonen im Kern hat. In der zweiten Schale müssen daher noch 4 Elektronen sitzen.



Verteile 4 Wachs-Elektronen ganz außen („Außenelektronen“) und markiere die 2. Schale mit einem dünnen Wachsstreifen.

# Atome mit Kunststoffschalen



## Geräte:

Schere, Heißklebepistole, blauer Permanent-OH-Stift, Lackstift

## Material:

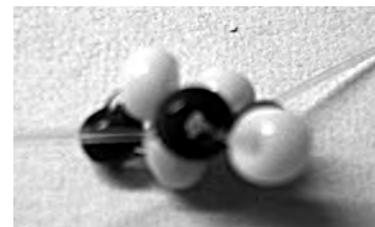
Glasperlen mit Loch (rot, weiß, blau), Nylon- oder Drachenschnur, Kunststoffkugeln (teilbar) Ø 5 cm, 7 cm

## Schritt 1

Suche dir ein Element aus der 2ten Periode des Periodensystems – z.B. Lithium (Ordnungszahl 3, Massenzahl 7) – aus.

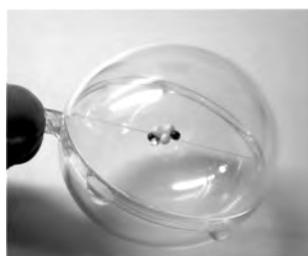
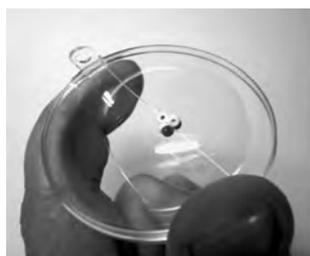


Baue den Atomkern, indem du Protonen (rote Perlen) und Neutronen (weiße Perlen) hintereinander auf die Nylonschnur fädelst. (Li hat 3 Protonen und 4 Neutronen.) Auf beiden Seiten des „Atomkerns“ soll ein längeres Schnurstück übrig bleiben.

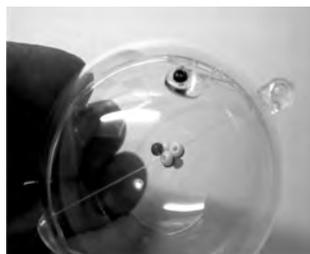


## Schritt 2

Spanne den Atomkern mittig über eine kleine „Elektronenschale“ (Ø 5 cm).



Setze auf diese ein paar Heißklebepunkte und füge die zweite Schalenhälfte darauf. Fixiere die Atomkernschnur auch mit etwas Heißkleber.



Die erste Elektronenschale enthält 2 Elektronen (blaue Perlen) klebe sie mit Heißkleber so auf, dass sie einander gegenüberstehen.

Du kannst nun mit einem blauen Permanentstift die Aufenthaltswahrscheinlichkeiten (Orbitale) – ähnlich der Höhenlinien auf Landkarten – der Elektronen einzeichnen.

## Schritt 3

Setze dein Atom in die zweite Schale (Ø 7 cm) ein (wie bei Schritt 2). Lithium steht in der ersten Gruppe, es hat daher nur ein Elektron in der zweiten Schale. Für ein Atom mit 3 Schalen benötigst du eine Kunststoffkugel mit etwa 9 cm Durchmesser. Beschrifte dein Atom mit Elementsymbol, Ordnungszahl und Massenzahl.

Auf diese Art lassen sich Atommodelle für die Elemente der 1. bis zur 3. Periode erstellen.



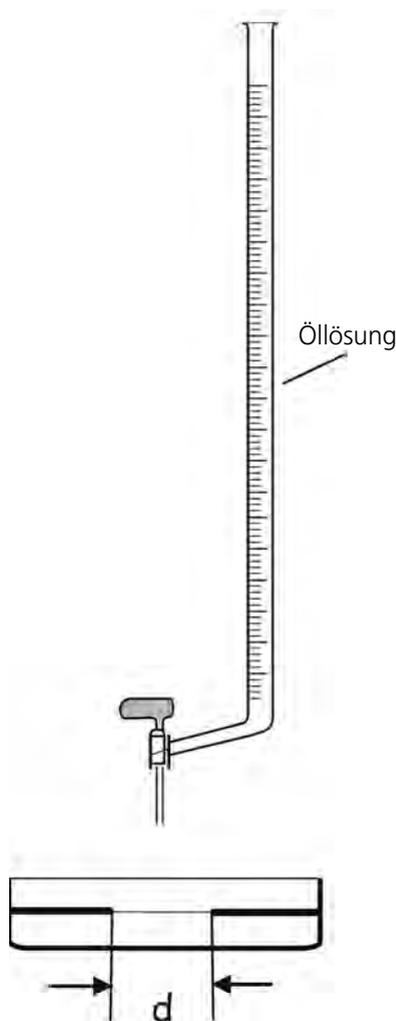
# Atomvorstellung mit etwas Mathematik



## Material

Messpipette (1/10 ml Genauigkeit), Messzylinder 100 ml (oder Messkolben 100 ml), Bürette (oder Pipette), Becherglas, Kristallierschale 20 cm (oder Petrischale), Olivenöl, Benzin, Bärlappsporen (Lycopodium), Lineal, Taschenrechner.

## Versuchsskizze



## Durchführung

- Man füllt in den Messzylinder 100 ml Benzin, tropft 0,1 ml Olivenöl zu und löst durch Schütteln.
- Die Lösung wird in eine Bürette gefüllt.
- Nun lässt man die Lösung langsam in ein Becherglas tropfen und zählt die Tropfenzahl von 1 Milliliter – Tropfenzahl notieren.
- Die Kristallierschale wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt.
- Auf die Wasseroberfläche streut man gleichmäßig Bärlappsporenpulver.
- In die Mitte der Schale tropft man aus der Bürette einen Tropfen der Öllösung.
- Man wartet, bis das Benzin verdunstet ist, und misst dann mit dem Lineal den Durchmesser des Ölflecks – Durchmesser (d) in cm notieren.

## Beobachtung

In der Schale entsteht ein kreisförmiger Ölfleck.

## Erklärung

Benzin verdunstet und die dünne Ölschicht schwimmt auf dem Wasser.

## Auswertung

Als Musterbeispiel werden 70 Tropfen Lösung und ein Kreisdurchmesser von 12 cm angenommen.

Wenn 70 Tropfen gezählt wurden, dann entspricht 1 Tropfen 1/70 ml Lösung.

100 ml Lösung ..... 0,1 ml Öl

1 ml Lösung ..... 0,001 ml Öl

1/70 ml Lösung .....  $0,001 \text{ ml} : 70 = 0,000\ 014\ 3 \text{ ml Öl}$

Es wurde angenommen, dass der Durchmesser 12 cm beträgt. Radius:  $r = 6 \text{ cm}$ .

Der Ölfleck kann als sehr flacher Zylinder aufgefasst werden.

Volumsformel:  $V = r^2 \cdot \pi \cdot x$

gesucht ist die Schichtdicke „x“

Umwandlung:  $x = V : (r^2 \cdot \pi) = 3,141\ 6$

$x = 0,000\ 014\ 3 \text{ cm}^3 : (6^2 \text{ cm}^2 \cdot \pi)$

$x = 0,000\ 014\ 3 \text{ cm}^3 : 113,097\ 6 \text{ cm}^2$

$x = 0,000\ 000\ 126 \text{ cm} = 1,26 \text{ nm}$

1 nm = 1 Milliardstel Meter

1 nm = 1 Millionstel Millimeter

**Die Dicke des Ölflecks entspricht dem Durchmesser eines Ölmoleküls!**

**Das Molekulargewicht eines „Olivenölmoleküls“ beträgt ca. 300 (das 300-fache eines Wasserstoffatoms) – Atome sind also noch viel kleiner!!**

© öbv, Wien 2003. zu Werner Rentzsch; So schön ist Chemie (Seite 14)

## Atomvorstellung mit etwas Mathematik

Die Tropfenanzahl beträgt: \_\_\_\_\_ Tropfen

Der Kreisdurchmesser beträgt:  $d =$  \_\_\_\_\_ cm

Der Kreisradius beträgt:  $\frac{d}{2} =$  \_\_\_\_\_ cm

Daher:  $r =$  \_\_\_\_\_ cm



100 ml Lösung	-----	0,1 ml Öl
1 ml Lösung	-----	0,001 ml Öl
<hr style="border: 0.5px solid black;"/>		
1/Tropfenzahl ml Lösung	-----	0,001 ml : Tropfenzahl =
		_____ ml Öl

Daher:  $V =$  \_\_\_\_\_ ml (cm<sup>3</sup>)

Volumsformel:  $V = r^2 \cdot \pi \cdot x$

Gesucht wird die Schichtdicke „x“!

Umwandlung:  $x = \frac{V}{r^2 \pi}$      $\pi = 3,1416$      $x = \frac{V}{r^2 \pi}$

$x =$  \_\_\_\_\_ cm<sup>3</sup> : \_\_\_\_\_ cm<sup>2</sup> · 3,1416

$x =$  \_\_\_\_\_ cm<sup>3</sup> : \_\_\_\_\_ cm<sup>2</sup> · 3,1416

$x =$  \_\_\_\_\_ cm = \_\_\_\_\_ nm

1 nm = 1 Millardstel Meter

1 nm = 1 Millionstel Millimeter

# Jupiter erhält Gesellschaft

Christian Pinter

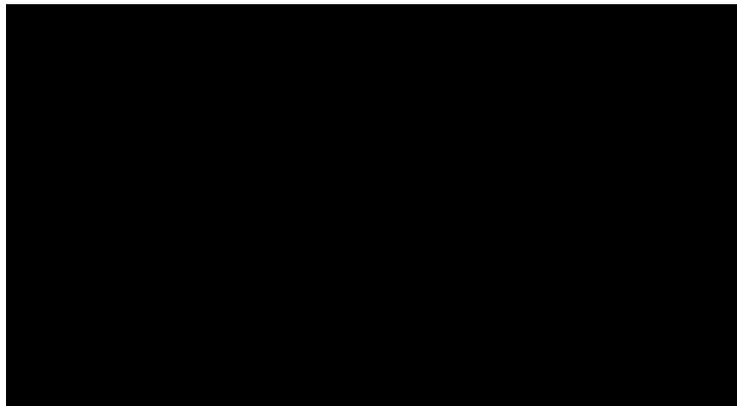
Padua, 1609: Neugierig schaut der 45-jährige Mathematikprofessor Galileo Galilei zum Firmament. Er hat von einer Erfindung holländischer Brillenmacher gehört, mit deren Hilfe Gegenstände zwei- oder dreimal näher erscheinen. Der geschickte Experimentator baut das Sehglas nach, steigert seine Vergrößerung bis zum Dreißigfachen. Wahrscheinlich pocht sein Herz rascher, als er das schwächliche Rohr zum Himmel richtet, vielleicht zittern ihm sogar die Hände. Als er den hellen Mond anvisiert, blitzt die Okularlinse kräftig auf. Nur mühsam kann er das Auge an der richtigen Stelle halten; es ist, als müsste er durch ein Schlüsselloch spähen. Doch der Florentiner Tuchhändlersohn spürt die Anstrengung nicht. Zu groß ist seine Erregung.

## Luna gleicht der Erde

Seit gut einem Jahrzehnt schon ist Galilei Kopernikaner. Doch aus Angst vor Verachtung hält er mit seiner Überzeugung hinterm Berg. Er weiß: Seinen Zeitgenossen mutet die Vorstellung einer bewegten Erde höchst absurd an. Für sie steht diese noch wie angewurzelt da, mitten im Herzen des Alls. Als wichtigsten Kronzeugen bemühen sie den alten griechischen Denker Aristoteles, der als beinahe unumstrittene Autorität in naturphilosophischen Fragen gilt. Seiner Lehre nach sind alle Himmelslichter aus einem idealen fünften Element geformt und daher perfekt und ewiglich. Im Zentrum des Kosmos sammeln sich hingegen die vier profanen Elemente Erde, Wasser, Feuer und Luft. Deshalb gibt es auf Erden nur Vergängliches, und deshalb hat unsere Welt mit den erhabenen Himmelskörpern nichts gemein.

Der himmlische Mond sollte im aristotelischen Weltbild ebenfalls eine völlig glatte Kugel sein. Doch Galilei sieht etwas ganz anderes. Lunas Antlitz erscheint ihm „gerissen und wellig“, wie heißes Glas, das man in kaltes Wasser getaucht hat. Es ist übersät mit kleinen, runden „Flecken“, deren kreisförmige, offenbar erhabene Ränder Bergrücken ähneln. Galilei weiß nicht, dass er auf unzählige Einschlagskrater blickt, obwohl er bereits etliche Einschlagsgruben in Wachs studiert hat. Aus deren Tiefe wollte er 1604 die Sturzgeschwindigkeit von Körpern im freien Fall ermitteln. Eine besonders weite Vertiefung nahe der Mondmitte erinnert ihn an Böhmen: Auf zeitgenössischen Karten ist es rundum von bewaldeten Bergen umschlossen.

Dr. Christian Pinter schreibt als freier Wissenschaftsjournalist seit 1991 im „extra“ der „Wiener Zeitung“. Internet: <http://www.himmelszelt.at>. Er ist Autor des astronomiegeschichtlichen Lesebuchs „Helden des Himmels“ (Kremayr & Scheriau, 2009). Dieser Beitrag erschien am 21. Februar 2009 in der „Wiener Zeitung“ und wird mit freundlicher Genehmigung hier wiederholt.



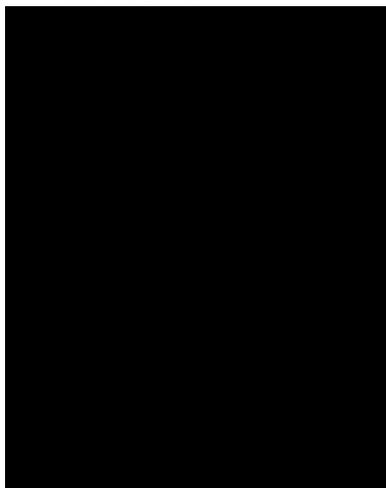
Der Anblick der lunaren Licht-Schatten-Grenze verschlägt Galilei den Atem. Sie trennt die Mondnacht vom Mondtag und müsste, zöge sie wirklich über eine makellose Kugel, scharf sein, wie mit der Feder gezogen. Doch im Fernrohr erscheint sie gezackt. Helle „Auswüchse“ wagen sich von dort in die Finsternis vor, dunkle verharren dafür im angrenzenden lichten Teil. Nur die Annahme eines stark zerklüfteten Mondreliefs kann dieses Schauspiel erklären: Die Kämme mächtiger Gebirge tauchen früh aus der Mondnacht auf; die tiefen, noch nicht vom Sonnenschein erfüllten Täler trotzen dem Tagesanbruch am längsten. „Ebenso wie das Antlitz der Erde“, resümiert Galilei in seiner rasch publizierten Schrift „Sternenbote“, ist der Mond „voller gewaltiger Erhebungen, tiefer Höhlungen und Krümmungen“. Sie scheinen ihm sogar „die Unebenheiten der Erdoberfläche bei weitem zu übertreffen“.

## Der Planet Erde

Galilei freut sich. Ähneln der Mond nämlich tatsächlich unserer Welt, so ist der vorgebliche Wesensunterschied zwischen dem Himmel und der Erde aufgehoben. Man darf unsere eigene Welt somit in eine Reihe mit den himmlischen Körpern stellen. Kopernikus hatte das schon hundert Jahre zuvor gewagt: In seiner Kosmologie ist die Erde ja nur noch einer von sechs Planeten, die auf unterschiedlich weiten Bahnen um die Sonne kreisen.

Die Aristoteliker spotten über philosophische „Schönheitsfehler“ in der kopernikanischen Hypothese. Denn in ihr gibt es nicht bloß ein, sondern gleich zwei Bewegungszentren: Während die Planeten an die Sonne gebunden sein sollen, läuft der Mond ja weiterhin um die Erde. Wie könnte eine in Fahrt versetzte Erdkugel, so sticheln die traditionellen Gelehrten weiter, diesen Begleiter im Schlepptau halten? Müsste sie ihn beim Lauf um die Sonne nicht augenblicklich verlieren?

Auch diesen Einwand wird Galilei entkräften. Als er das Fernrohr im Jänner 1610 auf den Jupiter richtet, erspäht er drei, dann vier kleine „Fixsterne“ in dessen Nachbarschaft. Sie folgen ihm hartnäckig, wenngleich sie ihre gegenseitige Stellung verändern. Zunächst traut Galilei seinen Augen nicht, doch dann wird „aus Zweifel Staunen“: Dies sind neue Wandelsterne, die Jupiter umkreisen wie der Mond unsere Erde.



Der Jupiter bildet also den Drehpunkt ihrer ungleich großen Bahnkreise – es gibt somit offensichtlich mehr als ein einziges Bewegungszentrum im Kosmos. Nach Aristoteles sollte Jupiter einmal pro Tag um die ruhende Erde herum jagen. Bei Kopernikus umrundet er alle zwölf Jahre einmal die Sonne. Wie immer seine Tour auch aussieht – er schafft sie, ohne die vier Satelliten zu verlieren. Also wird auch die Erde ihren Mond behalten,

wenn man sie, der neuen Lehre folgend, in Bewegung setzt!

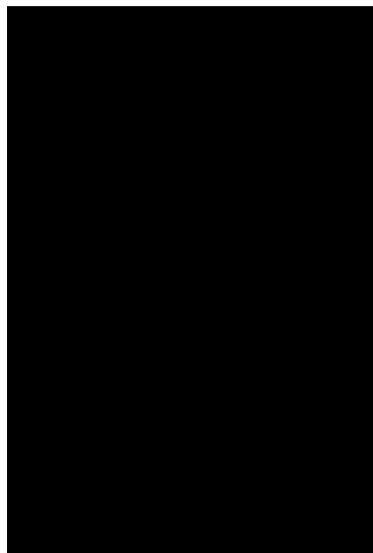
## Der verwirrende Ring

Die Planeten baden im Licht der Sonne. Sie präsentieren sich im Fernrohr „vollkommen rund und wie mit dem Zirkel gezogen“. So sieht Galilei den Jupiter und später auch den rötlichen Mars. Nur der „dreigestaltige“ Saturn verwirrt ihn. Es ist, als stützte sich der Planetengott auf zwei Bedienstete. Zu Galileis Überraschung tauchen die beiden später ab und lassen ihren alten Herrn alleine zurück. Die Vergrößerung des damaligen Fernrohrs reicht nicht, um die Wahrheit zu erkennen. Erst später wird man den verstörenden Anblick korrekterweise auf Saturns einzigartigen Ringschmuck zurückführen. Ohne es zu wissen, schaut Galilei 1612 genau auf die äußerst schmale Kante des Planetenrings; deshalb lösen sich Saturns vermeintliche Begleiter in seinem Teleskop ein paar Monate lang scheinbar im Nichts auf.

Die für Galilei wohl schönste Überraschung bietet der Abendstern: Zu Herbstbeginn 1610 ist die Venus noch rundlich und ziemlich winzig. Doch dann legt sie an Größe zu, während der beleuchtete Teil ihrer Kugel abmagert. Schließlich verwandelt sich der Planet gar in eine schmale Lichtsichel. Offenbar ahmt Venus die Phasen des Mondes nach, wenngleich in umgekehrter Reihenfolge. Das Spiel wird von wechselnden Beleuchtungsbedingungen verursacht. Es ist in dieser Form nur möglich, wenn uns das angestrahlte Objekt zeitweise sehr viel näher und dann wiederum sehr viel ferner steht als die Lichtquelle.

Fazit: Die Venus muss die Sonne umrunden; eine andere Erklärung gibt es nicht. Schon glaubt Galilei, endlich den Schlüssel zum Siegeszug der kopernikanischen Lehre gefunden zu haben. Doch die Traditionalisten geben sich keines-

wegs geschlagen. Mag sein, so räumen sie ein, dass Venus und andere Planeten um die Sonne kreisen. Doch diese Sonne soll weiterhin tagtäglich um die Erde hetzen, jetzt eben mitsamt dem ganzen planetaren Tollhaus. Ein derartiges Mischmodell hat der Däne Tycho Brahe vorgeschlagen.



Die Phasen der Venus von der Erde aus gesehen. Nur mit dem Fernrohr erkennt man, dass Venus Phasen wie der Mond zeigt. Wir sehen sie als große, schmale Sichel, wenn sie zwischen Erde und Sonne steht, und als kleine, wenn sie jenseits der Sonne steht.

Diese Fotos zeigen gut die gleichzeitige Veränderung von Form und Größe des beleuchteten Teils der Venus, von der Erde aus gesehen.

Die hier dargestellten verschiedenen Phasen der Venus erklären, warum die Helligkeit des Planeten sich nur wenig zu verändern scheint: Ist der erleuchtete Teil sehr schmal, so ist er auch sehr lang und hell.

Venusphasen: <http://www.galilei-online.de/media/venusphasen.jpg>

Galilei hält nichts von solchen Kompromissen. Unter Verweis auf den zerklüfteten Mond, die Jupitermonde und die Lichtphasen der Venus ruft er seine Überzeugung nun laut in die Welt hinaus. Er stellt die Anhänger des Aristoteles bloß, begegnet ihnen mit Sarkasmus und verspottet sie. Mit Theologen disputiert er ähnlich freimütig wie mit seinen philosophierenden Kollegen. Diese Leichterzigkeit wird ihn später fast um Kopf und Kragen bringen. Doch noch ahnt Galilei die drohende Gefahr nicht.

Längst hat er das Band der Milchstraße mit dem Fernrohr in ein Heer schwacher Sterne aufgelöst. Das Siebengestirn im Wintersternbild Stier entpuppt sich als dichtgedrängter Haufen von mehr als drei Dutzend Sternen; ebenso die Krippe im Krebs, die den Menschen bis dahin nur als mattes diffuses Nebelfleckchen erschien. Auch diese drei Himmelsbeobachtungen lassen sich heute, 400 Jahre nach Galileis erstem Blick durchs Fernrohr, leicht nachvollziehen – ein einfaches Fernglas reicht dazu aus. Zitterfrei auf einem Stativ montiert, zeigt es in den ersten zwei, drei Märzwochen außerdem die Sichelgestalt der Venus und um die Jahresmitte 2009 das Stellungsspiel der Jupitermonde. Im kleinen Fernrohr bietet Saturn jetzt gerade einen ungewöhnlichen Anblick: Wir schauen wieder einmal fast genau auf die feine Kante seines Rings. Und Lunas Gebirge werfen jedes Mal um das erste und letzte Mondviertel höchst eindrucksvolle Schatten.

Im Gedenken an die ältesten Fernrohrbeobachtungen hat die UNO 2009 zum „Internationalen Jahr der Astronomie“ ausgerufen. Forschungseinrichtungen, Volkssternwarten und Amateurvereine bringen ihren Besuchern die Wunder des Himmels näher – und bitten sie, auf Galileis Spuren zu wandeln. (Termine: <http://www.astronomie2009.at>). Und der Vatikan hat Galileo Galilei am 15. Februar 2009 erstmals mit einer feierlichen Messe geehrt.

# Kühner Feldzug gegen den Mars

Christian Pinter

Prag, im Jahr 1609: Endlich kann Johannes Kepler sein neues Buch „Astronomia Nova“ präsentieren, an dem er so lange gearbeitet hat. Fertig ist es ja schon seit 1606.

Doch Geldmangel und andere Widrigkeiten verzögerten den Druck. Vielleicht liest der Kaiser wenigstens den Anfang; kaum anzunehmen, dass er sich durch alle 70 Kapitel müht. Der Mystiker Rudolf II. hat Prag zur Reichshauptstadt erhoben, zum Brennpunkt des geistigen Schaffens gemacht. Doch auch hier hängen die meisten Gelehrten noch der antiken Kosmologie des Ptolemäus an, der zufolge die Erde unbewegt im Zentrum der Schöpfung ruht. Sonne, Planeten, ja der ganze Kosmos wirbeln täglich um sie herum.

Nikolaus Kopernikus indes hatte 1543 die Erde mehrfach „angeschubst“: Er versetzte sie in Rotation und ließ sie um die Sonne kreisen. Keplers Zeitgenossen schwindelt es bei diesem Gedanken. Kaum jemand glaubt, dass sich die schwere Erde tatsächlich rührt. Auch der aus Dänemark stammende Protestant Tycho Brahe nicht, der wie einst Martin Luther Widersprüche zur Bibel ortet. Da er aber auch die Ungenauigkeiten der alten Astronomie bemängelt, ersinnt er eine Art „Mittelweg“ zwischen Kopernikus und Ptolemäus. In Brahes Mischkosmologie jagen zwar die Planeten um die Sonne – doch diese tanzt, nun mit dem planetaren Tross im Gefolge, weiterhin um die festgenagelte Erde herum.

## Kreisbahn der Planeten

Diesem Kompromiss fehlt jedoch der mathematische Unterbau. Deshalb lädt Brahe den begnadeten Rechner Johannes Kepler im Oktober 1600 zu sich ein, obwohl dieser ein entschiedener Kopernikaner ist. Ein Jahr lang disputieren die beiden Gelehrten an der Moldau über den wirklichen Aufbau des Universums.



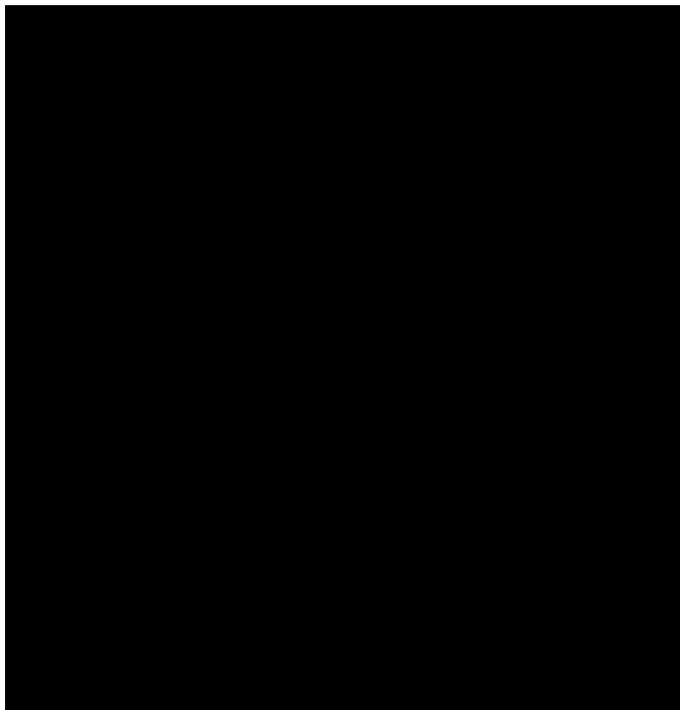
Eine Seite aus Keplers Werk mit den drei Weltsystemen.

Immer wieder verweist Tycho Brahe auf den Mars, dessen Position am Firmament bis zu neun Vollmondurchmesser von allen Kalkulationen abweicht; von den alten ptolemäischen ebenso wie von den neuen kopernikanischen. Folglich wäre dieser Planet der beste Prüfstein für Brahes Kosmologie.

Als Brahe im Oktober 1601 stirbt, wird Kepler umgehend mit seiner Nachfolge betraut: Der frischgebäckene kaiserliche Mathematiker hofft, nun rasch in den Besitz aller Beobachtungsergebnisse Brahes zu gelangen. Denn der hat den Lauf

Christian Pinter, geboren 1959, schreibt seit 1991 im „extra“ über astronomische Themen. Sein jüngst im Wiener Planetarium präsentiertes Lesebuch, „Helden des Himmels“, widmet Leben und Werk Keplers breiten Raum. Internet: <http://www.himmelszelt.at>  
Dieser Beitrag erschien am 28. März 2009 in der „Wiener Zeitung“ und wird mit freundlicher Genehmigung hier wiederholt.

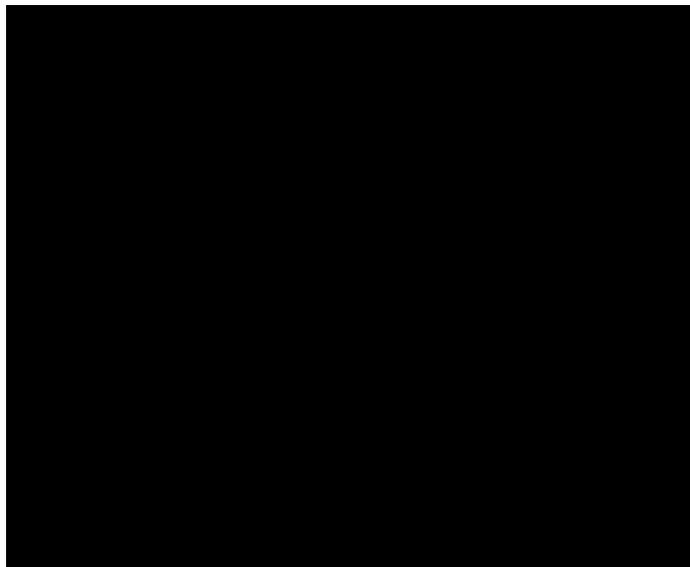
des Mars am Firmament zwei Jahrzehnte lang akribisch vermessen, präziser als jeder andere Astronom bisher. Doch Tychos Nachfahren zögern. Sie kennen den Wert des Erbes und wollen entschädigt werden. Außerdem ahnen sie, dass Kepler damit nicht Brahes Mischmodell, sondern die höchst umstrittene kopernikanische Kosmologie untermauern will.



Denkmal von Tycho Brahe (li) und Johannes Kepler (re) in Prag. Brahe kam 1597 nach Prag und starb dort 1601. Kepler wirkte von 1600 bis 1612 in Prag.

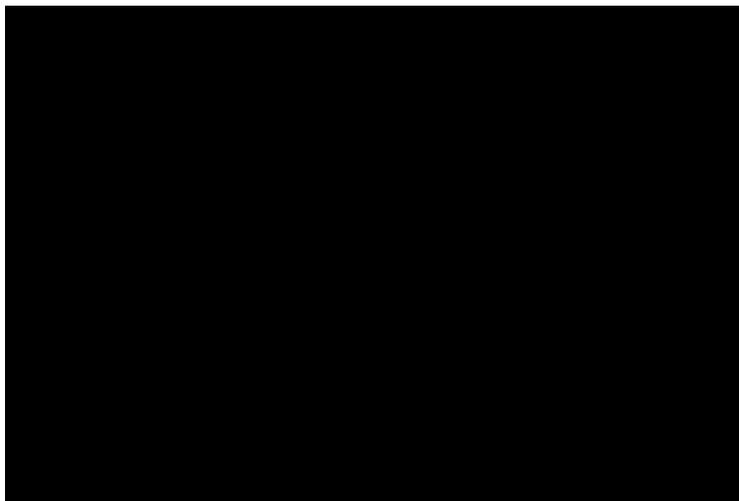
Kopernikus selbst hatte sich übrigens nicht als Revolutionär gesehen. Er wollte die griechische Astronomie lediglich verbessern. Deshalb hielt er an antiken Dogmen fest: Der Kreis galt auch ihm als die ideale geometrische Figur. Selbst die angeblich völlig gleichförmige Raumgeschwindigkeit der Planeten behielt er bei. Die Himmelskörper des Kopernikus umrundeten die Sonne daher auf Kreisbahnen, ohne dabei ihr Tempo zu wechseln. Da dieses Modell dem tatsächlichen Lauf der Planeten am Himmel nur bedingt entsprach, wandte er komplizierte Kniffe an. So fielen etwa die Mittelpunkte der planetaren Kreisbahnen bei Kopernikus nicht exakt mit der Sonne zusammen. Die Planeten umrundeten diese auch nicht direkt, sondern folgten kleinen Aufkreisen, deren leere Mittelpunkte erst auf größeren Trägerkreisen dahin rollten.

Dann endlich liegen Brahes Beobachtungsbücher auf Keplers Tisch! Er glaubt, mit deren Hilfe die kopernikanische Theorie rasch optimieren zu können. Sofort stürzt sich dieser Schwabe auf den Mars. Doch es dauert Jahre. Immer wieder sucht Kepler nach Bahnlösungen, die zu Tychos Himmelsbeobachtungen passen. Er modifiziert die Lage und Größe der kopernikanischen Auf- und Trägerkreise. Dann lässt er das verzwickte Zirkelwerk fallen und experimentiert mit einer „pausbackigen“, also eiförmigen Bahnkurve. Der Restfehler beträgt jetzt nur noch ein Viertel des Vollmondurchmessers. Trotzdem ist Kepler nicht zufrieden. Er rechnet weiter und weiter, bis er schließlich erkennt: Die Bahn des Mars muss einer Ellipse gleichen!



Ein Rundholz, zum Beispiel: Setzt man die Säge im rechten Winkel an, ist der Umfang der Schnittfläche kreisrund. Verändert man den Ansatzwinkel, wird er zur Ellipse. Je schräger die Säge, desto größer die Abweichung von der Kreisform. Auf der Längsachse liegen zwei mathematische Punkte, die Kepler „Fokusse“ nennt: Die Summe ihrer Entfernungen zu jedem beliebigen Ellipsenpunkt ist stets gleich. Deshalb kann man die Ellipse auch mit einem geschlossenen Bindfaden zeichnen, den man um die Brennpunkte legt. Rückt man die Fokusse ganz zusammen, verwandelt sich die Ellipse in einen Kreis.

Bei den planetaren Bahnellipsen ist einer der Brennpunkte leer. Doch im anderen thront, ganz exakt, die Sonne. Dieses Erkenntnis wird im 18. Jahrhundert rückblickend „1. Keplersches Gesetz“ genannt. Schon zuvor hat Kepler erkannt: In Sonnennähe läuft die Erde rascher als in Sonnenferne. Die Verbindungslinie Erde–Sonne variiert also in ihrer Länge. Dennoch überstreicht sie in gleichen Zeiträumen gleich große Flächen. Dieser Flächensatz wird später zum „2. Keplerschen Gesetz“ erhoben. Damit lässt sich die Position der Erde, des Mars und jedes anderen Planeten exakt kalkulieren, und zwar für jeden beliebigen Zeitpunkt.

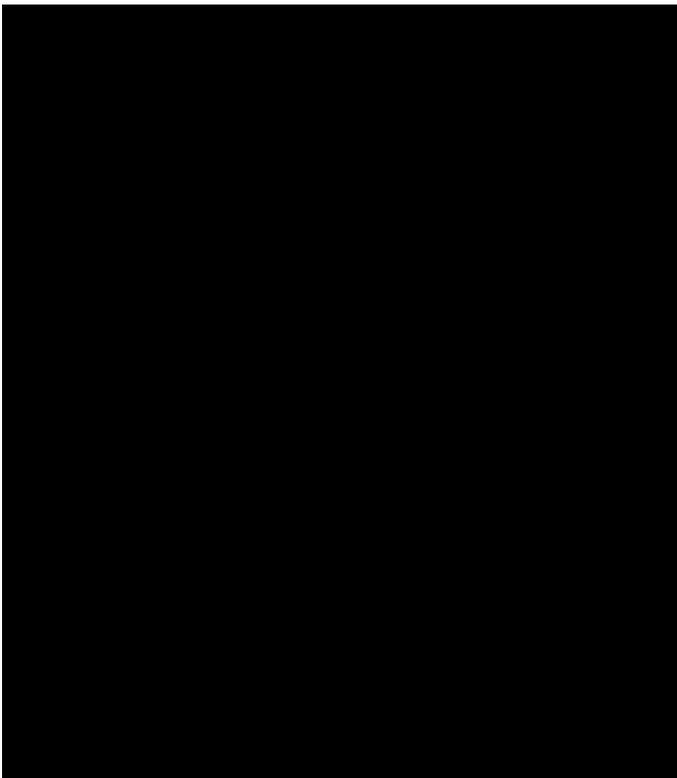


Keplerdenkmal im Grazer Stadtpark. Auf der Steinellipse ist das 2. Keplersche Gesetz dargestellt. Kepler unterrichtete von 1594 bis 1600 an der Landschaftsschule in Graz.

All das gelingt Kepler noch vor Erfindung des Fernrohrs. Er behält den Grundsatz der kopernikanischen Philosophie, die zentrale Sonne, bei. Doch die Kreisbahnen und die vorgebliche Tempokonstanz verwirft er. Jetzt ziehen die Planeten nicht mehr um leere Mittelpunkte, sondern um einen wirklichen Zentralkörper. Und damit ist der Schritt von der reinen Mathematik hin zur himmlischen Physik getan. Der überlange Titel des neuen Werks unterstreicht dies: „Neue ursächlich begründete Astronomie oder Physik des Himmels, dargestellt in Untersuchungen über die Bewegungen des Sterns Mars.“

## Perspektivenwechsel

Die Astronomia Nova will das alte, erdzentrierte Weltbild des Ptolemäus obsolet machen, ebenso das Mischmodell Brahes. Dennoch ist Kepler voll des Lobs für den verstorbenen Meister der Beobachtungskunst. Das neue Gebäude sei auf Brahes Grund und Boden errichtet, notiert er, und zwar mit dem von ihm entlehnten Baumaterial. Nur der frühe Tod hätte diesen „Hohepriester des Herrn im Sternengewand“ um den Lohn seiner Arbeit gebracht. Kepler hebt aber auch die Unterschiede hervor: Bei Tycho stand die Erde fest mitten im All, bei ihm selbst zieht sie hingegen „als Stern durch den Äther“. Doch nur, weil Brahe mit dem Visiergerät zum Himmel hinauf geschaut hatte, könne er, Kepler, nun von oben herab auf den Lauf der Erde blicken. Was für ein treffliches Bild für den großen kopernikanischen Perspektivenwechsel!



Denkmal im Park des Linzer Schlosses. Kepler lehrte von 1612 bis 1626 in Linz, als Protestant musste er 1627 Linz verlassen und wurde Wallensteins Astrolog.

In seiner Widmung an Kaiser Rudolf II. bezeichnet Kepler sein beharrliches Studium als „Krieg“ gegen den Mars. Desse rötlicher Schein provozierte ja früh Assoziationen mit Feuer und Blut, sodass der Wandelstern in Verbindung zum griechischen Kriegsgott Ares gebracht wurde. Die Römer verehrten die rohe Gottheit unter dem Namen „Mars“, sahen darin den Vater des sagenhaften Stadtgründers Romulus. Soldaten exerzierten auf dem flachen campus martius (lat. campus: Platz, Feld). Später bekamen auch andere Städte ein „Marsfeld“, einen „Marsplatz“ oder eine „Marswiese“. Der Name des Gottes wurde zum Synonym für Krieg, Schlacht, Kriegsglück und Tapferkeit. Er ist im Monatsnamen „März“ und im Begriff „martialisch“ (grimmig, kriegerisch) enthalten.

Wie Kepler betont, sei Brahe „der oberste Anführer in diesem Feldzug“ gegen den Mars gewesen, hätte er doch in zwanzig Jahren alle Gewohnheiten des Feindes ausgekundschaftet, „die ganze Art seiner Kriegsführung beobachtet, alle seine Pläne aufgedeckt und diese bei seinem Tod in Büchern aufgezeichnet hinterlassen“. Oft weilte Mars an unvermuteten Orten. Erst als der Kriegsgott Keplers Zielstrebigkeit erkannte, sah er ein, dass „er in seinem Reich ringsum nirgends mehr sicher und geborgen war“.

Nun kamen ihm endlich Friedensgedanken. „Nachdem er sich Freiheit innerhalb der freiwilligen Fesseln ausbedungen hatte“, so Kepler, ging Mars „munter und aufgeräumt in mein Lager über“ und „legte jegliche feindselige Gebärde ab“. Weshalb er seinem Kaiser den Kriegsgott nun also als „hochedlen Gefangenen zur öffentlichen Schaustellung“ vorführen könne.

1618 findet Johannes Kepler sein drittes Gesetz. Es stellt die mathematische Beziehung zwischen den leicht messbaren Umlaufzeiten der Planeten und ihren mittleren Sonnendistanzen her. Diese Erkenntnis macht es später möglich, die tatsächliche Dimension des Planetensystems auszuloten. Als treibende Kraft hinter dem Planetenlauf vermutet Kepler eine von der rotierenden Sonne ausgehende Strömung. Hinzu kämen anziehende und abstoßende magnetische Kräfte der Planeten. Hier allerdings irrt der große Astronom.

Keplers Gesetze beschreiben die Planetenbewegung erstmals exakt. Dennoch findet seine „neue Astronomie“ anfangs wenig Gehör. Erst später überzeugt ihre unerhörte Genauigkeit, die dem kopernikanischen Weltbild zum Sieg verhelfen wird.

---

*Das Internationale Jahr der Astronomie 2009 war sowohl Galileo Galilei als auch Johannes Kepler gewidmet.*

*Am 7. März 2009 erfolgte der Start des Kepler-Weltraumteleskops der NASA, das durch mehrjährige Beobachtung der Helligkeit von etwa 100000 Sternen Exoplaneten finden soll.*

# Nobelpreis 2009 für Physik

## Revolutionäre optische Technologien

Claudia Haagen-Schützenhöfer

*Überraschend und für die Tradition des Nobelpreises doch eher ungewöhnlich wurde der Nobelpreis 2009 nicht für physikalische Grundlagenforschung vergeben, sondern zu gleichen Teilen für zwei Erfindungen, die unmittelbar das Alltagsleben jedes Einzelnen beeinflussen. Die Wahl des Nobelpreiskomitees fiel auf Charles Kuen Kao, der die Informationsübertragung mittels optischer Glasfasern revolutionierte und auf Willard Sterling Boyle und George Elwood Smith, die mit der Erfindung des CCD (charge-coupled device), eines auf Halbleitertechnik basierenden digitalen Bildsensors, eine Revolution in der Fotografie auslösten.*

*Die zeitgleiche Verleihung des Nobelpreises für diese Wissenschaftler ist wohl kein Zufall, sondern spiegelt vielmehr wider, dass der tägliche weltweite Informationsfluss, die Übertragung von Daten, Bildern, Musik etc. in Sekundenschnelle, erst durch das Zutun beider Erfindungen möglich wurde: Durch die Erfindung des CCD gelang es erstmals, Bilder nicht auf Film, sondern elektronisch zu erfassen und zu speichern. Die elektronische Übermittlung konnte allerdings nur durch den Fortschritt in der Glasfasertechnik, die den Transport derartig großer Datenmengen erst zuließ, bewerkstelligt werden.*

### Die Lichtgestalten

In den Biographien der drei Ausgezeichneten, die seit Bekanntwerden ihrer Nobelpreisauszeichnung von den Medien als „Masters of Light“ [3] tituliert werden, finden sich neben ihren Beiträgen zur Entwicklung der modernen Informationsgesellschaft noch weitere Parallelen: Ihre prämierten Erfindungen datieren zurück in die 60er Jahre und alle drei haben ihre aktive Forscherkarriere bereits beendet [1].

Charles Kuen Kao, an den der Nobelpreis zur Hälfte geht, wurde 1933 in Shanghai geboren und ist sowohl Staatsbürger der USA als auch von Großbritannien. Seine Dissertation im Bereich „Electrical Engineering“ schloss er 1965 an der University of London ab. Zu dieser Zeit war er bereits bei den Standard Telecommunications Laboratories in Harlow (UK) tätig, wo er und sein Kollege George Hockham sich mit Glasfasern beschäftigten. Ihre bahnbrechenden Überlegungen zur effizienten Informationsweiterleitung in hochreinen Glasfasern veröffentlichten sie erstmals 1966 in einem Artikel[A], der von der Fachwelt mit großer Skepsis aufgenommen wurde. Doch schon 1970 konnten die getroffenen Vorhersagen auch experimentell bestätigt werden, womit der Startschuss für die Umsetzung optischer Kommunikation fiel. Seine aktive Karriere beendete Charles K. Kao 1996.

Ein Viertel des Nobelpreises für Physik geht an den 1924 in Amherst (Kanada) geborenen Willard Sterling Boyle, der heute US-Staatsbürger ist. Seine Dissertation schloss er 1950 an der McGill Universität in Kanada ab, um dann von 1953 bis zu seiner Pensionierung 1979 für die Bell Laboratories in den USA tätig zu sein. Dort war er als „Director of the Device Development Laboratory“ der Vorgesetzte des dritten Ausgezeichneten, George Smith, dem ebenfalls ein Viertel des Nobelpreises zuerkannt wurde.

George Elwood Smith wurde 1930 in White Plains (USA) geboren. Sein Studium beendete er an der Universität von Chicago im Jahre 1959 mit einer aufsehenerregenden Dissertation[B], die wegen ihrer Länge von nur acht Seiten in die Annalen der Universität einging. Noch im selben Jahr begann Smith seine Tätigkeit für die Bell Laboratories. Gemeinsam mit Willard Boyle entwickelte er im Jahr 1969 das Basiskonzept für den CCD-Sensor. Das ursprünglich als elektronische Speichereinheit konzipierte Bauteil trat bald seinen Siegeszug als digitaler Bildsensor an, der heute ein wesentlicher Teil der modernen, elektronischen Bildverarbeitung ist.

Mag. Dr. Claudia Haagen-Schützenhöfer ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am AECC Physik Wien. Der Beitrag basiert auf den Mitteilungen der Nobelstiftung [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2009/index.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2009/index.html)

## Glasfaseroptik: Datenaustausch über weite Strecken mit geringem Informationsverlust

### Von New York nach Sidney in 1/16 Sekunde – die wunderbare Welt der Glasfasern

Die Entwicklung der Glasfaserkabel als adäquates Medium für optische Informationsübermittlung war eine wesentliche Voraussetzung für moderne Kommunikationstechniken, die uns in die Lage versetzen, Text, Musik, Bilder und Videos in Bruchteilen von Sekunden um den Globus zu schicken. Unsere Kommunikationsgesellschaft hängt – bildlich gesprochen – dank Charles K. Kao an einem Netz aus „gläsernen Fasern“ (Abb. 1), das derzeit 25000 Mal den Globus umspannen könnte [3].

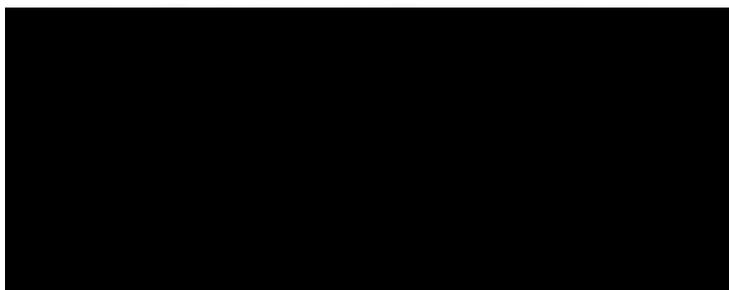
### Die Anfänge

Farbige Effekte, die beim Zusammenspiel von Glas und Licht entstehen, sind wohl seit der Herstellung von Glas, also seit rund 4500 Jahren, bekannt. Eine wissenschaftliche Erklärung dessen setzte jedoch erst mit der Entdeckung der optischen Gesetze im 17. Jahrhundert ein. Doch erst vor nicht einmal 100 Jahren begann die systematische Anwendung des Phänomens, dass Licht aufgrund von Totalreflexion in durchsichtigen Medien mit höherem Brechungsindex „gefangen“ bleibt und so auch entlang kurviger Bahnen geleitet werden kann. Waren die Anwendungen anfänglich noch ästhetischer Natur wie farbige Wasserstrahlen in Springbrunnen, so finden sich ab den späten 1920ern bereits Einsatzgebiete in der Medizin (Gastroskopie) und beim Militär (flexibles Periskop) [2].

### Weiterentwicklungen

Eine deutliche Verbesserung der Glasfasern konnte in den 1950ern durch die Ummantelung (cladding) der Glasfaser-

kerne (core) mit einem Material geringfügig niedrigeren Brechungsindex gelingen (Abb. 2). Dadurch wurde einerseits die Totalreflexion begünstigt und auf der anderen Seite wurde die total reflektierende Grenzfläche vor Kratzern oder Berührungen mit anderen Lichtleitern geschützt. Beschädigungen oder Kontaktstellen mit anderen Lichtleitern können zu lichtdurchlässigen Stellen führen.



Für die Informationsübertragung über weite Strecken schien die Glasfasertechnik damals jedoch unbrauchbar. Mit der Verlegung des ersten transatlantischen Koaxialkabels 1956, das gleichzeitig 36 Telefonate übertragen konnte, standen Elektronik und Radiotechnologie im Blickpunkt der Informationstechnik. Der schnell anwachsende Kommunikationsbereich verlangte allerdings rasch nach höheren Übertragungskapazitäten und somit nach einer anderen Technologie.

Der Wellenlängenbereich des elektromagnetischen Spektrums zwischen nahem Infrarot und Ultraviolett galt schon länger als besonders attraktiv für die Kommunikationstechnologie (Graham Bells „Photophone“ [2] operierte bereits 1880 mit sichtbarem Licht). Hohe Modulationsfrequenzen lassen in diesem Frequenzbereich des Spektrums hohe Übertragungsgeschwindigkeiten zu, wodurch zehntausendmal mehr Informationen als mit Radiowellen übertragen

werden können. Ein weiterer Schritt in Richtung großtechnischer Nutzung optischer Kommunikationstechnologie war mit der Erfindung des LASERS<sup>1)</sup> Anfang der 1960er verbunden, durch den die Qualität der Lichtsignale erheblich gesteigert wurde. Das Hauptproblem, das zu diesem Zeitpunkt allerdings noch ungelöst blieb, war das eines adäquaten Übertragungsmediums.

## Charles Kuen Kao Vision

Glasfasern galten aufgrund ihres großen Lichtverlustes – nur 1% des ursprünglichen Lichtsignals konnte mit einer 20m langen Glasfaser übertragen werden (Dämpfungskoeffizient<sup>2)</sup>  $\alpha = 1000$  dB/km) – als unbrauchbar. Doch genau dieser in der Scientific Community weit verbreiteten Annahme widersprach Charles Kao 1966 in seiner mit G. Hockham verfassten theoretischen Abhandlung, die voraussagte, dass die verlustbehaftete Übertragung primär auf Verunreinigungen im Glas zurückzuführen sei. Das Potential von Glasfasern bewertete er wie folgt: „[...] a fibre of glassy material constructed in a cladded structure [...] represents a possible practical optical waveguide with important potential as a new form of communication medium [...] Compared with existing coaxial-cable and radio systems, this form of waveguide has a larger information capacity and possible advantages in basic material cost.“ (KAO: 1966, zit.n. [2]).

Im Gegensatz zu anderen Forschungsansätzen auf diesem Gebiet erstreckten sich Kao Überlegungen nicht nur auf die theoretischen Aspekte der Wellenleitung, sondern bezogen auch Materialeigenschaften des Übertragungsmediums mit ein. Als wichtigste Erkenntnis folgte daraus, dass die Verluste in idealen dielektrischen Übertragungsmedien hauptsächlich durch Absorption und Streuung erfolgen.

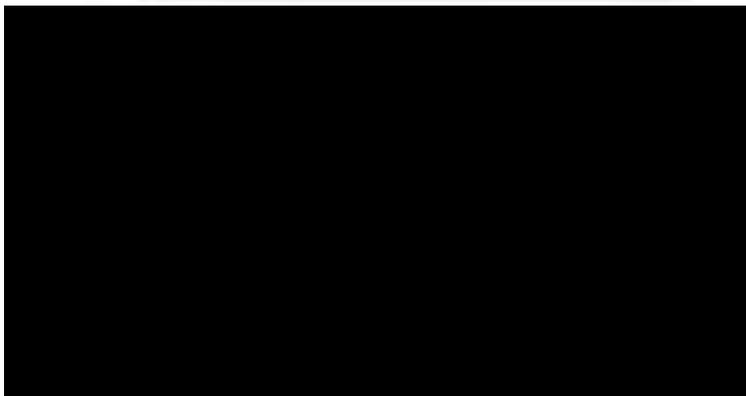


Abb. 3: Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Lichtdämpfung (Dämpfungskoeffizienten) (s. [2]) für Quarzglas.

Der verwendete Wellenlängenbereich spielt für die Lichtdurchlässigkeit eines Stoffes eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Nach Abb. 3 ist der Dämpfungskoeffizient (in diesem Fall von Quarz/Siliciumdioxid) eine Funktion der Wellenlänge. Im kurzwelligen Bereich ist ein höherer Dämpfungskoeffizient auf Effekte der Rayleigh Streuung zurückzuführen, während im langwelligeren Bereich Absorptionseffekte durch Moleküle überwiegen. Als bevorzugte Wellenlängen erwiesen sich somit 1,3 und 1,55  $\mu\text{m}$ , wo beide Effekte gering sind [2]. Die aus den obigen Überlegungen abgeleiteten Lichtdämpfungswerte<sup>3)</sup> von einigen dB/km standen jedoch im krassen Gegensatz zu den tatsächlich gemessenen Werten, woraus Kao folgerte, dass Verunreinigungen (vor allem Eisenionen) für die Lichtdämpfung hauptverantwortlich sind [2].

Die technische Umsetzung

## Die technische Umsetzung

Messreihen mit verschiedenen Materialzusammensetzungen bei unterschiedlichen Wellenlängen zeigten, dass Quarz (Siliciumdioxid) die besten Eigenschaften als optischer Leiter aufweist. Allerdings stellte die Herstellung durch den hohen Schmelzpunkt von etwa 2000 Grad Celsius vorerst eine technische Hürde dar. Doch bereits 1970 gelang es einem Forscherteam der Corning Glass Works (US) unter der Leitung von R. Maurer, mittels der CVD Methode<sup>4)</sup> (Chemical Vapor Deposition) hochreine Glasfasern aus Siliciumdioxid mit geringfügig unterschiedlichen Brechungsindizes in Kern und Mantel herzustellen. Durch weitere Verbesserungen konnte bereits 1971 eine 1 km lange optische Faser mit einem Lichtdämpfungswert von 4 dB/km bei einer Wellenlänge von 850 nm gefertigt werden.

Die in der Glasfasertechnologie eingesetzten Herstellungsprozesse wirken sich positiv auf die Eigenschaften des Werkstoffs Glas aus. Durch das Ziehen des Glases in Fäden, die dünner als ein Haar sind (mit Durchmessern im Bereich von 125  $\mu\text{m}$  [4]), gewinnt das Material an Festigkeit und Flexibilität und ist gleichzeitig leicht. Zudem besteht gegenüber herkömmlichen Kupferkabeln der Vorteil, dass Glasfasern von Blitzen nicht beeinträchtigt werden.

2) Der Dämpfungskoeffizient – angegeben in [dB/km] – setzt den Leistungsinput  $P(0)$  in Bezug zum Leistungsoutput  $P(L)$  bezogen auf eine bestimmte Übertragungslänge  $L$  und berechnet sich folgend:

$$\alpha = \frac{10}{L} \log_{10} \frac{P(0)}{P(L)}$$

3) Kao bezog sich auf einen Grenzwert von 20 dB/km.  
4) Die erhitzte Oberfläche des Basismaterials wird mit einer flüchtigen Verbindung in Reaktion gebracht. Dadurch wird eine Feststoffkomponente abgeschieden.

1) C.H. Townes, A.M. Prokhorov und N.G. Basov erhielten 1964 den Nobelpreis "Für grundlegende Arbeiten auf dem Gebiet der Quantenelektronik, die zur Konstruktion von Oszillatoren und Verstärkern auf der Basis des Maser-Laser-Prinzips führten" [<http://www.nobelpreis.org/physik/bassow.htm>], (Stand 22.10.2009).

Heute erreichbare Lichtdämpfungswerte liegen bei weniger als 0,2 dB/km bei einer Wellenlänge von 1,55 µm. Die verbleibenden Verluste, die auch bei der reinsten Faser auftreten, werden bei Langstreckenübermittlung durch optische Verstärker, die auf dem Prinzip der induzierten Emission ähnlich dem LASER basieren, kompensiert. Zur Verdeutlichung der unglaublichen Reinheit, die Glasfasern aufweisen müssen, um derart geringe Lichtdämpfungsverluste zu erzielen, dient folgender Vergleich: Im Durchschnitt lässt Meerwasser eine Sichtweite von 10 bis 50 Metern [5]

zu. Würde die Salzwasserreinheit allerdings der von high-end Glasfasern entsprechen, wären Sichtweiten bis zu den tiefsten Meeresstellen möglich.

Die Kapazität optischer Kabelnetzwerke nimmt weiterhin zu – die Übermittlung von Tausenden von Gigabits pro Sekunde ist längst keine Utopie mehr. Technische Entwicklungen zielen verstärkt in Richtung interaktiver Kommunikation, die durch die Vernetzung von Haushalten mittels Glasfasern realisiert werden soll.

## Das elektronische Auge – Ein Geistesblitz mit Nebenwirkung

Bevorstehende Etatkürzungen ihrer Abteilung in den Bell Laboratories spornten Willard Boyle und George Smith dazu an, dem von der Abteilung ihrer Opponenten entwickelten magnetischen Speicherbaustein ein auf Halbleitertechnik basierendes Parallelkonzept entgegenzusetzen. Mit dieser Vorgabe trafen sich Boyle und Smith am 17. 10. 1969 zu einem Brainstorming, das etwa eine Stunde dauerte und an dessen Ende die Basisstruktur des CCD (charge-coupled device) stand.

Über den in nur einer Woche von Technikern fertig gestellten Prototyp meinte Boyle: *“...when we made the CCD, it worked immediately and it was amazing! We never had that kind of luck before.”* (Willard Boyle zit.n. [6]) Trotz der raschen Fortschritte bei der technischen Umsetzung verfehlten die Erfinder ihr Ziel, einen revolutionären Datenspeicher zu entwickeln. Berühmt und aus der heutigen Informationsgesellschaft nicht mehr wegzudenken, wurde die „Nebenwirkung“ ihrer ursprünglichen Intention, nämlich die Nutzungsmöglichkeit des CCD als digitalen Bildsensor.

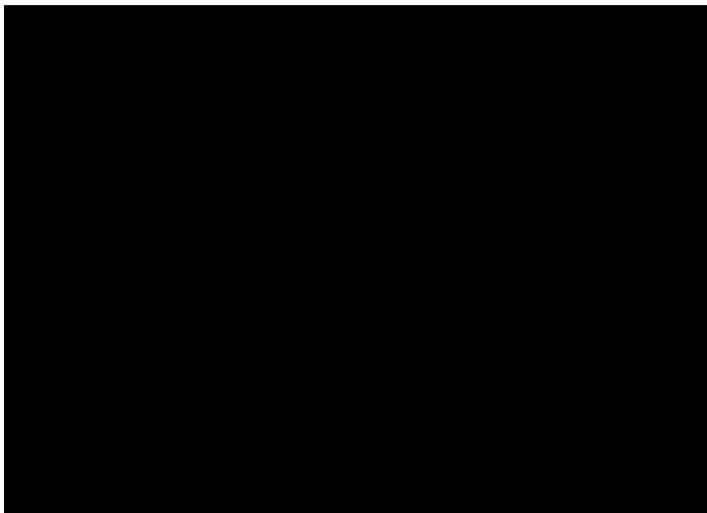
### Das Konzept des CCD-Sensors

Das CCD, eine Matrix aus lichtempfindlichen Photozellen in Form einer rechteckigen Gitterstruktur, ist ein Produkt der modernen Halbleitertechnik, das auf dem von Einstein erklärten Photoeffekt<sup>5)</sup> basiert. Jedes dieser lichtempfindlichen Bildelemente (Pixel) beinhaltet einen Kondensator aus Metall-oxidhalbleitermaterial (MOS). Treffen nun Photonen auf die Oberfläche eines Bildelementes, können durch den Photoeffekt Elektronen aus ihren Bindungen herausschlagen werden. Die Elektronen wandern in Richtung der Kondensatoren, die Potentialtöpfe darstellen. Die Anzahl der pro Potentialtopf gespeicherten Elektronen entspricht der Anzahl der auf die Oberfläche treffenden Photonen (Abb. 7).

In einem weiteren Schritt wird die in den Bildelementen gespeicherte

5) Einstein wurde 1921 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet für seine quantenphysikalische Erklärung des Photoeffekts von 1905.

Information – also die Ladungsmenge<sup>6)</sup> – Element für Element und Reihe für Reihe verschoben – ähnlich einem Rechenschieber oder einer Eimerkette. Im Ausleseverstärker erfolgt schließlich eine Umwandlung in digitale Signale, die zur Weiterverarbeitung geeignet sind [3].



Das CCD besteht aus einer Halbleiterplatte (häufig dotiertes Silizium), auf der eine transparente elektrisch isolierende Schichte (etwa Siliziumdioxid) liegt. Darauf befinden sich wiederum unzählige Elektroden (in der Regel drei pro Pixel) aus leitfähigem, transparentem Material. Wird an eine Elektrode (Gate) der positive Pol einer Spannungsquelle angelegt, so findet ausgelöst durch Coulomb'sche Kräfte eine Verschiebung der Ladungsträger statt. Die negativ geladenen Elektronen werden in den Bereich unterhalb der positiven Elektrode verschoben. Gleichzeitig findet eine Abstoßung der Elektronenlöcher<sup>7)</sup> weg vom Elektrodenbereich statt, wodurch sich ein Potentialtopf im Silicium ausbildet.

Treffen nun Photonen, deren Energie größer als die Bandlücke des Halbleiters ist, auf ein Bildelement, so wechseln die Elektronen vom Valenzband ins Leitungsband und Elektronen-Loch-Paare entstehen. Die derart erzeugten, frei beweglichen Elektronen sammeln sich im Potentialtopf unter der positiven Elektrode an, während die entstanden Elektronenlöcher ins Innere des Halbleiters fließen [7].

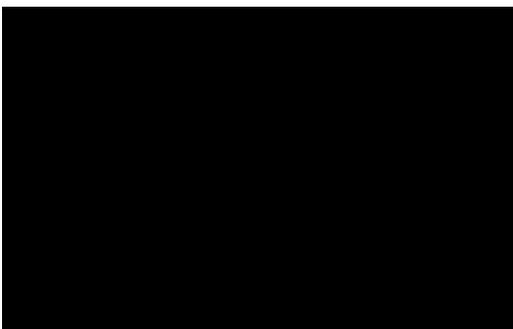
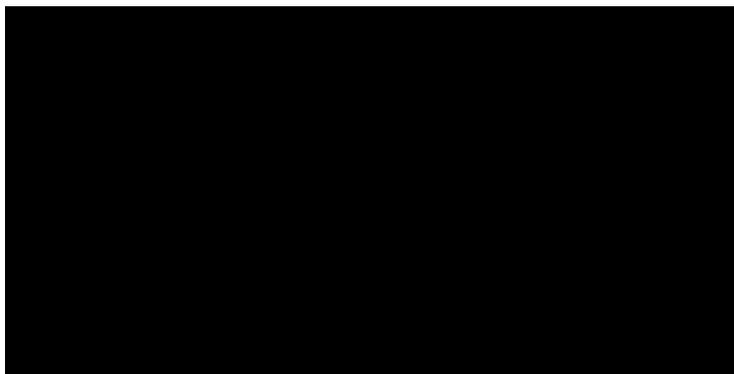


Abb. 8: Bändermodell eines CCD mit Elektronen im Potentialtopf (Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/CCD-Sensor>).

- 6) Im ursprünglich zu Speicherzwecken entwickelten CCD-Sensor von 1969 konnten die weiter geleiteten Ladungen dreierlei Ursprung haben „It may come from the bulk or surface generation-recombination centers within the depletion region, from the hole-electron pairs produced by incident radiation, or from the surface when the input gate is turned on“ [8].
- 7) Als Elektronenlöcher werden Stellen fehlender Valenzelektronen bezeichnet, die bei der Betrachtung von Halbleitern oft wie positive Ladungsträger behandelt werden.

Die Herausforderung besteht in einem zweiten Schritt darin, Informationen aus dem Ladungszustand dieser Potentialtöpfe (Kondensatoren) zu gewinnen. Durch eine zyklische Änderung der an die Elektroden angelegten Spannungen wandern die Ladungspakete aus den einzelnen Pixel nun Schritt für Schritt in Richtung eines Datenverarbeitungselements, wo sie verstärkt und digitalisiert werden. Der gesamte Inhalt des CCD wird dabei in eine Zahlenmatrix konvertiert, in der Werte für die Intensität jedes einzelnen Bildelements stehen und zur Rekonstruktion des Bildes herangezogen werden können [7].



Dieser Ausleseprozess generiert ein Schwarz-Weiß-Bild des Objektes. Um Farbbilder zu erzeugen, werden Farbfilter meist der Grundfarben rot, grün oder blau oberhalb jeder einzelnen Sensorzelle angebracht. Um die Farbgebung der Empfindlichkeit des menschlichen Auges anzupassen, müssen allerdings doppelt so viele grüne wie rote oder blaue Pixel verwendet werden, wodurch die Auflösung gegenüber Schwarz-Weiß-Bildern um einen Faktor 4 verringert wird [2].

## Anwendungsbereiche

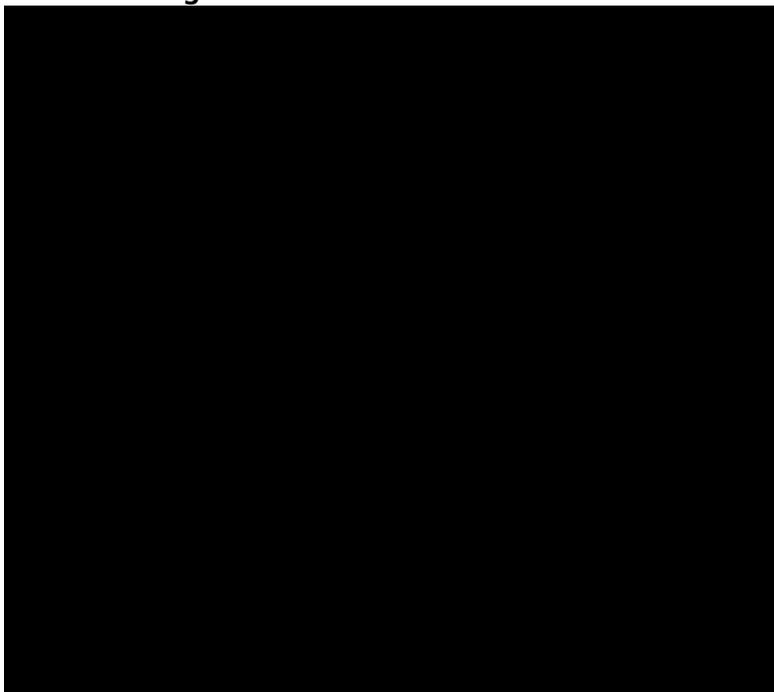


Abb. 8: Aufnahme vom 8. 2. 2004 des Hubble Space Teleskopes mittels CCD Technologie (siehe [3]) zeigt das Lichtecho, das ein Helligkeitsausbruch des roten Überriesen V383 im Sternbild Einhorn im Jänner 2002 in der umgebenden Staubwolke hervorruft. (Der CCD-Sensor der Wide Field Camera 2 des HST hat 1600 x 1600 Pixel.)

Für den Bereich der Alltagsfotographie hat sich die Digitalkamera als wirtschaftlicher Erfolg erwiesen. Welche Technologie, das CCD oder das etwa zeitgleich entwickelte CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) sich letztendlich durchsetzen wird, bleibt vorläufig noch unentschieden. Während bei CCD die durch den Photoeffekt generierten Ladungsträger beim Auslesevorgang in einer Reihe verschoben werden, erfolgt das Auslesen bei CMOS am Ort der Ladungsentstehung. Damit ist der Vorteil eines geringeren Energieaufwandes verbunden, der allerdings zu Lasten eines höheren Rauschpegels und einer geringeren Bildqualität geht.

Damit kommt für Anwendungen im wissenschaftlichen Bereich vorwiegend die CCD Technologie zum Einsatz, wie durch Bilder des Hubble Space Teleskops beeindruckend gezeigt werden kann. Für die Astronomie waren die Vorteile durch den Einsatz des digitalen Bildsensors rasch offensichtlich. Basierend auf der Tatsache, dass der CCD-Sensor von 100 auftreffenden Lichtteilchen bis zu 90 auf fängt, während es bei photographischen Platten oder dem Auge nur eines ist, verringerten sich Belichtungszeiten weit entfernter Objekten oft von mehreren Stunden auf einige Sekunden. Neben dem Einsatz in der Astronomie und der Ozeanographie findet die CCD Technologie auch im medizinischen Bereich Anwendung, sowohl in der Diagnostik als auch bei chirurgischen Eingriffen. Auch aus dem Alltagsleben sind zusätzlich zur digitalen Fotografie Geräte wie Scanner, Fax, Barcodelesegerät usw., die auf der CCD-Technologie beruhen, nicht mehr wegzudenken [3].

## Quellen

- [A] Kao, K. C. and Hockham, G. A.: Dielectric-Fibre Surface Waveguides for optical frequencies. Proceedings of the Institution of Electrical Engineers London, 113, (1966), 1151.
- [B] Smith, G. E: Anomalous Skin Effect in Bismuth, Physical Review, 115 (1959), 1561-1568.
- [1] The Nobel Prize in Physics 2009. Press Release, 6 October 2009: [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2009/press.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2009/press.html), (Stand 22.10.2009).
- [2] Scientific Background on the Nobel Prize in Physics 2009: Two revolutionary optical technologies. The Royal Swedish Academy of Sciences: [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2009/sciback\\_phy\\_09.pdf](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2009/sciback_phy_09.pdf), (22.10.2009)
- [3] The masters of light: The Nobel Prize in Physics 2009. Information for the Public. The Royal Swedish Academy of Sciences: [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2009/info\\_publ\\_phy\\_09\\_en.pdf](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2009/info_publ_phy_09_en.pdf), (22.10.2009).
- [4] Lichtwellenleiter: <http://de.wikipedia.org/wiki/Lichtwellenleiter>, (22.10.2009).
- [5] Sichtweite: <http://de.wikipedia.org/wiki/Sichtweite>, (22.10.2009).
- [6] Boyle. Willard S. : Interview October 2009 [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2009/boyle-interview.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2009/boyle-interview.html), (22.10.2009).
- [7] Barbe, D. F. : Imaging devices using the charge-coupled concept. Proceedings of the IEEE. Vol. 63, No. 1, (1975), 38–67.
- [8] Tompsett, M. F., Amelio, G. F. and Smith, G. E.: Charge coupled 8-bit shift register. In: Applied Physics Letters. 17 (1970), 111-115.

In den Jahren 2002, 2004 und 2009 wurden mittels des Hubble-Teleskops mehrere Aufnahmen des sich ausbreitenden Lichtblitzes von V838 Monocerotis aufgenommen. Neben dem Lichtblitz um die Supernova 1987A ist dies eine der seltenen Möglichkeiten, die dreidimensionale Struktur von Materiewolken in der Umgebung von Sternen zu studieren.

V838 Mon ist etwa 20000 Lj von uns entfernt, seine Leuchtkraft dürfte jene der Sonne beim Ausbruch millionenfach übertroffen haben. Gemäß einer interferometrischen Größenbestimmung könnte er die Jupiterbahn ausfüllen. (Quellen: [http://en.wikipedia.org/wiki/V838\\_Monocerotis](http://en.wikipedia.org/wiki/V838_Monocerotis) und <http://www.spacetelescope.org/images/html/heic0405b.html>).

# Nobelpreis 2009 für Chemie

## Struktur und Funktion des Ribosoms

Brigitte Koliander und Edwin Scheiber

### Die Lösung des „Henne/Ei-Problems“

Das zentrale Dogma der Molekularbiologie beschreibt, wie mit Hilfe der Information, die in der DNA gespeichert vorliegt, Eiweißmoleküle (Proteine) gebildet werden. Die DNA ist ein Makromolekül. Charakterisiert wird sie über ihre Basensequenz (z. B. ACCTTGGT...). Die in der DNA in Form der Basensequenz gespeicherte Information wird auf eine mRNA übertragen (Transkription), die diese Information aus dem Zellkern heraus zu den Ribosomen bringt. An den Ribosomen wird mit Hilfe dieser Information ein Protein synthetisiert. Proteine sind Makromoleküle, die aus Aminosäuren aufgebaut sind. Im Ribosom wird die Basenfolge der mRNA in die Aminosäuresequenz des zu synthetisierenden Proteins übersetzt (Translation). Dabei wird jeweils eine Einheit von drei Basen (z. B. GGU, genannt Codon) in eine Aminosäure (z. B. Glycin) übersetzt. Jede Aminosäure wird von einer t-RNA zum Ribosom gebracht. Diese t-RNA erkennt durch die Passung ihres Anticodon (z. B. CCA) zum Codon, welche Aminosäure als nächste an das Protein angehängt werden muss.

Eine der Fragen, die bis heute ungeklärt sind, ist die Evolution dieses Mechanismus und der beteiligten Makromoleküle. Was war zuerst? Die DNA mit ihrer Information? Die Eiweißstoffe mit ihrer Aktivität? Oder vielleicht RNA oder ein RNA-ähnliches Makromolekül, das zugleich Informationsspeicher und Ribozym (RNA mit enzymatischer Aktivität) war? Mit der Aufklärung der Struktur und Funktionsweise der Ribosomen haben die diesjährigen Nobelpreisträger starke Argumente dafür geliefert, dass die RNA in der Entwicklung eine wichtige Rolle gespielt hat.

### Der Chemie-Nobelpreis 2009 geht an

Nach Marie Curie (1911 für die Entdeckung von Radium und Polonium), ihrer Tochter Irene Joliot-Curie (1935 für die Entdeckung neuer radioaktiver künstlicher Elemente) und Dorothy Crowfoot-Hodgkin (1964 für die Röntgenstrukturanalyse biologischer Substanzen) ist **Ada E. Yonath** die bisher vierte Frau in über 100 Jahren, die einen Chemie-Nobelpreis erringt!

*Herzliche Gratulation!*

### Ribosomenforschung

Zum ersten Mal unter dem Mikroskop beobachtet wurden Ribosomen in den 50iger Jahren. Bald war klar, dass Ribosomen die „Eiweißfabriken“ der Zellen sind. Yonath, Steitz und Ramakrishnan und haben diese Zellorganellen genauer untersucht und als erste verstanden, wie sie räumlich aufgebaut sind und wie im Ribosom wichtige Schritte der Übersetzung des genetischen Codes in Proteine stattfinden (Ehrenberg, 2009). Das Ribosom besteht aus zwei Untereinheiten, die sich für die Proteinbiosynthese zusammenschließen. Im Inneren entsteht ein Tunnel – hier werden die neuen Proteine gebildet. In Prokaryotenzellen besteht die größere Untereinheit aus zwei RNA-Molekülen und etwa 35 Proteinen. Die kleinere Untereinheit besteht aus einem RNA-Molekül und etwa 20 Proteinen. Die kleinere Einheit initiiert den Prozess und überprüft die Passung von Codon und Anticodon. Die große Einheit hängt die neue Aminosäure an das bisher synthetisierte Proteinmolekül an. Spannendes Ergebnis der Forschungen von Yonath, Ramakrishnan und Steitz ist, dass die RNA des Ribosoms aktiv an der Proteinbiosynthese beteiligt ist. Es könnte durchaus sein, dass Ribosomen in den ersten Lebewesen nur aus RNA bestanden („Protoribosomen“) und die angelagerten Proteine später in der Entwicklung dazu kamen.

DI Mag. Brigitte Koliander und Mag. Dr. Edwin Scheiber: Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie. Der Beitrag wurde auf Grundlage der Pressemitteilung der Nobelstiftung mit Unterstützung durch DI Dr. Veronika Ebert erstellt.

## Der Weg zur Erkenntnis

Mit welchen Methoden kann man Aufbau und Funktionsweise von Ribosomen untersuchen? Die ersten wichtigen Ideen für die Entschlüsselung der Ribosomenstruktur kamen von Ada Yonath. Sie wollte für die Aufklärung des Aufbaus der Ribosomen die Methode der Röntgenstrukturanalyse einsetzen. Diese Methode war bereits von der Aufklärung räumlicher Strukturen der Proteine bekannt. Das Problem dabei ist, dass die zu untersuchende Substanz zum Kristallisieren gebracht werden muss. Das ist schon bei Proteinen schwierig, denn sie denaturieren leicht und

Die erhaltenen Kristalle können dann mittels Röntgenstrukturanalyse untersucht werden. Anhand der Beugungsmuster wird auf die räumliche Struktur der Moleküle geschlossen. Dies wurde bei Proteinen oder komplexeren Strukturen wie den Ribosomen durch den Einsatz von Computern möglich, die aus den erhaltenen Beugungsmustern Karten der Elektronendichte im untersuchten Molekül errechnen. Man erreicht heute Auflösungen im Bereich von 2,4 Å. Mit diesen Karten und den vorher bekannten Informationen über die Aminosäuresequenz in Proteinen (oder die Basen-Sequenz in der RNA) werden dreidimensionale Bilder der Makromoleküle erstellt.

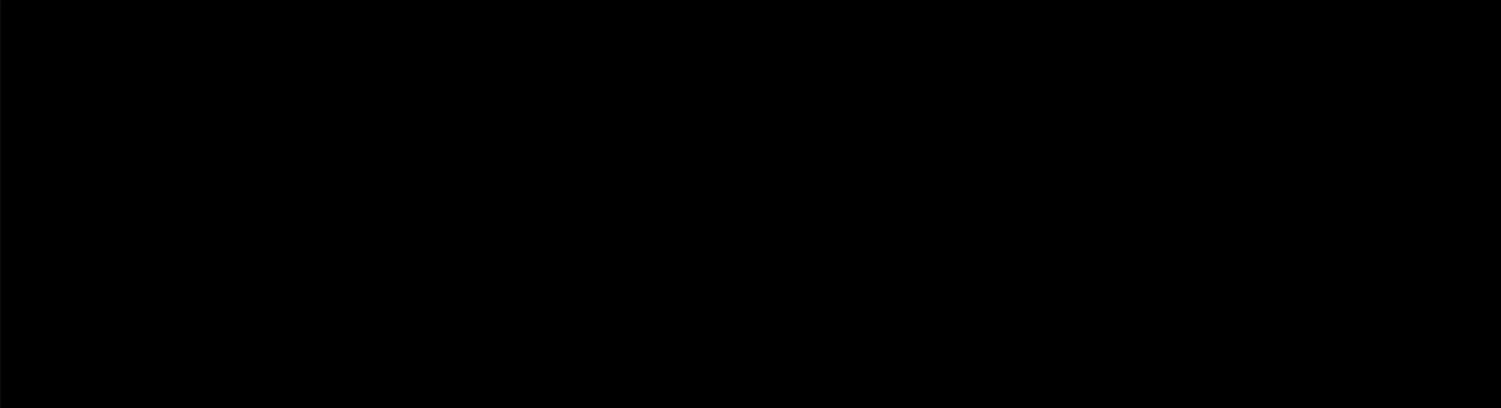


Abb. 1: Die Struktur der 50S Untereinheit des Ribosoms unterschiedlicher Auflösung (9, 5, 2,4 Å)  
(aus [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/2009/theadv09.pdf](http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2009/theadv09.pdf))

verändern ihre räumliche Struktur bei den vorbereitenden Schritten zur Kristallisation. Bei den Ribosomen erhöhen sich durch den komplexen Aufbau aus RNA und Proteinen diese Probleme. Es war notwendig, Lebewesen zu finden, deren Ribosomen besonders stabil sind. Als erstes gelang es mit Ribosomen der hitzebeständigen Einzeller *Geobacillus stearothermophilus* und *Haloarcola marismortui*. Die im Kasten angeführten Bedingungen wurden für das Bakterium *Deinococcus radiodurans* entwickelt. Dieses Bakterium ist erstaunlich resistent gegenüber extremsten Umweltbedingungen. Es lebt auf Atommüll, in trockenen Tälern der Antarktis, auf bestrahlten medizinischen Geräten. Es überlebt Behandlung mit Wasserstoffperoxid und Bestrahlung durch UV-Licht oder ionisierender Strahlung. Seine Ribosomen sind besonders stabil und behalten auch nach den Reinigungsschritten und unter den Bedingungen der Kristallisation die Fähigkeit zur Proteinsynthese.

*Crystals were obtained by vapor diffusion at 18°C, by equilibrating solutions containing the same buffer used for testing their in vitro functional activity (10 mM MgCl<sub>2</sub>, 60 mM NH<sub>4</sub>Cl, 5 mM KCl, 10 mM HEPES [pH 7,8], and minute amounts (0,1% – 1%) of poly- and monovalent alcohols (typically equal to 0,2:0,7 dimethylhexandiol:ethanol) against the same solutions but with twice the amount of the alcohols. For optimizing crystal growth, the exact conditions had to be determined for every preparation individually. The same or similar divalent alcohols (E. G. ethylenglycol) were used as cryo protectants for flash freezing of the crystals in liquid propane (Joerg Harms et al, 2001).*

**Ada E. Yonath** entwickelte in Zusammenarbeit mit Forschern des Berliner Max-Planck-Instituts für molekulare Genetik die Grundlagen für die Kristallisation von Ribosomen und konnte weltweit erstmals deren Untereinheiten elektronenmikroskopisch darstellen. Hierdurch wurden neue Einblicke über den Weg der Proteinbiosynthese in den Ribosomen der Bakterien gewonnen, die auch zum Verständnis beitrugen, wie Antibiotika wirken und wie Bakterien gegen Antibiotika resistent werden. Die von ihr entwickelte „Kryo-Biokristallographie“ wurde rasch zu einem Standardverfahren der Strukturbiologie.

**Thomas Steitz** untersuchte die Arbeitsweise der größeren Einheit des Ribosoms. Er ließ das Ribosom vor der Kristallisation mit unterschiedlichen Molekülen reagieren und untersuchte die entstandenen Komplexe auf ihre räumliche Struktur. Bei der Proteinsynthese finden im Ribosom ständig Änderungen dieser Struktur statt, die sehr genau aufeinander abgestimmt sein müssen, damit die m-RNA genau abgelesen wird, die richtigen t-RNAs gebunden werden und die neue Bindung im Protein gebildet werden kann. Thomas Steitz konnte mit seinen Forschungen klären, wie die neue Bindung zwischen den Aminosäuren im Proteinmolekül durch Veränderungen in der räumlichen Struktur der Ribosomen aufgebaut wird.

**Venkatraman Ramakrishnan** untersuchte die kleine Untereinheit. Er hat durch seine Arbeit wesentlich dazu beigetragen, die Genauigkeit zu verstehen, mit der die Codons gelesen werden.

## Anwendungen

Structure-based drug design: Unter „structure-based drug design“ versteht man eine Methode, Medikamente auf Grundlage des Wissens über die molekulare/räumliche Struktur von bisherigen Wirkstoffen und deren Angriffsort in der Zelle zu entwickeln. Viele Antibiotika lagern sich an Ribosomen an und behindern dadurch die Proteinsynthese in den Bakterienzellen. Sie können damit sehr spezifisch und sehr effizient diese Bakterien an einem weiteren Wachstum hindern. Aktuelle Forschungen untersuchen, wie sich die Struktur der Ribosomen nach Zugabe von Antibiotika verändert. Danach werden die bekannten Wirkstoffe verändert und die Auswirkung der „neuen“ Antibiotika auf die Ribosomen wird wieder untersucht. Das Wissen über Ribosomen kann so zur Entwicklung neuer Antibiotika genutzt werden.

Ehrenberg M. (2009). Structure and Function of the Ribosome. [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/2009/che-adv09.pdf](http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2009/che-adv09.pdf) [2009-10-27]

Harms, J., Schluenzen, F., Zarivach, R., Bashan, A., Gat, Sh., Agmon, I., Bartels, H., Franceschi, F. and Yonath, A. E.: High Resolution Structure of the Large Ribosomal Subunit from a Mesophilic Eubacterium. *Cell*, 107 (2001), 679–688. Cell Press, Elsevier: Amsterdam

---

## Biografien

**Ada E. Yonath** 1939 in Jerusalem geboren, studierte ab 1959 Chemie und ab 1962 Biochemie – 1968 Dissertation über Röntgenkristallographie, ist seit 1988 Strukturbiologin am Weizmann-Institut für Wissenschaften in Rehovoth, Israel und zugleich Direktorin des Kimmelman Center for Biomolecular Assemblies am Weizmann-Institut. Nach Forschungsaufenthalten in USA und am Max-Planck Institut für molekulare Genetik in Berlin-Dahlem leitete sie von 1986 bis 2004 auch eine Forschergruppe für Molekularbiologie des Max-Planck-Instituts am Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg.

**Thomas Steitz** geboren 1940 in Milwaukee, Wisconsin ist ein US-amerikanischer Molekularbiologe und Biochemiker. Er promovierte 1966 an der Harvard University bei William Lipscomb (Nobelpreis 1976). Nach einem Postdoc-Aufenthalt am britischen MRC in Cambridge ist er seit 1970 an der Yale University in New Haven, Connecticut tätig. Dort forscht und lehrt er als Sterling Professor für molekulare Biophysik und Biochemie sowie als HHMI Investigator am Howard Hughes Medical Institute.

**Venkatraman Ramakrishnan** geb. 1952 in Chidambaram, Tamil Nadu) ist ein indisch-amerikanischer Ribosomenforscher und Strukturbiologe. 1971 Bachelor of Science in Physik an der Universität in Baroda in Indien. 1976 Promotion an der Ohio University in Physik zum Ph. D. Bis 1978 Studium der Biologie an der University of California, San Diego. 1978 bis 1982 Post-Doc am Chemiedepartment der Yale University. 1982 und 1983 Forschung am Oak Ridge National Laboratory sowie in der Biologieabteilung des Brookhaven

National Laboratory. Bis 1999 Professor am Biochemiedepartment der University of Utah. Seit 1999 forscht er am Labor für Molekulare Biologie des Medical Research Council in Cambridge, England.

## Forschungsleistung über Jahrzehnte

Ada Yonath ist die Pionierin der Strukturaufklärung von Ribosomen. Ende der 70er Jahre begann sie mit der Röntgenstrukturanalyse von Ribosomen, die bis dahin von den meisten Forschern wegen ihrer Größe für aussichtslos gehalten worden war. Der erste Schritt dazu ist die Herstellung eines Kristalls, was bei den großen Protein/RNA-Komplexen auf Schwierigkeiten stößt. Yonath kam auf die Idee, die Ribosomen für die Kristallisation aus dem Bakterium *Geobacillus stearothermophilus* zu gewinnen, das in heißen Quellen lebt und Temperaturen bis zu 75 °C erträgt. Sie nahm an, dass deswegen dessen Ribosomen extrem stabil seien und bessere Kristalle bilden würden. Ribosomen bestehen aus zwei Untereinheiten: 1980 gelangen ihr die ersten Kristalle der großen Untereinheit des Ribosoms, die allerdings noch ziemlich unrein waren.

Ada Yonath benötigte zwanzig Jahre, um ein Bild von beiden Untereinheiten des Ribosoms zu generieren, in dem die Position jedes einzelnen Atoms feststand. Dazu entwickelte sie neue Techniken, etwa die Kristallisation in flüssigem Stickstoff bei –196 °C. Als sich herausstellte, dass ihr Weg gangbar war, interessierten sich immer mehr Wissenschaftler für das Gebiet, darunter Thomas Steitz und Venkatraman Ramakrishnan.

Zu Beginn der 1990er-Jahre waren die Kristalle gut genug, um in der Röntgenstrukturanalyse die Position einzelner Atome aufzulösen. Allerdings stellte sich immer noch das „Phasenproblem“. Bei der Streuung des Röntgenlichts entsteht ein Punktemuster und zu jedem einzelnen Punkt muss noch der Phasenwinkel bestimmt werden, im Prinzip ein mathematisches Problem. Ein häufig verwendeter Trick ist, den Kristall in ein Element mit hohem Atomgewicht, etwa Quecksilber, zu tauchen, und dann die Aufnahme zu wiederholen. Aus dem Vergleich des Punktemusters mit und ohne schwere Atome kann der Phasenwinkel bestimmt werden. Ribosomen sind jedoch so groß, dass sie zu viele schwere Atome binden. Dieses Problem wurde schließlich von Thomas Steitz gelöst. So kam es, dass Thomas Steitz 1998 die erste Kristallstruktur der großen Untereinheit eines Ribosoms veröffentlichte, die allerdings noch nicht einzelne Atome sichtbar machte. Beinahe gleichzeitig mit Steitz, der die große Untereinheit bearbeitet hatte, veröffentlichten Venkatraman Ramakrishnan und Ada Yonath die Struktur der kleinen Untereinheit vom *Thermus thermophilus*. So wurde es möglich, die Funktion des Ribosoms auf atomarer Ebene zu verstehen. Ada Yonath beschäftigte sich in der Folge damit, wie verschiedene Antibiotika an die Ribosomen von Bakterien binden, und sie so blockieren. Diese Arbeiten sind zum Ausgangspunkt für die Entwicklung neuer Antibiotika geworden.

Quelle: <http://de.wikipedia.org/>

# Nobelpreis 2009 für Medizin und Physiologie

## Telomere und Telomerase

Edwin Scheiber und Brigitte Koliander

Die identische Verdoppelung der DNA (Replikation) ist ein notwendiger Schritt bei der Teilung von Zellen und Voraussetzung für die Weitergabe der genetischen Information an neugebildete Zelle. Der Vorgang kann vereinfacht folgendermaßen beschrieben werden: Die DNA besteht aus zwei komplementären Strängen, in der Abbildung ein kurzer Ausschnitt daraus. Folgende Basen stehen einander dabei immer in Paaren gegenüber: A-T und G-C. Die DNA-Stränge haben zwei unterschiedliche Enden: ein 3'-Ende und ein 5'-Ende.

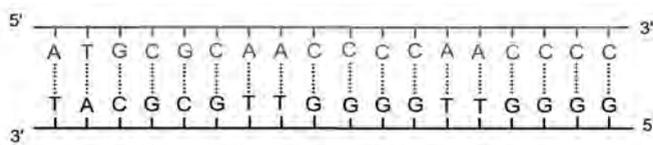


Abb. 1: Ausschnitt aus einem DNA-Doppelstrang

Bei der Replikation wird dieser Doppelstrang in zwei Einzelstränge aufgetrennt und diese werden durch einen neuen komplementären Strang ergänzt. Genaueres über die Replikation finden Sie z. B. unter <http://de.wikipedia.org/wiki/Replikation>.

Das Enzym, das die neue DNA bildet, heißt DNA-Polymerase. Sie kann nur in eine Richtung arbeiten. Und sie benötigt einen „Primer“, ein Startstück aus doppelsträngiger DNA (oder DNA-RNA), an dem sie die Synthese beginnen kann. Dieser Primer wird von einem Enzym erstellt, das nur RNA bilden kann. Dadurch entsteht am Beginn jeder DNA zuerst ein DNA-RNA-Doppelstrang, bevor die DNA-Synthese beginnen kann.

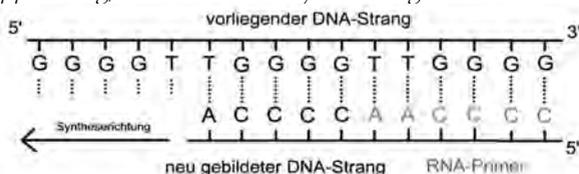


Abb. 2: Beginn der Synthese eines neuen komplementären Stranges am 3'-Ende der vorliegenden DNA

Die Synthese läuft daher am Beginn eines Stranges immer folgendermaßen ab: Ein kurzer RNA-DNA-Doppelstrang wird hergestellt, daran folgend kann erst der Aufbau der DNA beginnen. Die RNA wird wieder entfernt, das Ende der DNA bleibt damit einsträngig und unvollständig. Die neu gebildete DNA hat also ein unvollständiges 5'-Ende, wodurch die DNA bei jeder Replikationsrunde kürzer wird.

Hier setzen die Forschungen an, die zum diesjährigen Nobelpreis geführt haben<sup>1)</sup>. (Erklärungen nach Toftgård, 2009.)

Mag. Dr. Edwin Scheiber und DI Mag. Brigitte Koliander. Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie). Der Beitrag wurde auf Grundlage der Pressemitteilung der Nobelstiftung erstellt.

Oft führen verschlungene Wege und scheinbare Zufälle zu wissenschaftlichen Entdeckungen. Es gibt jedoch einige Zutaten, die wichtig sind, damit diese Zufälle überhaupt passieren können: Gespräche über die Grenzen des eigenen Forschungsschwerpunkts hinaus mit anderen Forscher/innen; Achtsamkeit, wenn ungewöhnliche Beobachtungen gemacht werden; Mut zu neuen und ungewöhnlichen Wegen und verrückten Experimenten.

Im Fall der Entdeckung der Telomerase haben alle diese Punkte eine Rolle gespielt (Blackburn, Greider, Szostak, 2006).

Schon vor der Aufklärung der DNA-Struktur durch Watson und Crick im Jahre 1953 war bekannt, dass die Enden der Chromosomen in Eucaryotenzellen besonders geschützt sein müssen, da sie – anders als die Enden zerbrochener DNA-Moleküle – stabil bleiben. Den Namen Telomere für diese Enden gibt es seit 1938 (Muller, 1938).

Aber erst nach der Aufklärung der DNA-Struktur und genaueren Einblicken in den Ablauf der Replikation der DNA (siehe Kasten) wurde es möglich, den Aufbau der Telomere, ihre Bedeutung und ihre Bildung genauer zu untersuchen.

## Der lange Weg des Forschens

Elizabeth Blackburn, Carol W. Greider und Jack Szostak führten die bahnbrechenden Untersuchungen in den 1970 und 1980er Jahren durch. Blackburn klärte mit damals noch sehr aufwändigen Untersuchungen die Basensequenz der Telomere des Einzellers „Tetrahymena thermophila“ auf. Dieser Eucaryot enthält in jeder Zelle eine große Anzahl an fast identischen Minichromosomen. Deren Telomere bestehen aus einfachen, sich vielfach wiederholenden Sequenzen von T und G (20 - 60 mal TTGGGG in der untersuchten Tetrahymena).

Zur gleichen Zeit führte Szostak Versuche mit Hefen durch. Er hatte versucht, in die Hefezellen kleine einsträngige DNA-Moleküle einzuschleusen. Diese Moleküle erwiesen sich als sehr instabil, in Übereinstimmung mit den alten Untersuchungen von Muller über zerbrochene Chromosomen.

Szostak und Blackburn trafen sich im Jahr 1980 auf einer Veranstaltung und planten miteinander ein völlig verrücktes Experiment: Szostak hängte die Telomere der Tetrahymena als „Schutzkappen“ an seine DNA-Moleküle an, bevor er diese in die Hefezellen einschleuste. Und siehe da! Die DNA war stabil geworden, der Schutzmechanismus funktionierte, obwohl Spender und Empfänger völlig unterschiedliche Orga-

Bereits als Blackburn's Studentin arbeitete Greider sich auf diesem Gebiet ein und begann die Suche nach dem vorhergesagten Enzym. Sie untersuchte, wie markierte Nukleotidsequenzen (z. B. TTGGG) an Telomere angehängt wurden und konnte schließlich mit großer Sicherheit sagen, dass die Telomerase tatsächlich existiert und ganz spezifisch TTGGGG-Einheiten an die Telomere anhängt. In jahrelanger Arbeit wurde das neue Enzym gereinigt und genauer untersucht. Es stellte sich heraus, dass jede Telomerase auch eine RNA-Kette enthält, die die Modellsequenz für die Verlängerung der Telomere enthält (Bei Tetrahymena ist dies die Sequenz CAACCCAA).

Eine spannende Erkenntnis nach weiteren Forschungen von Szostak an genetisch veränderten Hefezellen war diese:

Das Verkürzen der Telomere bei jeder Zellteilung scheint eine Rolle dabei zu spielen, wie viele Zellteilungen in einer vorliegenden Zelllinie möglich sind. Sind die Telomere zu stark verkürzt, so teilen sie sich nicht mehr, die Zellen altern und sterben.

## Anwendungen

Altern und altersbedingte Erkrankungen: Wenn die Telomeraseaktivität geringer wird und die Telomere kürzer werden, altern Zellen und können sich nicht mehr teilen. Es könnte sein, dass der Alterungsprozess ausgehend von diesem Wissen einmal gestoppt oder verlangsamt werden kann. Heute ist jedoch klar, dass Altern ein komplexer Prozess ist und die Kürzung der Telomere nur ein Aspekt davon ist.

Neue Untersuchungen zeigen allerdings auch (Blackburn, 2008), dass möglicherweise äußere Lebensumstände die Telomeraseaktivität beeinflussen: Menschen, die unter negativem Stress leiden (untersucht wurden Menschen, die über viele Jahre im Familienkreis schwer kranke Personen betreut haben) besitzen eine signifikant niedrigere Telomeraseaktivität als vergleichbare Personen ohne diese Belastung. Ähnlich ist es bei Rauchern. Es gibt zwar auch einige Nichtraucher mit sehr niedriger Telomeraseaktivität, aber alle untersuchten Raucher befinden sich im untersten Bereich.

Krebsforschung: Da sich Krebszellen besonders oft teilen, sollten ihre Telomere nach einiger Zeit zu kurz sein. Damit würden die Zellen altern und sich nicht mehr teilen. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass die Konzentration der Telomerase in vielen Krebszellen besonders hoch ist. Somit können diese Zellen ihre Telomere immer wieder verlängern und besitzen eine unheimliche Art von „Unsterblichkeit“. Aber die Hoffnung ist groß, dass man mit dem Wissen über Telomere und Telomerase neue Medikamente gegen Krebs entwickeln kann.

*medicine/laureates/2009/adv.pdf*

Die Bedeutung der Telomere als universelle Schutzkappen, die sogar in sehr verschiedenen Lebewesen ähnlich aufgebaut sind, war nach diesem Experiment bestätigt. Die genaue Wirkungsweise dieser Schutzkappen ist bis heute nicht ganz geklärt. Es dürfte sich eine Art „Knoten“ in der doppelsträngigen DNA bilden, der das Ende vor Angriffen schützt.

Die Forscher/innen entdeckten in ihren weiteren Arbeiten einen seltsamen Effekt. Sie untersuchten die eingebrachten Telomere nach einer gewissen Aufenthaltszeit in der Hefezelle. Sie stellten überrascht fest, dass sie länger geworden waren. Blackburn und Greider sagten daraufhin die Existenz einer „Telomerase“ voraus, eines Enzyms, das die Telomere verlängern kann. Wenn es diese wirklich gäbe, wäre auch das Problem um die Kürzung der Chromosomen bei jeder Teilung gelöst: Die Telomerase würde dafür sorgen, dass die Telomere eine gewisse Länge behalten.

## Literatur

Muller, H. J. (1938). The remaking of chromosomes. *Collecting Net* 13, 181–198. Woods Hole: Massachusetts

Blackburn, E. H., Greider, C. W., Szostak, J. W. (2006). Telomeres and telomerase: the path from maize, Tetrahymena and yeast to human cancer and aging. *Nat Med.* 12(10), 1133-8. NPG: London, New York, Tokio.  
[http://genetics.mgh.harvard.edu/szostakweb/publications/Szostak\\_pdfs/Blackburn\\_et\\_al\\_2006\\_NatMed.pdf](http://genetics.mgh.harvard.edu/szostakweb/publications/Szostak_pdfs/Blackburn_et_al_2006_NatMed.pdf) [2009-10-27]

## Biographien

**Elizabeth Helen „Liz“ Blackburn** ist eine australisch-amerikanische Molekularbiologin, die besonders für ihre Arbeiten auf dem Gebiet der Telomer- und Telomerase-Forschung bekannt wurde. Geboren 1948 in Hobart, Tasmanien, studierte sie Biologie an der Universität von Melbourne. Nach ihrem „Ph.D.“ 1975 an der Universität Cambridge in England arbeitete sie als Postdoc an der Yale-Universität (1975-1977). 1978 erhielt sie einen Ruf der Universität von Kalifornien in Berkeley und wurde dort Professorin am Department of Molecular Biology. Seit 1990 ist sie am Department of Microbiology and Immunology der UCSF in San Francisco tätig, wo sie die Morris-Herzstein-Proessur für Biologie und Physiologie innehat. Elizabeth Blackburn hat die Telomerase 1984 zusammen mit ihrer damaligen Doktorandin Carol W. Greider in einzelligen Wimpertierchen der Gattung Tetrahymena entdeckt und 1985 erstmals beschrieben.

In den folgenden Jahren hat sie die Telomerase in verschiedenen Spezies genetisch und biochemisch charakterisiert. Sie veröffentlichte seitdem zahlreiche wichtige Arbeiten über Telomerase, das Enzym, das zur Erneuerung der Telomeren essentiell ist. Sie ist verheiratet mit John W. Sedat. Deren 22-jähriger Sohn hat ein Informatik-Diplom des renommierten Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge bei Boston. Auf das Enzym Telomerase waren Blackburn und die zwölf Jahre jüngere Carol Greider, die bei ihr promovierte, an dem Einzeller Tetrahymena gestoßen. Der winzige Organismus lebt in Teichen und hat „nur sehr kurze Chromosomen, an denen die Struktur der Telomere leichter zu erkennen war“. Inzwischen konzentriert sich die Forscherin auf eine „weitaus faszinierendere Spezies“, den Menschen.

Toftgård, R. (2009). Maintenance of chromosomes by telomeres and the enzyme telomerase. Karolinska Institutet: Stockholm. [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laureates/2009/adv.pdf](http://nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2009/adv.pdf) [2009-10-27]

Blackburn, E. H. (2008). Chromosome Ends and Diseases of Aging. Youtube-Video. <http://www.youtube.com/watch?v=b70Hh6Hk4gc> [2009-10-27]

**Carol Greider** 1961 in San Diego, Kalifornien, USA geboren, ist Molekularbiologin, die durch ihre Arbeiten über das Enzym Telomerase bekannt wurde. Sie studierte Biologie in Santa Barbara. Ihre 1987 vorgelegte Doktorarbeit über die Funktion von Telomeren fertigte Carol Greider im Labor von Elizabeth Blackburn an der Universität von Kalifornien in Berkeley an, wo beide gemeinsam ihre bahnbrechenden Entdeckungen zum Enzym Telomerase machten, das eine entscheidende Rolle bei der Zellteilung sowie Zellalterung spielt. In den folgenden Jahren beschäftigte sie sich insbesondere mit den Konsequenzen einer Fehlfunktion von Telomeren und Telomerase für die Erbsubstanz, die genomische Stabilität der Zelle und den Organismus. Seit 1993 ist sie Inhaberin der Daniel-Nathans-Proessur und Direktorin der Abteilung für Molekularbiologie und Genetik der Johns Hopkins Universität in Baltimore.

**Jack William Szostak**, 1952 in London geboren, ist ein US-amerikanischer Molekularbiologe, der durch seine Arbeiten über das Enzym Telomerase bekannt wurde. Nach dem Bachelor of Science an der McGill University in Montreal, Kanada im Bereich Zellbiologie erhielt er 1977 den Ph.D. für Biochemie an der Cornell University in Ithaca, New York und war dort Research Associate.

# TESLA MUSEUM GALLSPACH

## Erlebnis „Elektrizität“

Franz Pichler

### Einführung

Im Dezember 2006 wurde aus Anlass des 150sten Geburtstages von Nikola Tesla, der wohl zu den wichtigsten Erfindern in der Elektrotechnik zu rechnen ist, in Gallspach, OÖ, der Verein „Österreichische Tesla Gesellschaft“ gegründet. In diesem Zusammenhang entstand auch der Plan zur Einrichtung eines kleinen speziellen Museums, in dem allgemein das Gebiet der Elektrizität, als Teilgebiet der Physik, und deren Anwendungen im Gebiet der Technik und der Medizin dargestellt werden sollten. Dabei sollten die Erfindungen von Nikola Tesla besondere Beachtung finden.

Die Gründung der Österreichischen Tesla Gesellschaft erfolgte auf Vorschlag von Herrn Medizinalrat Dr. Valentin Zeileis, dem Leiter des Instituts Zeileis in Gallspach. Dieses Institut führt in seiner ärztlichen Praxis neben anderen modernen medizinischen Behandlungen seit mehr als 70 Jahren erfolgreich die Behandlung von Patienten mit „Tesla Strömen“ durch, so dass Gallspach in Bezug auf Tesla eine besondere Stellung in Österreich und in ganz Europa hat. Die Österreichische Tesla Gesellschaft und auch das Tesla Museum Gallspach sind jedoch davon unabhängige eigenständige Gründungen. Das Institut Zeileis zusammen mit der Österreichischen Gesellschaft für Informatikgeschichte (ÖGIG) in Wien und die Johannes Kepler Universität (JKU) in Linz sind wichtige Kooperationspartner.

### Nikola Tesla : Stationen seines Lebens

Mit Nikola Tesla können vier Nationen bzw. Länder genannt werden. Einmal ist es die serbische Nation und das damalige Königreich Serbien. Nikola Tesla gehörte von seinen Eltern her der serbischen Nation an. Im Alter bekam Nikola Tesla vom Land Jugoslawien eine finanzielle Unterstützung in Form einer Rente. Des weiteren ist Kroatien zu nennen, damals zum Kaisertum Österreich, später zur k.u.k. Monarchie Österreich-Ungarn gehörig, wo Nikola Tesla im kleinen Ort Smilian geboren wurde. Die k.u.k. Militärbehörde in Agram, dem heutigen Zagreb, gewährte ihm für sein Studium in Graz ein Stipendium. Neben Serbien, Kroatien und Österreich sind es die Vereinigten Staaten von Amerika, das Land in dem Nikola Tesla fast sechzig Jahre gelebt hat

Emer. O. Univ.-Prof. Dr. Franz Pichler lehrte Systemtheorie am Institut für Statistik und Informatik der Universität Linz und gründete 1979 das Institut für Systemwissenschaften an der Universität Linz

und in dem er auch zum Erfinder von internationaler Geltung geworden ist.

Das Land Jugoslawien hat nach dem Tod von Nikola Tesla 1943 seinen wertvollen Nachlass erhalten und 1952 in Belgrad das Nikola-Tesla-Museum mit Schauräumen, in dem die Erfindungen von Tesla vorgeführt werden können, zusammen mit einem reichhaltigen Archiv eingerichtet. Damit stellt das Nikola-Tesla-Museum in Belgrad international die für das Andenken an Nikola Tesla und für die historische Forschung zu Nikola Tesla wichtigste Einrichtung dar. Das TESLA MUSEUM GALLSPACH rechtfertigt sich dadurch, dass Nikola Tesla in Österreich sein Studium absolviert hat und dass mit dem Institut Zeileis in Gallspach seit vielen Jahren eine enge Verbindung zum Werk von Nikola Tesla im Gebiet der Elektromedizin vorhanden ist. In den Vereinigten Staaten von Amerika scheint bis heute kein Museum, das Nikola Tesla und seinem Werk gewidmet ist, zu existieren.

### Tesla Museum Gallspach: Bereitstellung der Mittel zur Gründung

Das Projekt zur Einrichtung des TESLA MUSEUM GALLSPACH (TMG) stellte eine Initiative der Österreichischen Tesla Gesellschaft dar. Die Bereitstellung der Infrastruktur und die Realisierung des TMG ist nur auf Grund der vorhandenen großzügigen Kooperation mit privaten Personen, Firmen und Institutionen sowie mit befreundeten Vereinen möglich geworden. Von Medizinalrat Dr. Valentin Zeileis wurde aus seinem privaten Besitz die Räumlichkeiten in Form eines Hauses dafür zur Verfügung gestellt. Die ausgestellten Objekte entstammen zum großen Teil aus der Sammlung „RM4IT“ (Reales Museum für Informationstechnologie) der Österreichischen Gesellschaft für Informatikgeschichte (ÖGIG). Diese Sammlung wurde ursprünglich am Institut für Systemwissenschaften der Johannes Kepler Universität unter der Leitung von Univ. Prof. Dr. Franz Pichler im Rahmen von Drittmittelprojekten aufgebaut und steht nunmehr vertraglich der ÖGIG als Dauerleihgabe zur Verfügung. Die zur Schaustellung der Objekte erforderlichen Glasvitrinen wurden von der Firma Fabasoft für die Ausstellung „Bausteine der Informationstechnologie“ an dem seinerzeitigen Firmensitz im Schloss Puchenau angeschafft und waren später auch bei deren Fortsetzung dieser Ausstellung im

IT Center des Softwareparks Hagenberg in Verwendung. Sie stehen nun als Leihgabe dem TMG zur Verfügung.



Abb. 1: Tesla Museum Gallspach

Es ist verständlich, dass das TMG keine originalen Objekte, die von Nikola Tesla stammen, zeigen kann. Keines der seinerzeit vorhandenen Prototypen von Geräten, wie solche für die Einreichung der Patente notwendig waren, hat sich erhalten. Auch sind die von Nikola Tesla fertig gestellten Apparate und Maschinen nicht mehr vorhanden, so dass auch im Tesla Museum in Belgrad nur Nachbauten gezeigt werden können. Für das TMG stehen derzeit noch keine Nachbauten dieser Art zur Verfügung, solche sind jedoch für die Zukunft geplant. Im Gegensatz zum Tesla Museum in Belgrad kann sich das TMG zur Erfüllung der gestellten Bildungsaufgabe nicht auf das Werk von Nikola Tesla allein beschränken. Es muss zusätzlich auch das Gebiet der Elektrizität als Teilgebiet der Physik und auch die Elektrotechnik, hier besonders das Gebiet der Informationstechnologie (IT) mit eingeschlossen werden. Dies ist auch mit dem Untertitel „Erlebnis Elektrizität“ im Namen des TMG, ersichtlich. Etwa zwei Drittel der Räumlichkeiten des TMG sind deshalb der Elektrizität und der Elektrotechnik gewidmet.

## Führungen

Der Besuch des Museums ist nur im Rahmen einer Führung nach Anmeldung möglich. Es werden drei verschiedene Arten von Führungen angeboten.

1. Führung für Schulen ab 3. Klasse Volksschule für alle Schultypen
2. Führung für Patienten des Institutes Zeileis
3. Führung für ein allgemeines Publikum

Die Führungen werden von dafür speziell geschulten Personen durchgeführt. Zu Beginn stehen dafür auch Mitglieder der „Österreichischen Tesla Gesellschaft“ zur Verfügung.

Die Dauer einer Führung beträgt ca. eine Stunde

## Organisation des Museums

Adresse: Geymannstraße 2, A-4713 Gallspach, Österreich

Telefon: 0043 7248 62351

Leitung: Medizinalrat Dr. Valentin R. Zeileis

Stellvertreter der Leitung: Univ. Prof. Dr. Wolfgang Jantsch

Technische Direktion: Georg Zeileis

Public Relation, Sponsoring: Othmar Leeb, Georg Zeileis

Sammlungen und Ausstellungen:

em.Univ. Prof. Dr. Franz Pichler

Trägerverein: Österreichische Tesla Gesellschaft

Kooperationspartner: Institut Zeileis, Gallspach

Österreichische Gesellschaft für Informatikgeschichte (ÖGIG), Wien

Johannes Kepler Universität (JKU), Linz



Abb. 2: Skulptur „Tesla Spule“

# IYPT 2009 – Wovon wir im Fußball nur träumen können Österreich ist Physik-Vizeweltmeister!

Thomas Lindner, Georg Hofferek

Bei der 22. Physikweltmeisterschaft, die heuer an der renommierten Nankai Universität in Tianjin, China, stattfand, erlangte die Österreichische Mannschaft den zweiten Gesamtrang und ist somit Vizeweltmeister.

Das Team, bestehend aus fünf Schülern aus Graz und Wien, kehrte Anfang August mit dem bisher größten Erfolg für Österreich beim IYPT (International Young Physicists' Tournament) aus China zurück. Mit dem zweiten Gesamtrang platzierte sich das Team mit großem Abstand als beste europäische Nation und musste sich im finalen Physikduell nur Südkorea geschlagen geben. Auch der direkte Vergleich mit der PISA-Musternation Finnland ging mit gewaltigem Vorsprung an Österreich.

Schon in den Vorrunden kristallisierte sich unter den 27 teilnehmenden Nationen ein Spitzenfeld aus Südkorea, Österreich, Neuseeland und Singapur heraus. Drei Mannschaften schließlich durften im großen Finale ihr physikalisches Wissen und ihre außergewöhnlichen Lösungen zu komplexen Problemstellungen präsentieren und diskutieren.

Der Austragungsmodus des IYPT wurde über die letzten Jahre immer wieder modernisiert und spiegelt die Ansprüche an Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wider: Fachwissen, Teamfähigkeit, projektorientiertes Arbeiten und die Beherrschung der wissenschaftlichen Methodik. Dazu kommt, dass der Wettbewerb in englischer Sprache ausgetragen wird.

Markus Kunesch präsentierte im Finale sein Projekt „Skateboarder“, worin er exakt berechnete, welche Geschwindigkeit ein Skateboarder erreichen kann, ohne zum Beschleunigen den Boden zu berühren oder anderen externen Antrieb zu verwenden. Seine Berechnungen wurden durch Messung aller Beschleunigungen des menschlichen Körpers und des Skateboards in alle Raumrichtungen experimentell bestätigt.

Die fünf Teilnehmer für Österreich stammen aus Graz (Michael Scherbela, Johannes Tiefnig und Bernhard Zatloukal) und Wien (Markus Kunesch und Angel Usunov).

---

Thomas Lindner, e-Mail: [lindner.thomas@gmx.at](mailto:lindner.thomas@gmx.at)  
Dipl.-Ing. Georg Hofferek war AYPT-Teilnehmer 1999 – 2001, und ist Vorstandsmitglied des Austrian Young Physicists' Tournament – Forschungsforum junger Physiker. Er ist Doktorand am Institut für Angewandte Informationsverarbeitung und Kommunikationstechnologie der TU Graz, e-Mail: [georg.hofferek@gmx.net](mailto:georg.hofferek@gmx.net)  
Kontakt für Rückfragen und weitere Details: Homepage: [www.aypt.at](http://www.aypt.at)



Michael Scherbela



Johannes Tiefnig



Bernhard Zatloukal



Markus Kunesch

Das Team wurde von Armin Fuith, Professor für Physik an der Universität Wien, T. Hell, G. Hofferek, Prof. M. Hopf, Professor für Didaktik der Physik und Leiter des Österreichischen Kompetenzzentrums für Didaktik der Physik, T. Lindner, B. Pagana-Hammer, Mitglied im EC des IYPT, und K. Wittmann nach China begleitet.



Angel Usunov

Schon während des Schuljahres wurde intensiv an den 17 Problemstellungen, die für das IYPT 2009 zu lösen waren, gearbeitet. Dabei zeigte sich schon die außerordentliche Begabung der fünf Teilnehmer, die sich in einer österreichweiten Ausscheidung, dem Austrian Young Physicists' Tournament (AYPT), gegen Konkurrenz aus 5 Bundesländern durchsetzen konnten und dadurch die Möglichkeit bekamen, am IYPT in China teilzunehmen.

Angeführt wurde die österreichische Mannschaft von Thomas Lindner und Prof. Armin Fuith, die wiederum von Timotheus Hell, Georg Hofferek, Dr. Heinz Kabelka, Dr. Heribert Tilgner und Katharina Wittmann bei der Betreuung des Teams unterstützt wurden. Die Vorbereitung ist deshalb beim IYPT so wichtig, weil der Großteil der Arbeit, nämlich die Erarbeitung von Lösungen zu den 17 Problemstellungen sowie die Verifizierung der theoretischen Aspekte, bereits im Vorfeld des IYPT geschieht, damit beim Turnier außergewöhnliche Arbeiten präsentiert werden können. Dabei erlernen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer auf direkte Art die wissenschaftliche Methodik kennen, weil sie selbst

für konkrete Problemstellungen mathematische Beschreibungen entwickeln und Experimente planen und durchführen müssen, die dazu geeignet sind, die Hypothesen zu bestätigen oder zu widerlegen.

Im kommenden Jahr wird das International Young Physicists' Tournament (IYPT 2010) in Wien ausgetragen, wodurch der wissenschaftliche Nachwuchs in Österreich eine besondere Chance bekommt, der Öffentlichkeit seine Fähigkeiten zu beweisen. Außerdem ist der zweite Platz aus Tianjin sicherlich Ansporn für jene, die nächstes Jahr am IYPT teilnehmen.

## Aufgaben des International Young Physicists' Tournament 2010

**1. Electromagnetic cannon:** A solenoid can be used to fire a small ball. A capacitor is used to energize the solenoid coil. Build a device with a capacitor charged to a maximum 50V. Investigate the relevant parameters and maximize the speed of the ball.

**2. Brilliant pattern:** Suspend a water drop at the lower end of a vertical pipe. Illuminate the drop using a laser pointer and observe the pattern created on a screen. Study and explain the structure of the pattern.

**3. Steel balls:** Colliding two large steel balls with a thin sheet of material (e.g. paper) in between may „burn“ a hole in the sheet. Investigate this effect for various materials.

**4. Soap film:** Create a soap film in a circular wire loop. The soap film deforms when a charged body is placed next to it. Investigate how the shape of the soap film depends on the position and nature of the charge.

**5. Grid:** A plastic grid covers the open end of a cylindrical vessel containing water. The grid is covered and the vessel is turned upside down. What is the maximal size of holes in the grid so that water does not flow out when the cover is removed?

**6. Ice:** A wire with weights attached to each end is placed across a block of ice. The wire may pass through the ice without cutting it. Investigate the phenomenon.

**7. Two flasks:** Two similar flasks (one is empty, one contains water) are each connected by flexible pipes to a lower water reservoir. The flasks are heated to 100°C and this temperature is held for some time. Heating is stopped and as the flasks cool down, water is drawn up the tubes. Investigate and describe in which tube the water goes up faster and in which the final height is greater. How does this effect depend on the time of heating?

**8. Liquid light guide:** A transparent vessel is filled with a liquid (e.g. water). A jet flows out of the vessel. A light source is placed so that a horizontal beam enters the liquid jet. Un-

der what conditions does the jet operate like a light guide?

**9. Sticky water:** When a horizontal cylinder is placed in a vertical stream of water, the stream can follow the cylinder's circumference along the bottom and continue up the other side before it detaches. Explain this phenomenon and investigate the relevant parameters.

**10. Calm surface:** When wind blows across a water surface, waves can be observed. If the water is covered by an oil layer, the waves on the water surface will diminish. Investigate the phenomenon.

**11. Sand:** Dry sand is rather „soft“ to walk on when compared to damp sand. However sand containing a significant amount of water becomes soft again. Investigate the parameters that affect the softness of sand.

**12. Wet towels:** When a wet towel is flicked, it may create a cracking sound like a whip. Investigate the effect. Why does a wet towel crack louder than a dry one?

**13. Shrieking rod:** A metal rod is held between two fingers and hit. Investigate how the sound produced depends on the position of holding and hitting the rod?

**14. Magnetic spring:** Two magnets are arranged on top of each other such that one of them is fixed and the other one can move vertically. Investigate oscillations of the magnet.

**15. Paper anemometer:** When thin strips of paper are placed in an air flow, a noise may be heard. Investigate how the velocity of the air flow can be deduced from this noise?

**16. Rotating spring:** A helical spring is rotated about one of its ends around a vertical axis. Investigate the expansion of the spring with and without an additional mass attached to its free end.

**17. Kelvin's dropper:** Construct Kelvin's dropper. Measure the highest voltage it can produce. Investigate its dependence on relevant parameters.



Clemens Reiter und Ann Katrin Till, flankiert vom ÖPG-Vorsitzenden O. Univ. Prof. Dr. Erich Gornik und ao. Univ.-Prof. Dr. Leopold Mathelitsch

# Fachbereichsarbeiten Physik – 2009

Die Österreichische Physikalische Gesellschaft zeichnet seit 1994 physikalische Fachbereichsarbeiten aus. Das Spektrum der eingereichten 9 Arbeiten reicht von Untersuchungen an Elektrogitarren bis zur Elementarteilchenphysik. Nach Entscheidung einer Jury wurden 3 Arbeiten prämiert, die auch die Vielfalt der Einreichungen widerspiegeln.

## Preisträger

**Physik der E-Gitarre**  
**Lukas von Berg** **BRG Keplerstraße Graz**  
 Betreuung: Mag. Traute Bintritsch

**Im Banne der Oberfläche**  
**Clemens Reiter** **Bischöfliches Gymnasium Graz**  
 Betreuung: Mag. Dieter Winkler

**Sphärische Geometrie in der Mathematik und in der Astronomie**  
**Anna Katrin Till** **BGRG 23, Wien**  
 Betreuung: Mag. Elke Rogl

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

## Weitere Einreichungen

**Polarisation der Photonen**  
**Andreas Bamesberger** **BRG Wien 6**  
 Betreuung: Dr. Inge Pollak

**Prozessmesstechnik in der Stahlindustrie**  
**Michael Bernhard** **BG&BRG Leoben Neu**  
 Betreuung: Dr. Gerhard Haas

**Aerodynamik und Strukturenlehre im Luftfahrzeugbau. Lernen aus der Natur**  
**Lukas Gratzner** **BGRG 13 Wien**  
 Betreuung: Mag. Martin Burian

**Die Grätzelzelle: Photosynthese statt Silizium**  
**Angelika Kehrer** **BG&BRG Seebacher Graz**  
 Betreuung: Prof. Dr. Erich Reichel

**RFID – Radio Frequency Identification**  
**Florian Kubin** **Akademisches Gymnasium Graz**  
 Betreuung: Mag. Gerhard Kapper

**Elementarteilchen**  
**Johanna Pitters** **BRG Traun**  
 Betreuung: Mag Gunhilde Zulehner-Mair

Alle Einreichungen wurden mit der kürzlich erschienenen Autobiographie von Prof. Walter Thirring bedacht. An die Direktionen erging ein Dankschreiben.

# Roman Ulrich Sexl-Preis 2009

Für ihren vieljährigen Einsatz in der Lehreraus- und weiterbildung wurde vom Vorstand der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft (ÖPG)

## OStR. Mag.a Dr. Helga Stadler

mit dem Roman-Ulrich-Sexl-Preis 2009 ausgezeichnet.

Dr. Helga Stadler hat in ihrer Tätigkeit in der Arbeitsgruppe Physikdidaktik an der Universität (1992 bis 2009) wesentliche Beiträge zur Lehreraus- und -weiterbildung geleistet. Mit ihrer Studie zur Situation von Mädchen an technischen Lehranstalten hat sie gegen erheblichen Widerstand ein Umdenken im BMUK und in HTL-Direktionen erreicht. Im Lehrgang Pädagogik und Fachdidaktik (PFL) hat sie den Teilnehmer/innen vermittelt, wie wichtig es ist, stereotype Verhaltensmuster im Unterricht zu verändern.

In der Betreuung zahlreicher Schulprojekte im Rahmen von IMST2 wurde dies weiter entwickelt und die Videografie als Unterrichtsbeobachtung und Mittel der Analyse für den Physikunterricht nutzbar gemacht. Diese Tätigkeit floss auch in die Ausbildung ein.

Helga Stadler spielte eine wichtige Rolle in der schrittweisen Umgestaltung des Lehramtsstudiums Physik an der Universität Wien zu größerer Praxisnähe und Methodenvielfalt. Beispielhaft sei das Projektpraktikum „Global Change“ genannt, das zusammen mit der Aerosolphysikerin Regina Hitzenberger entwickelt wurde.

An zahlreichen internationalen Projekten hat sie teilgenommen, wobei ihr besonders in „Promotion of Migrants in Science Education“ gelang, Lehrkräfte hinsichtlich der besonderen Situation von Schülern und vor allem Schülerinnen mit nichtdeutscher Muttersprache zu unterstützen.

Wir gratulieren!



# Physik-Olympiade 2009 in Mexiko



Das Olympiade-Team (vorne v.l.n.r.: Josef Kaufmann (BG/BORG St. Johann i.T.), David Wurm (BRG Fadingerstr. Linz); hinten v.l.n.r.: Stefan Troyer (BG/BRG Mödling), Melanie Graf (BG/BRG 12 Wien), Andreas Theiler (HTL Weiz)). David Wurm konnte eine Bronze-Medaille erringen. Weitere Erfolge wurden durch „Montezumas Rache“ verhindert.



# European Union Science Olympiad 2009

## Peter Holub

Vom 25. März bis 5. April ging in Murcia, Spanien, die europäische Naturwissenschaftsolympiade EUSO über die Bühne. Insgesamt nahmen 40 Teams zu je drei Schüler/innen (Physik, Biologie, Chemie) aus 21 Ländern am Wettbewerb teil. Ein österreichisches Team erreichte den 13. Platz (Silbermedaille), das zweite verfehlte Silber nur um einen von 179 Punkten und errang eine Bronzemedaille. An zwei Tagen fanden jeweils vierstündig die fächerübergreifenden Teambewerbe in Biologie, Chemie und Physik statt. Dabei wurde nicht nur das theoretische Wissen getestet, sondern auch in experimentellen Phasen überprüft, was die Schüler/innen praktisch umsetzen können. Die österreichischen Nachwuchs-Naturwissenschaftler/innen konnten bei der Wertung zahlreiche Teams – beispielsweise aus Schweden, Spanien, Dänemark, Portugal und Großbritannien – hinter sich lassen. Die fünf Goldmedaillen gingen an Teams aus Tschechien, Ungarn, Deutschland (zweimal) und Estland.

Die Teilnahme an der europäischen Naturwissenschaftsolympiade wird österreichweit von Peter Holub, dem Leiter des Fachdidaktikzentrums für Naturwissenschaften an der Pädagogischen Hochschule Kärnten, koordiniert. Weitere Kooperationspartner sind das Fachdidaktikzentrum für Physik in Graz, das Fachdidaktikzentrum für Naturwissenschaften in Linz sowie die IMST – Regionalen Netzwerke für Naturwissenschaften und Mathematik in den Bundesländern.

## Die Österreichischen Teams 2009



Die Silbermedallengewinner/innen Team A:  
Paul Tschuden (BG/BRG Mössingerstraße Klagenfurt),  
Doris Halwachs (BG/BRG Fürstenfeld),  
Michael Scherbela (Bischöfliches Gymnasium Graz) (v.l.n.r.)

Mag. Peter Holub, Leiter des Fachdidaktikzentrums für Naturwissenschaften an der PH Kärnten. e-Mail: peter.holub@ph-kaernten.ac.at



Team B (Von Vorne nach Hinten):  
Christian Völker (BG/BRG Mössingerstraße Klagenfurt),  
Mirlinda Ademi (BRG Landwiedgasse Linz),  
Philipp Heise (Europagymnasium Auhof Linz)

Betreut wurden die Teams in Spanien von Sigrid Holub (Biologie, Fachdidaktikzentrum Kärnten), Dieter Winkler (Physik, Bischöfliches Gymnasium Graz und Fachdidaktikzentrum Physik Graz) und Sabine Seidl (Chemie, BG/BRG Lichtenfelsgasse in Graz und BORG Birkfeld). (Nähere Informationen sind unter <http://www.ucm.es/info/euso09/> zu finden.)

*„Wenn Begeisterung für Naturwissenschaften geweckt wird, können – auch im internationalen Vergleich – Spitzenleistungen der Schüler/innen erzielt werden.“* Die Motivation überträgt sich im Idealfall dann auch auf die Mitschüler/innen der erfolgreichen Olympioniken.

Zahlreiche Aktivitäten zur Stärkung der Naturwissenschaften wie die Teilnahme an dieser europäischen Naturwissenschaftsolympiade werden über das Projekt IMST (Innovationen Machen Schulen Top!) vom BMUKK unterstützt.

## Idee der EUSO

- Begabten Schüler/innen die Möglichkeit geben, ihre Talente zu entfalten und somit das Interesse an Wissenschaft zu wecken bzw. zu fördern
- Durch die Eindrücke und Erfahrungen der EUSO auf eine mögliche Teilnahme an einer Internationalen Olympiade vorzubereiten
- Einen Vergleich der einzelnen Bildungssysteme der Europäischen Union im naturwissenschaftlichen Bereich zu erhalten

## Zielsetzungen des Wettbewerbs

- Die Ermittlung der besten Schüler/innen der Europäischen Union im naturwissenschaftlichen Bereich
- Steigerung des Ansehens der Naturwissenschaft in der Gesellschaft
- Lenkung des öffentlichen Interesses auf die naturwissenschaftliche Ausbildung
- Verbreitung gelungener Ideen und Konzepte innerhalb der gesamten Europäischen Union
- Intensivierung der Zusammenarbeit zwischen europäischen Bildungssystemen
- Vorbereitung europäischer Schüler/innen auf Internationale Olympiaden

Im Folgenden wird eine der beiden Aufgabenstellungen stark gekürzt dargestellt – der volle Text ist in der online-Ausgabe dieser Nummer nachzulesen. Entsprechend der gemischten Teamzusammensetzung haben die Teilaufgaben A, B, und C biologische, chemische und physikalische experimentelle Untersuchungen zum Thema. Die Aufgabe setzt eine umfangreiche Hintergrunderzählung an den Anfang. Die Experimentalaufgaben sind sehr detailliert angegeben und sollen die Beantwortung von je 10 Fragen ermöglichen.

## Seidenraupen

### Einleitung

Frau Silky fühlte sich in der Welt des Handels wie zu Hause. Mit dem von ihr erwirtschafteten Geld konnte sie mehrere Firmen gründen, in denen sie wichtige Positionen besetzte, und – meist erfolgreich – an der Aktienbörse investieren. Die langjährige romantische Verbindung mit dem reichen Amerikaner Herrn Cottonfield tat ihr übriges, um ihren finanziellen Stand zu sichern. In ihrem Alter von 50 Jahren verbrachte sie nun aber so viel Zeit wie möglich in dem Haus, das sie in Hope, im Westen Englands gebaut hatte. Dort genoss sie die Ruhe, unternahm lange Spaziergänge und pflegte liebevoll den Garten.

An einem Samstagnachmittag schlief sie, wie so oft, nach dem von ihrem Freund bereiteten Essen auf dem Sofa ein. Als sie von ihrer „Siesta“ erwachte, lief im Fernsehen ein Film, dessen Titel „SILK“ (Seide) sofort ihre Aufmerksamkeit auf sich zog.

In dem Film ging es um Romantik und Geschäfte. Er beschrieb die Reisen eines französischen Händlers nach Japan, der dort Seidenraupen für eine Fabrik in seiner Heimatstadt kaufen wollte. Der Händler unternahm seine Reise zur Zeit der 1860 grassierenden Pébrine Epidemie, die Seidenraupenfarmen auf der ganzen Welt beeinträchtigte.

Frau Silky war von dem Thema fasziniert. Leider wusste sie außer den romantischen Aspekten nicht viel darüber. Sie hatte aber kürzlich einen Zeitungsartikel mit dem Titel „Chinesische Astronauten sollen im Weltall Seidenraupen essen“ gelesen, der auf Ausführungen des Wissenschaftlers Yang Yunan beruhte, einem der Teilnehmer an der 26. International Scientific Assembly for Space Research. „Raupen, insbesondere Seidenraupen, könnten bald ein Teil der Ernährung von chinesischen Astronauten werden. Sie besitzen einen hohen Proteingehalt, der vom menschlichen

Organismus gut verwertet werden kann. Sie sind leicht zu züchten, wachsen schnell und benötigen wenig Platz“, sagte Yunan. Auf ihrer Webseite gibt die Xinhua Staatsbehörde unter Berufung auf chinesische Experten an, dass fünf bis sechs Seidenraupen den gleichen Proteingehalt wie ein Ei besitzen. Darüber hinaus besitze der Kokon acht verschiedene Aminosäuren, die essentiell für Menschen sind. Diese Entdeckungen sind Anlass genug, weitere Untersuchungen anzustellen.

Frau Silky schaltete daraufhin ihren Computer an, gab ihren Nachnamen in eine Suchmaschine ein, entfernte den letzten Buchstaben und drückte ENTER. Unter einem der Links fand sie die folgenden Informationen:

### **Der Preis der Seide**

*Seide ist eine Naturfaser mit tierischem Ursprung, die man lange zur Herstellung feiner Kleidung nutzte. Sie wurde lange Zeit wegen ihrer Sanftheit und Reißfestigkeit geschätzt. Entdeckt wurde sie in China (nach einer Legende 2500 v. Chr.). Ihre Herstellung war 2000 Jahre lang ein Geheimnis. In dieser Zeit produzierte man Seide nur in China und exportierte sie von dort nach Asien, Europa und Nordafrika. Der Handel mit Seide stellte eine enorme Quelle von Wohlstand dar, was erklärt, warum die Herstellung ein gut gehütetes Geheimnis war. Versuche, das Geheimnis zu lüften, wurden mit dem Tode bestraft. Aus diesem Grund kann der Seidenhandel als erster globalisierter Industrieprozess angesehen werden. Die Seidenstraße ... Das Geheimnis konnte jedoch nicht für ewig bewahrt werden, und im 15. Jhd erreichte es Europa. Die Seidenindustrie blühte in Südeuropa auf, vor allem in Italien, Frankreich und Spanien (besonders in den Regionen von Valencia und Murcia). Diese Entwicklung bereitete den Anfang vom Ende der Seidenstraße. Zu diesem Zeitpunkt war es bereits weithin bekannt, dass Seide eine Faser ist, die von Larven eines Insektes, nämlich der Seidenmotte, gesponnen wird. Dieses Insekt mit dem wissenschaftlichen Namen Bombyx mori gehört zu den Schmetterlingen (Lepidoptera), dessen Larvenform eine pflanzenfressende Raupe ist. Sie wächst, bis sie das Fressen beendet und mit Hilfe spezieller Spinndrüsen mit der Produktion eine viskosen Lösung beginnt, die aus den zwei Proteinen Fibroin und Sericin besteht.*

*Das Fibroin polymerisiert beim Kontakt mit Luft zu einem langen durchgehenden Seidenfaden...*

Vom Gelesenen fasziniert, entschieden sich Herr Cottonfield und sie, nach Murcia zu dort lebenden Freunden zu reisen, um vor Ort die gegenwärtige Situation der Seiden-

raupenzucht sowie der Seidenindustrie überhaupt kennen-zulernen. Mit Blick auf mögliche Geschäftsgelegenheiten, und um guten wissenschaftlichen Rat zu haben, nahmen sie Dr. Nylonskaya mit, die früher die Dorfapotheke geleitet hatte und seit ihrer Pensionierung eine regelmäßige Besucherin im Landhaus von Frau Silky geworden war. Häufig hatte sie Frau Silky auf ihren Spaziergängen begleitet, und beide teilten eine ähnliche wissenschaftliche Neugier ...

Unter Berücksichtigung des Gelernten und mit dem Gedanken, dass es hier eine Geschäftsmöglichkeit geben könnte, entschieden sie auf Anraten von Dr. Nylonskaya, einige vorausgehende Untersuchungen durchzuführen, um die Brauchbarkeit ihrer Idee zu festzustellen. Daher traten sie mit der Universität von Murcia in Kontakt, die ihrerseits entschied, dass es eine gute Lösung sein könnte, die Arbeit an die Teilnehmer der EUSO 2009 weiterzugeben. Das könnte einerseits als Basis für die Vergabe von Medaillen und Urkunden dienen, während andererseits die angefertigten Berichte in unterschiedlichen Sprachen verfügbar würden.

Jedes Team muss daher die folgenden Aufgaben ausführen.

## AUFGABE A

### Photometrieaufgabe

Dr. Nylonskaya wollte die biologischen Kosten ermitteln, die nötig sind, um erwachsene Seidenraupen zur Produktion von Seide zu erhalten.

Vor der Metamorphose müssen die Seidenraupen ausreichend Nährstoffe von den Maulbeerblättern erhalten, um neben anderen Prozessen zu wachsen und Proteine zu speichern, welche sie zum Spinnen des Seidenfadens, der selbst aus Proteinen besteht, benötigen. Deshalb beschloss die Gruppe, dass es interessant wäre, die Menge an Protein in einem Maulbeerblatt und in einem Seidenraupenkörper zu

bestimmen. Wenn man diese Werte sowie die Gesamtmasse einer Raupe und die durchschnittliche Masse eines Maulbeerbaumblattes kennt, sollte man die Gesamtmenge an Maulbeerblättern berechnen können, welche eine Seidenraupe während ihrer Lebenszeit zur Ernährung braucht.

## AUFGABE B

### Synthese von Nylon

Mr. Cottonfield glaubt nicht wirklich an die Investition in das Seidenraupengeschäft. Er denkt, dass die Seide einen kleineren Absatzmarkt hat als die günstigeren, künstlichen Fasern, die ähnliche oder sogar bessere Qualität besitzen und auch schon länger auf dem Markt sind. Er will Lady Silky überzeugen, dass diese Fasern leicht herzustellen sind und macht sich auch gleich an die Arbeit. Eine Literatur-recherche liefert ihm die Information, die er braucht.

## AUFGABE C

### Messung der Elastizitätsmodule von Seide und Nylon

Frau Silky möchte etwas über die mechanischen Eigenschaften von Seide und Nylon erfahren. Sie glaubt nämlich, dass Naturfasern oft fester sind. Zumindest hat sie diesen Eindruck nach dem Lesen einiger Fachartikel über Spinnenseide erhalten. Soweit sie sich erinnert, steht in einem der Artikel: Ein Spinnenfaden kann bis zu fünf Mal so fest sein, wie ein gleich dicker Draht aus Stahl. Man sagt sogar, dass ein Spinnenfaden dick wie ein Bleistift in der Lage sei, eine fliegende Boeing 747 zu stoppen. Ein Spinnenfaden kann auf mehr als seine 30-fache Länge gestreckt werden, ohne zu reißen. Es handelt sich dabei also um eines der stärksten bekannten Materialien überhaupt. Warum sollte man also nicht einmal die Eigenschaften von Seide und Nylon untersuchen?

---

# Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts

## Generalversammlung 2009

In der Hauptversammlung vom 19. November 2009 wurde der bisherige Vorstand wieder gewählt:

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

Obmann-Stv.: LSI Mag. Wolfgang Wurm

Schriftführerin: Prof. Mag. Dr. Helga Stadler

Schriftführer-Stv.: Gerald Grois

Kassierin: Prof. Mag. Maria-Magdalena Schäffer

Kassier-Stv.: Prof. Mag. Theodor Duenbostl

Kassenprüfer: HOL Werner Rentzsch

Kassenprüfer: Prof. Mag. Helmut Wanek

Da im Vereinsjahr 08/09 nur eine Ausgabe PLUS LUCIS erschienen ist und dank der Unterstützung der Fortbildungs-woche durch die PH Wien, waren die Ausgaben geringer als im Vorjahr, so dass ein Überschuss erzielt werden konnte. Die Mitgliedsbeiträge befinden sich daher weiter auf dem Stand von 2001: 20 EUR für aktive Mitglieder, 15 EUR für Mitglieder in Pension, 5 EUR für Studierende und Karenzierte.

Schicken Sie uns Ihre Beiträge für PLUS LUCIS!

Von kleinen Unterrichtsideen bis zu großen Projekten gibt es im Land Vieles, was Kolleginnen und Kollegen Anregungen für den Unterricht bieten könnte. Die Leiter der Kompetenzzentren für Didaktik der Chemie, bzw. der Physik bieten dazu Beratung und Unterstützung an.

raupenzucht sowie der Seidenindustrie überhaupt kennen-zulernen. Mit Blick auf mögliche Geschäftsgelegenheiten, und um guten wissenschaftlichen Rat zu haben, nahmen sie Dr. Nylonskaya mit, die früher die Dorfapotheke geleitet hatte und seit ihrer Pensionierung eine regelmäßige Besucherin im Landhaus von Frau Silky geworden war. Häufig hatte sie Frau Silky auf ihren Spaziergängen begleitet, und beide teilten eine ähnliche wissenschaftliche Neugier ...

Unter Berücksichtigung des Gelernten und mit dem Gedanken, dass es hier eine Geschäftsmöglichkeit geben könnte, entschieden sie auf Anraten von Dr. Nylonskaya, einige vorausgehende Untersuchungen durchzuführen, um die Brauchbarkeit ihrer Idee zu festzustellen. Daher traten sie mit der Universität von Murcia in Kontakt, die ihrerseits entschied, dass es eine gute Lösung sein könnte, die Arbeit an die Teilnehmer der EUSO 2009 weiterzugeben. Das könnte einerseits als Basis für die Vergabe von Medaillen und Urkunden dienen, während andererseits die angefertigten Berichte in unterschiedlichen Sprachen verfügbar würden.

Jedes Team muss daher die folgenden Aufgaben ausführen.

## AUFGABE A

### Photometrieaufgabe

Dr. Nylonskaya wollte die biologischen Kosten ermitteln, die nötig sind, um erwachsene Seidenraupen zur Produktion von Seide zu erhalten.

Vor der Metamorphose müssen die Seidenraupen ausreichend Nährstoffe von den Maulbeerblättern erhalten, um neben anderen Prozessen zu wachsen und Proteine zu speichern, welche sie zum Spinnen des Seidenfadens, der selbst aus Proteinen besteht, benötigen. Deshalb beschloss die Gruppe, dass es interessant wäre, die Menge an Protein in einem Maulbeerblatt und in einem Seidenraupenkörper zu

bestimmen. Wenn man diese Werte sowie die Gesamtmasse einer Raupe und die durchschnittliche Masse eines Maulbeerbaumblattes kennt, sollte man die Gesamtmenge an Maulbeerblättern berechnen können, welche eine Seidenraupe während ihrer Lebenszeit zur Ernährung braucht.

## AUFGABE B

### Synthese von Nylon

Mr. Cottonfield glaubt nicht wirklich an die Investition in das Seidenraupengeschäft. Er denkt, dass die Seide einen kleineren Absatzmarkt hat als die günstigeren, künstlichen Fasern, die ähnliche oder sogar bessere Qualität besitzen und auch schon länger auf dem Markt sind. Er will Lady Silky überzeugen, dass diese Fasern leicht herzustellen sind und macht sich auch gleich an die Arbeit. Eine Literatur-recherche liefert ihm die Information, die er braucht.

## AUFGABE C

### Messung der Elastizitätsmodule von Seide und Nylon

Frau Silky möchte etwas über die mechanischen Eigenschaften von Seide und Nylon erfahren. Sie glaubt nämlich, dass Naturfasern oft fester sind. Zumindest hat sie diesen Eindruck nach dem Lesen einiger Fachartikel über Spinnenseide erhalten. Soweit sie sich erinnert, steht in einem der Artikel: Ein Spinnenfaden kann bis zu fünf Mal so fest sein, wie ein gleich dicker Draht aus Stahl. Man sagt sogar, dass ein Spinnenfaden dick wie ein Bleistift in der Lage sei, eine fliegende Boeing 747 zu stoppen. Ein Spinnenfaden kann auf mehr als seine 30-fache Länge gestreckt werden, ohne zu reißen. Es handelt sich dabei also um eines der stärksten bekannten Materialien überhaupt. Warum sollte man also nicht einmal die Eigenschaften von Seide und Nylon untersuchen?

---

# Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts

## Generalversammlung 2009

In der Hauptversammlung vom 19. November 2009 wurde der bisherige Vorstand wieder gewählt:

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

Obmann-Stv.: LSI Mag. Wolfgang Wurm

Schriftführerin: Prof. Mag. Dr. Helga Stadler

Schriftführer-Stv.: Gerald Grois

Kassierin: Prof. Mag. Maria-Magdalena Schäffer

Kassier-Stv.: Prof. Mag. Theodor Duenbostl

Kassenprüfer: HOL Werner Rentzsch

Kassenprüfer: Prof. Mag. Helmut Wanek

Da im Vereinsjahr 08/09 nur eine Ausgabe PLUS LUCIS erschienen ist und dank der Unterstützung der Fortbildungswoche durch die PH Wien, waren die Ausgaben geringer als im Vorjahr, so dass ein Überschuss erzielt werden konnte. Die Mitgliedsbeiträge befinden sich daher weiter auf dem Stand von 2001: 20 EUR für aktive Mitglieder, 15 EUR für Mitglieder in Pension, 5 EUR für Studierende und Karenzierte.

Schicken Sie uns Ihre Beiträge für PLUS LUCIS!

Von kleinen Unterrichtsideen bis zu großen Projekten gibt es im Land Vieles, was Kolleginnen und Kollegen Anregungen für den Unterricht bieten könnte. Die Leiter der Kompetenzzentren für Didaktik der Chemie, bzw. der Physik bieten dazu Beratung und Unterstützung an.

# Freihandversuche

Herbert Klingelmair

## Transformator

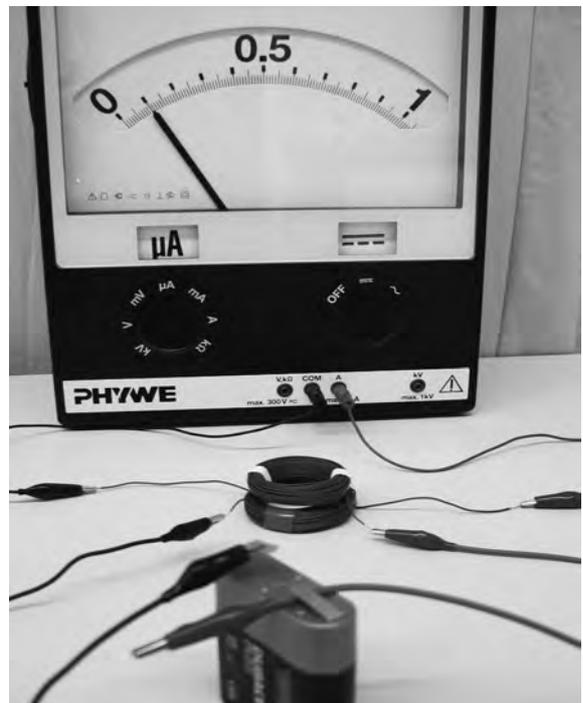
Um die Wirkungsweise eines Transformators zu zeigen, werden zwei „10-m-Ringe Schaltdraht isoliert“ (Dm. = 0,5 mm; ca. 70 Windungen; Enden abisoliert; [www.winklerschulbedarf.com](http://www.winklerschulbedarf.com), Art. Nr. 4258) übereinander gelegt. (Eine kleine geistige Gymnastik wäre, den Widerstand einer solchen Drahtrolle zu berechnen und mit dem Ohmmeter nachzuprüfen.)

Aus der einen Schaltdrahtrolle wird zusammen mit einer 4,5-V-Batterie ein (Primär-)Stromkreis gebildet, aber zunächst noch nicht geschlossen. Aus der anderen Rolle wird durch Verbinden mit einem Messgerät ein Stromkreis gebildet. Im Augenblick, in dem der Primärstromkreis an einem der Batteriepole geschlossen bzw. geöffnet wird, ist jeweils ein entsprechender deutlicher Ruck des Messgerät-Zeigers zu beobachten. Wenn wie im Bild ein Strommessgerät (z.B. Amperemeter mit Messbereich 1 Mikroampere) an die Sekundärspule angeschlossen ist, wird der Kurzschluss-Strom der Sekundärspule gemessen, bei Anschluss eines Spannungsmessers wird die an der Sekundärspule induzierte Spannung, welche die eigentliche Ursache für den Strom ist, gemessen.

Wird anstelle der Batterie ein handgetriebener Gleich(!)spannungsgenerator „Dynamot“ (Gambke-Physik, Art. Nr. 54850) eingesetzt und ein passender Weicheisenkern in die übereinander liegenden Drahtrollen geschoben, so ist einer im Sekundärstromkreis liegenden Glühlampe 3,8 V / 70 mA ein durchaus wahrnehmbares Flackern zu entlocken – verursacht durch ungleichmäßiges Kurbeln am Generator.

Schaltet man mittels einer Messstrippe mit Krokoklemmen ([www.winklerschulbedarf.com](http://www.winklerschulbedarf.com), Art. Nr. 4250) zwei Drahtrollen hintereinander (= Spule mit doppelter Windungszahl), so kann man bei Verwendung einer dritten Rolle und eines passenden Weicheisen-U-Kerns samt Joch sowie der entsprechenden Messgeräte die üblichen Beobachtungen hinsichtlich Primär- und Sekundärspannung bzw. -strom anstellen.

Bei Verwendung eines Netzgerätes im Primärstromkreis sollte eine zu starke Erwärmung des Drahtes vermieden werden.



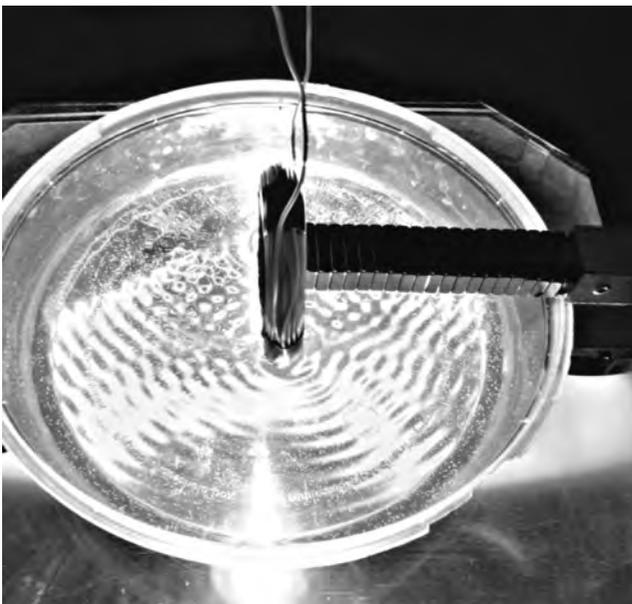
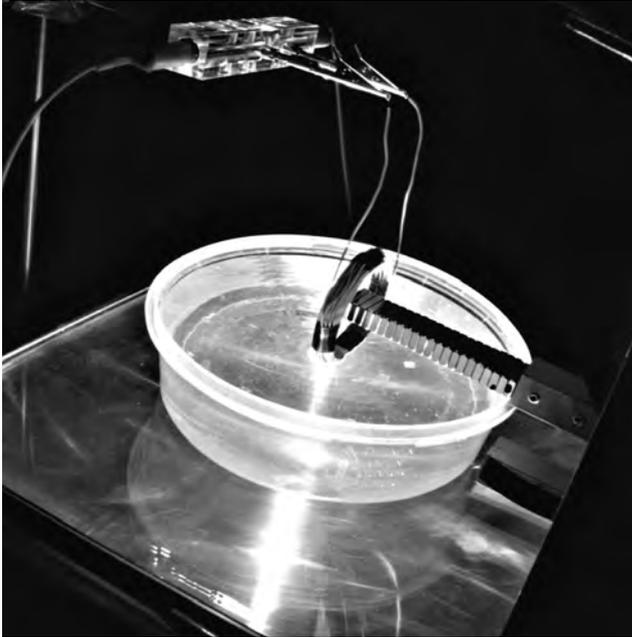
# Das Brummen sichtbar gemacht

Legt man an die Enden einer auf mitschwingender (hohler) Unterlage liegenden Rolle aus isoliertem Schaltdraht ([www.winklerschulbedarf.com](http://www.winklerschulbedarf.com), Art. Nr. 4258 – per Ring/Rolle 10 m) eine pulsierende Gleich- oder Wechselspannung von etwa 3 V und nähert der Mitte dieser Rolle einen Pol eines starken Dauermagneten (z. B. etliche NdFeB-Magnete von [www.conrad.at](http://www.conrad.at), Best.-Nr. 503622), so bemerkt man u. a. ein charakteristisches Brummen, sieht(?) aber nicht, wie dieses monotone Geräusch in Form von Schallwellen durch die Luft ans Ohr gelangt.

Es wird zwar nicht gelingen, den Schall in der Luft sichtbar zu machen, man kann sich jedoch mit einer auf dem Tageslichtprojektor platzierten wassergefüllten „wiederverwendbaren Haushaltsbox“ aus durchsichtigem PP behelfen.

Wird die an Stativmaterial (Stabelektrodenhalter, Verbindungsstecker, Klemmen, ...) hängende Drahtrolle ein wenig ins Wasser getaucht, der Stabmagnet in geeignete Position gebracht (z. B. Weicheisen-U-Kern aus [www.leybold-didactic.de](http://www.leybold-didactic.de) Kat.-Nr. 59321 als Halterung) und eine Wechselspannung von 3 V an die Spulenpole gelegt, verwandelt sich das ursprüngliche Brummgeräusch in ein an der Projektionsfläche passabel sichtbares Wellenmuster.

Der mit dem Fotoapparat festgehaltene, sozusagen eingefrorene „Wellensalat“ rückt das zu beobachtende Phänomen eher noch besser ins Licht als die unmittelbare Betrachtung. Eine Stroboskopbeleuchtung der Oberfläche würde ebenfalls die schnell wandernden Wellenfronten verlangsamt darstellen.



# Bücher

## Lust am Forschen

Lebensweg und Begegnungen

### Walter Thirring

Seifert-Verlag Wien 2008, 287 S.

CD mit Kompositionen von

W. Thirring beiliegend

ISBN: 978-3-902406-58-3

EUR 22,90

Ein Meisterwerk zeichnet sich durch die Einheit von Inhalt und Form als der sogenannte Gehalt aus. Es gelingt dem Autobiographen Walter Thirring, jedem einzelnen – Laie oder Experte – ein solches Kunstwerk zur „Droge Forschung“ (S. 185) in die Hand zu legen. Thirring vollzieht den Zusammenklang von Vermittlung physikalischer Forschungsprozesse und -erkenntnisse, eingebettet in den Kontext von Ahnen-, Lebens- und Zeitgeschichte mit der ihn auszeichnenden Musikalität und Originalität eines Meistererzählers.

Unnachgiebig zieht Thirring in seiner Autobiographie „Lust am Forschen“ den Leser bzw. die Leserin in seinen Bann, erlebt mit ihm/ihr Wege und Irrwege, Höhepunkte und wahrheitsgemäß dargestellte Abgründe der Zweifel, der fehlerhaften Umwege auf seinem unbeirraren Kometenanstieg in den zur Literatur gewordenen Forschungsergebnissen wie z.B. zur „Lieb-Thirring-Ungleichheit“ oder zum Ehrenaxiom „Lieb-Thirring-Vermutung“, zur Quantenfeldtheorie, zur Relativitätstheorie und zu vielen anderen.

Thirrings Leidenschaft gilt nicht nur dem Forschen, sondern auch dem Lehren; so lernt der Leser auf klar abgegrenzten, grau unterlegten Tafeln die Standard-Forschungsergebnisse kennen, die ihm leserfreundlich dargeboten werden, ergänzt um ein umfangreiches Personenregister, das jeder einzelnen am Forschungsprozess beteiligten Person die Wertschätzung einerseits durch Dokumentation des Namens, andererseits durch liebevolle, jedoch wahrheitsgemäße Kommentare zukommen lässt.

Beeindruckend ist Thirrings unterschwellige Frage nach dem Woher und dem Wohin, weniger nach dem Wozu: „Physics is like sex, it may have consequences, but that is not the reason why we do it.“ (S. 186), aber kennzeichnend ist dennoch die ihm eigene Forschungsleidenschaft „So musst du sein, dir kannst du nicht entfliehen... so bildet sich geprägte Form, die lebend sich entwickelt.“ (Goethe).

Vergleichbar einem Ostinato in der Musik lässt Thirring die Quelle der Ahnen, der Familie, z. B. des allzu jung verstorbenen, kriegsgefallenen Bruders Harald, vor dem Leser immer wieder neu anklingen bis hin zu der Aussage „dass mich das Pflichtgefühl meiner Familie gegenüber beeinflusste“ (S. 21f, 51ff, 184), so beispielsweise, wenn er sich ent-

gegen besser dotierten Universitätsberufungen entschieden für die Universität des Vaters, den Wiener Lehrstuhl, erklärte: „Ich hatte ja gesehen, dass mein Vater nach 1920 keine größere Leistung in theoretischer Physik aufzuweisen hatte, und Wien galt daher auf dem Gebiet als rückständig. Ich erinnerte mich (aber) an einen Brief meines Großvaters an meinen Vater, in dem er ihm aufgetragen hatte, dafür zu sorgen, dass der Name Thirring international einen guten Klang erlangte, und genau das wollte ich erreichen.“ (S. 145).

Dass es aber überhaupt dazu gekommen war, dass das „kleine Anhängsel Walter“ sich nicht leichten Herzens von der Lust an der Musik, an der Komposition „ich habe nur in Noten niedergelegt, was aus mir herausquoll (S. 259)“ trennte, war tief verwurzelt in dem Auftrag des an der Front gefallenen Bruders Harald, der sich in einer umfangreichen Feldkorrespondenz mit seinem vorhergesehenen Tod auseinandersetzte und dem kleinen Bruder nachhaltig den Auftrag auferlegte, die naturwissenschaftliche Tradition der Thirringschen Forschung stellvertretend für ihn fortzusetzen. (Letzter Feldpostbrief S. 54).

Angesichts des drohenden Fronteinsatzes erklärten Vater Thirring und Sohn Walter unter dem Eindruck des an der Front verlorenen Bruders gegenüber einem befreundeten Arzt folgenden Kunstgriff: Walter wurde ein gerade entnommener krankhafter Blinddarm eingesetzt, dessen Heilungsdauer ihn für drei Monate an das Lazarett band (S. 50ff); Walter selbst glaubte das verantworten zu können, indem er sich ernsthaft erstmalig der Herausforderung seines Bruders stellte und das ihm gegebene Versprechen dadurch einlöste, dass er sich das umfangreiche 600 Seiten umfassende Standardwerk der Physik in einem täglich verordneten Pensum von sieben Seiten einverleibte. Damit legte er zugleich die Grundlage für seine Karriere (S. 50).

Die gleiche Intelligenz setzte Thirring ein, als er sich bildungsbeflissen zur Fortbildung zum Funker beworben hatte und erst während der Aufnahmeprüfung erkannte, dass sein Erfolg ihn zwangsläufig zum Einsatz in der Waffen-SS verpflichten würde. Es gelang ihm mit mathematischer Strategie, die Variablen derart zu verändern, dass er unauffällig haushoch durch die Prüfung fiel und an die Front zurückgeschickt wurde (S. 40).

Zu Thirrings Geschichten, die Geschichte machten, gehört auch die Erfindung des „Sex-Appeals“ als Grundlagenmotiv für das „INTERNATIONAL ERWIN SCHRÖDINGER INSTITUTE FOR MATHEMATICAL PHYSICS“ in Gestalt des Schlagwortes „multidisziplinär“. Wie bei einem Krimi folgt der Leser den historischen, politischen, wissenschaftlichen und nicht zuletzt diplomatischen Schachzügen des Gründers Thirring und fühlt sich letztlich in Übereinstimmung mit ihm als der ewig Siegende, der aus dem Widerspruchsgeist geprägte kreative, wagemutige, zukunfts offene Mensch.

Wie sehr er, der Autor Walter Thirring, selber Mensch, Person, Mitmensch ist, belegt nicht nur der Untertitel des Buches „Lebensweg und Begegnungen“; vielmehr erlebt der Leser Thirrings inneres Bezogensein auf vergessene, veratene, verfolgte, verachtete Mitarbeiter, (er ist Anwalt der jüdischen Kollegen, der Parität interkultureller Forschungsteams u.a.) gleicher Weise wie andererseits auch verehrte Kollegen, wie Heisenberg, Einstein u.a.. Aber für Thirring ist jeder Mensch von gleicher Würde.

Nicht zuletzt verlangt Thirring sich die Disziplin ab, nur an zwei Stellen seine Familie, seine Frau und seine Kinder dokumentarisch zu benennen: seiner Frau, die als Scannerin im Institut arbeitet, schreibt er nach dreimonatiger Suche die Entdeckung des achten „ $\omega$ -Meson“ der Welt zu (S. 160) und gewährt einen Einblick in einen der regelmäßig zweimal wöchentlich geschriebenen Briefe an „meine allerliebste Helga“ (18.05.1952), in denen er Wege, Umwege, Zweifel, Fehler und deren Eingeständnisse offenbart: „Das war wohl der verzweifelte Teil der ganzen Zeit ...“ (S. 103). Zu den beiden Söhnen macht er die Anmerkung, dass es ihm durch den Sport gelungen sei, sie vor der „Wohlstandsverwahrlosung“ zu bewahren und sie nicht – wie mehrfach bei Kollegen erlebt, Drogen und anderen Bedrohungen erliegen zu lassen. Dazu gehört auch die erst nach erfolgreichen Schulleistungen erteilte elterliche Erlaubnis zum Fußballspiel für den jüngeren Sohn. Damit erwies sich das Problem als gelöst, und nicht ohne Ironie bemerkt der Vater, „sein Abschied wurde in der lokalen Presse bedauert, der meinige nicht“ (S. 183); wohlgemerkt, Thirring war langjähriger Direktor des von ihm gegründeten Welt-Forschungs-Instituts CERN in Genf und hatte das phantastische Angebot, dort lebenslang einen Ehrenplatz zur freien Forschung zu erhalten, ausgeschlagen, um aus der schon erwähnten „Pflicht gegenüber der Familie“ an den Wiener Lehrstuhl zurückzukehren, um trotz geringerer Dotierung den Lehrstuhl auszubauen, die Kosten des CERN nicht unangemessen zu erhöhen und anderen eine Chance einzuräumen.

Es ist und bleibt eine Lust Thirring zu lesen und mit ihm durch methodische Kunstgriffe wie Feedback aus Kollegensicht „Doing physics with Walter“ by Elliot Lieb (S. 201) sowie zahllose fiktive, z. B. über die „wichtigste Nebensache: Meine Bezüge (S. 153) nach der umfangreichen Korrespondenz oder Dialoge oder Übertragung von Spielen wie „Häschen in der Grube“ (S. 179) zur Erkenntnis wissenschaftlicher Experimente in komplexem physikalischen Gesetzen und Forschungs Herausforderungen Einblick zu gewinnen. Bei Thirring kann jeder lernen und last but not least, auch „hören“, denn die dem Buch beigegefügte CD lädt zu Thirrings Hausmusikvorspiel eigener Kompositionen ein, auf deren „Schwingungen die Vögel des Gartens“ antworten (S. ).

Der Leser fragt neugierig geworden, „wann“ und „wohin“ geht es weiter? Er selbst umschreibt das Gesagte mit der Newtonschen Erkenntnis, es sei nur die Muschel gefunden am unendlichen Meer des Unerforschten. Dazu bemerkt er im Interview auf die Frage, warum er sich als universeller Naturwissenschaftler nachhaltig der Frage nach dem Gottesbeweis im Buch „Kosmische Impressionen“ stelle:

Es sei der Widerspruchsgeist der Ahnen, der ihn herausfordere. Sie waren die als Christen Verfolgte, Verdrängte, Verachtete und lebten das Dennoch, bekannten an jedem neuen Ort als Mann oder Frau ihren Glauben. Darum stelle auch er sich der Suche nach Gott.“

Zitat: „Was immer wir uns für Bilder und Vorstellungen von dem Schöpfer abgerungen haben, wir schulden Demut und Anerkennung, dass wir in eine so wundervolle Welt hineingeboren sind.“ (S. 278)

Erika Schuchardt

**Prof. Dr. phil. habil. Erika Schuchardt:** Jahrgang 1940, war Professorin für Bildungsforschung und Erwachsenenbildung am Institut für Erziehungswissenschaften der Universität Hannover, langjährige Synodalin der Evangelischen Kirche in Deutschland, Vizepräsidentin der Deutschen UNESCO-Kommission, Mitglied des Deutschen Bundestags und seit 2000 der Enquete-Kommission »Recht auf Ethik der modernen Medizin«. Zu ihren populären Büchern zählt „Warum gerade ich...? – Leben lernen in Krisen“.

## Kompodium Chemiedidaktik

Michael A. Anton

Verlag Julius Klinkhardt  
Bad Heilbrunn, 2008  
14 x 21cm broschüriert  
ISBN 978-3-7815-1634-2  
ca. € 20,00

Das kompakte Buch des bekannten Münchner Chemiedidaktikers Michael A. Anton richtet sich an Lehramtsstudierende, Chemielehrkräfte („Lehrnovizen“ und „Routiniers“) genauso wie an Chemiedidaktiker. Dem Autor gelingt es in diesem Kompodium, den großen Bogen vom Bildungsauftrag des Chemieunterrichts über strukturelle Aspekte und konkrete Lehrinhalte (vom Kindergarten bis zum Gymnasium) bis hin zu Fragen nach gutem Chemieunterricht und seiner Didaktik zu spannen.

Das Buch bietet zahlreiche Anreize für Lehrpersonen, im Laufe der alltäglichen Unterrichtsarbeit inne zu halten und ihre Erfahrungen zu reflektieren. Grafiken helfen komplexe Zusammenhänge klarer zu sehen und strukturieren. Das Buch beginnt mit einem Zitat aus dem österreichischen (!) Chemielehrplan für die Oberstufe. Davon ausgehend diskutiert Michael Anton Aspekte eines (naturwissenschaftlichen) Bildungsbegriffes: Bildung, die sich beim Lernenden als „innerer Wohlstand“ ausdrückt, ist mehr als Wissen, das „zum Tausch gegen gute Noten“ geeignet ist.

Bildungsstandards, chemische Grundbildung, Erziehungsauftrag des Chemieunterrichts und damit verbundene pädagogische Potenziale werden angesprochen.

Im 2. Kapitel geht es um strukturelle Aspekte wie Stunden- und Lehrpläne. Die Notwendigkeit für kontinuierlichen Chemieunterricht über den gesamten schulischen Bildungszeitraum wird betont. Es fehlt auch nicht an Visionen für weitere Entwicklungsmöglichkeiten. Das dritte Kapitel des Buches „Guter Chemieunterricht als Herausforderung“ stellt das Herzstück dar und ist auch der umfangreichste und ausführlichste Abschnitt. Die Bedeutung des Experimentierens im Chemieunterricht, die einzelnen Phasen des Experimentalunterrichts und seine Einsatzmöglichkeiten werden umfassend dargestellt, begründet und an konkreten, praktischen Beispielen erläutert. Theorieunterricht und Praxisunterricht sind als gleichberechtigte Felder mit unterschiedlichen Zielsetzungen und Methoden zu sehen.

Der im Rahmen von IMST entwickelte Planungs- und Analyseraster für den Unterricht (PARU) wird vorgestellt. Ausführlich beschreibt und begründet der Autor, wie damit gearbeitet werden kann. Kapitel 4 widmet sich der Chemiedidaktik als Vermittlungswissenschaft. Eine Fülle an Forschungsfragen regt zum Denken an. Die beiden letzten Kapitel „Chemische Inhalte in unterschiedlichen Bildungsbe-reichen“ und „Erfahrungen mit Chemie im Alltag und an außerschulischen Lernorten“ runden das Buch mit vielen konkreten Beispielen aus der Schulpraxis ab. Es enthält schließlich eine Literaturliste „Chemie für Kinder und Jugendliche“ und ein umfangreiches Literaturverzeichnis.

„Kompendium Chemie“ ist ein grundlegendes, wenn auch - wie der Titel es anspricht - kurz gefasstes, und damit auch sprachlich anspruchsvolles Werk der Chemiedidaktik, das nicht (empirische) Studien in den Vordergrund stellt, sondern die Hintergründe des Bildungsauftrags des Chemieunterrichts beleuchtet, viele fachdidaktische Begriffe und deren Zusammenhänge klar stellt und an konkreten Beispielen erläutert und zum Nachdenken über den eigenen Unterricht und dessen Ziele anregt. Es sollte in keiner Chemie-Lehrbibliothek fehlen.

Edwin Scheiber  
unterrichtet an der Sir Karl Popper Schule in Wien IV und arbeitet am AECC Chemie der Universität Wien)

## Physik macht Urlaub

Rätselhafte Phänomene  
und spannende Experimente auf Reisen

**Bernhard Weingartner**

1. Aufl., geb., 208 Seiten  
Verlag Ueberreuter Wien  
ISBN 978-3-8000-7434-1  
EUR 19,95

Bernhard Weingartner hat 2008 den Fabelab Austria Bewerb gewonnen, indem er kurz und klar sein Forschungsgebiet Chaos und Selbstorganisation am Beispiel von blinkenden Glühwürmchen und dem Publikumsapplaus erklärte. Diese Fähigkeit demonstriert er in diesem Buch an Phäno-

menen des Alltags - soweit man singende Sanddünen und Monsterwellen noch zum Alltag zählen darf. Eingestreut in einen kurzweiligen Text sind kleine, meist verblüffende Experimente, die mit Haushaltsmitteln machbar sind, und deren Hintergrund in ausreichendem Detail aufgeklärt wird. Endlich ein populär geschriebenes Physikbuch, bei dem man froh von Seite zu Seite wandert, ohne fürchten zu müssen, regelmäßig auf die üblichen falschen Erklärungen zu stoßen. Im Gegenteil, diese werden aufgegriffen und widerlegt. Lediglich bei der Bemerkung, dass Schispringer am Übergang zum Schanzentisch von der Zentrifugalkraft in den Boden gedrückt werden, würde der Rezensent eher argumentieren, dass der weniger steile Schanzentisch dem Schispringer eine abrupte Richtungsänderung aufzwingt, die dieser mit der Kraft seiner Beine dem Schwerpunkt ver-mitteln muss.

Für physikinteressierte Jugendliche und für Lehrkräfte als anregende leichte Lektüre sehr zu empfehlen.

Helmut Kühnelt

## Sport und Physik

**Leopold Mathelitsch und  
Sigrid Thaller**

1. Auflage, 172 Seiten  
viele farbige Abb., CD-ROM.  
Aulis Verlag 2008  
ISBN 978-3-7614-2765-1  
EUR 29,00

## Sport und Physik

50 Arbeitsblätter mit Lösungen

**Theodor Duenbostl, Leopold  
Mathelitsch, Theresia Oudin  
und Sigrid Thaller**

1. Auflage, 92 S., Aulis Verlag 2008  
ISBN 978-3-7614-2766-8  
EUR 14,80

Nicht erst seit dem Fabelweltrekord im 100m-Lauf wird immer wieder – sogar in Zeitungen – darüber diskutiert, welche Leistungen der menschliche Körper bringen kann. Die Frage, ob vielleicht mit Medikamenten nachgeholfen wurde, liegt dabei immer direkt auf der Hand. In letzter Zeit immer häufiger waren aber Diskussionen zu hören, in denen physikalische Aspekte diskutiert wurden. In letzter Zeit waren das z. B. Sportarten wie Schwimmen, in den die Vorzüge der neuartigen Schwimmanzüge zu Weltrekorden führten oder auch das Speerwerfen. Das zeigt, wie eng physikalische Fragen mit Sport zusammenhängen.

Damit liegt natürlich nahe, sportliche Kontexte im Rahmen des Physikunterrichts zu thematisieren. Das erleichtert das

gerade erschienen Buch von L. Mathelitsch und S. Thaller: „Sport und Physik“. In sieben Kapiteln stellen die Autoren physikalische Aspekte verschiedenster Sportarten – vom Carving bis zum Weitsprung, vom Billard bis zum Wasserspringen – dar.

In sehr verständlich geschriebenen, kurzen Kapiteln wird dabei je ein Aspekt beleuchtet. Bei den Erklärungen beschränken sich die Autoren erfreulicherweise auf relativ einfache Konzepte: In der Regel genügt die Schulphysik. Das ermöglicht es auch, die Beiträge direkt an Schüler/innen z. B. zur Vorbereitung von Präsentationen zu verteilen. Besonders nützlich für den Unterrichtseinsatz wird das Buch durch die beigelegte CD-ROM. Darauf sind direkt passende Videosequenzen zu den meisten Sportarten enthalten, oft sogar in Zeitlupe. So ist es ganz einfach möglich, reale Situationen im Physiksaal zu demonstrieren und Kontexte aus dem Sport im Physikunterricht zu behandeln. Noch einfacher wird der Einsatz sportlicher Fragestellungen im Physikunterricht durch die Arbeitsblätter, die im zweiten Büchlein gesammelt sind. Passend zur Kapiteleinteilung des ersten Buchs finden sich hier viele – direkt kopierbare – Arbeitsanweisungen für Schüler/innen der Unterstufe. Beide Bücher zu „Sport und Physik“ stellen eine wertvolle Sammlung an Ideen und Unterrichtsmaterialien zu einem bisher eher stiefmütterlich behandelten Kontext dar. Sie sollten in keiner Schulbibliothek fehlen.

Martin Hopf

## Historische elektrische Apparate und Maschinen

Nachbauten von Franz Mock,  
Mechanicus / Krems

**Franz Pichler**

1. Aufl. 2009. 132 S., zahlr. Abb.,  
17 x 24 cm, brosch.  
ISBN 978-3-85499-633-0  
EUR 24,00

Historische elektrische Apparate und Maschinen, erzeugt von kunstfertigen Instrumentenmachern und Mechanikern, üben auf jeden an der Geschichte der Technik interessierten Betrachter eine Faszination aus. An solchen kann oft noch deren Funktion unmittelbar verstanden werden und die handwerkliche Kunst verdient die Bewunderung. Originale Geräte dieser Art können heute meistens nur noch in Museen besichtigt werden. Sammler und Liebhaber solcher Apparate und Maschinen können wegen der Seltenheit diese kaum noch für sich erwerben.

Franz Mock, von Beruf Werkzeugmacher und Sammler solcher Geräte, hat hier einen Ausweg gefunden. Er baut Geräte dieser Art möglichst originalgetreu für sich nach. Dieses Buch zeigt die Ergebnisse seiner Arbeiten über die Zeit von mehr als zwanzig Jahren zusammen mit Aufsätzen, die eine Unterstützung zur historischen Einordnung der Geräte geben können.

Die ersten 40 Seiten des Büchleins dokumentieren unterstützt durch hervorragende Farbbilder die Arbeit von Franz Mock. Durch funktionsfähige Nachbauten kann die Wirkungsweise und Genialität so manchen Geräts erst verstanden werden. Die Palette reicht von der Voltasäule bis zum Radioempfänger der 1920er Jahre.

Die restlichen zwei Drittel des Buches umfassen Beiträge der Verfassers zur Frühzeit der Telekommunikation und elektrische Motore. Damit steht 100 Jahre nach der Verleihung des Physik-Nobelpreises an Braun und Marconi ein lezenswerter Beitrag zur Technikgeschichte zur Verfügung.

Helmut Kühnelt

## Naturwissenschaften Mathematik Technik – immer unbeliebter?

**Gottfried Merzyn**

1. Aufl. 2008, 158 S.,  
Schneider-Verlag, Hohengehren,  
brosh. ISBN-13: 978-3834004499  
EUR 18,00

Mindestens 4 Jahrzehnte an Untersuchungen verschiedenster internationaler Autoren sind die Grundlage zu Merzyn's Kritik am gegenwärtigen Unterricht aus Mathematik und den Naturwissenschaften, wobei die Biologie zumindest in der Unterstufe nicht so stark wie die anderen Nawi-Fächer von der Mehrheit der Schülerinnen und Schüler abgelehnt wird. Dieser Ablehnung des Unterrichts steht ein großes Interesse an Jugendsendungen, an Science Centern etc. gegenüber.

Eingehend befasst sich der Autor mit der Praxis des Physik- und Chemieunterrichts. Er zeichnet das Bild eines Unterrichts nach, der sich an künftigen Wissenschaftlern orientiert und die naturwissenschaftliche Allgemeinbildung vernachlässigt. Nach 150 Seiten Analyse folgen 6 Seiten Vorschläge, die alle nicht wirklich neu sind, deren (Teil-)Erfolge in verschiedenen Entwicklungsprojekten der letzten Jahre – in der BRD Sinus und die Nachfolge Projekte Physik/Chemie/Biologie im Kontext, in Österreich IMST mit den Entwicklungsprojekten im IMST-Fonds – dokumentiert sind, und die in höherem Maß als bisher in die Lehreraus- und -weiterbildung einfließen müssten. Zu IMST gibt es die von Konrad Krainer herausgegebene Buchreihe im StudienVerlag, jedoch wäre eine kritische Außensicht vor allem auch der deutschen Projekte die logische Fortsetzung der vorliegenden Analyse.

Das Buch liefert viele Denkanstöße und sollte in keiner fachdidaktischen Bibliothek fehlen.

Helmut Kühnelt

## **Kosmisches Wissen von Peurbach bis Laplace**

**Franz Pichler  
Michael v. Renteln (Hg.)**

1. Aufl., ix + 177 S., zahlreich Abb.  
SW, brosch., Universitätsverlag  
Rudolf Trauner Linz 2009.  
ISBN 978-3-85499-449-7  
EUR 19,00

Als Band 15 der Schriftenreihe Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik liegen nun die Vorträge des Peurbach-Symposiums 2008 vor. Der in PLUS LUCIS schon mehrfach erwähnte berühmte Mathematiker des 15. Jahrhunderts Georg Aunpekh von Peurbach (1423-1461) stand zwar auf dem Boden des ptolemäischen Weltbilds, vermutete aber – wie Friedrich Samhaber in seinem Beitrag betont, dass der Erdschwerpunkt seine Lage laufend ändere, da sich die Position des Polarstern seit der Antike verändert hatte. (Die weiteren Schwankungen der Erdachse auf Grund der relativen Neigung der Mondbahn und von jahreszeitlichen Massenverlagerungen konnten zu seiner Zeit noch nicht beobachtet werden.) Dem Generalthema „Kosmisches Wissen im Wandel der Zeiten“ entsprechend spannt sich der Bogen der Beiträge von den Finsternisberechnungen in Babylonien über die Schilderung einer fiktiven Weltraumfahrt (1656 – nur 23 Jahre nach Galileis Prozess!) durch den Jesuiten Kircher, über Biographie und wissenschaftliche Leistung des Paul Guldin zu einer umfangreichen Darstellung der Entwicklung des Rechnens von Peurbach bis Newton. Einige weitere Beiträge runden den Blick in die Wissenschaftsgeschichte Mitteleuropas ab. Insgesamt ergibt sich eine anregende Lektüre, die auch jüngeren Lesern die wissenschaftlichen Leistungen vergangener Generationen an Beispielen nahe bringen kann.

Helmut Kühnelt

## **cliXX PhysBeans**

Physikalische Simulationen  
mit Java-Applets

**Peter Junglas**

2008, zahlreiche Abbildungen  
kartoniert, CD-ROM (Version 1.0)  
mit Begleitbuch  
ISBN 978-3-8171-1808-3  
EUR 36,00

Die vom Autor als Open-Source entwickelte PhysBeans-Bibliothek ermöglicht es, ohne Programmierkenntnisse Applets zu konstruieren, um sie als Simulationen in Lehrveranstaltungen einzusetzen.

Im ersten Teil von Buch und CD-ROM werden nach einigen grundsätzlichen didaktischen Überlegungen zum Einsatz und zur Gestaltung von Applets über hundert direkt einsetzbare Beispielpprogramme aus verschiedenen Gebieten der Physik vorgestellt, jeweils im Kontext konkreter Lehr-

situationen. Im zweiten Teil wird gezeigt, wie man mit der PhysBeans-Bibliothek eigene Simulationsprogramme erstellt. Anhand mehrerer, zunehmend komplexerer Beispiele werden alle nötigen Schritte bis zum vollständigen Applet so ausführlich erläutert, dass man sie mit Hilfe der auf der CD enthaltenen Werkzeuge nachvollziehen kann.

Die Erweiterung von PhysBeans um eigene Bausteine ist Thema des abschließenden Kapitels, für dessen Verständnis Java-Kenntnisse erforderlich sind.

Eine vollständige Übersicht aller Bausteine von PhysBeans gibt der Anhang.

Helmut Kühnelt

## **Mathematische Grundlagen für das Lehramtsstudium Physik**

**Franz Embacher**

2008. 460 S.  
Mit 64 Abb. Brosch.  
ISBN: 978-3-8348-0619-2  
EUR: 29,90

Fast alles, was Physikstudierende - nicht nur des Lehramts – am Beginn des Studiums brauchen, hat Franz Embacher in diesem nicht gerade schlanken Band zusammen gestellt. Entstanden ist das Buch aus der Notwendigkeit, jenen Studienanfängern des Lehramts Physik, die nicht Mathematik als zweites Fach gewählt haben, das notwendige mathematische Rüstzeug zu vermitteln.

In 19 Kapiteln geht es von den komplexen Zahlen über Taylorreihen, Fehlerrechnung, Felder, Vektoranalysis, Integralrechnung, Lineare Algebra zur elementaren Wahrscheinlichkeitsrechnung und Fourierzerlegungen. Die Sprache ist einfach und wendet sich direkt an die Leser. Eingestreut sind Aufgaben, die gelegentlich auch mittels eines Computer Algebra Systems zu lösen sind, womit die Bedeutung dieses Hilfsmittels hervorgehoben wird. Ein Bezug zu physikalischen Problemen ist meist dabei.

Bei Büchern dieser Art fällt das völlige Fehlen von Beweisen auf. Beweise machen aus Rechenkunst erst Mathematik – aus Glauben wird durch mathematische Beweise Gewissheit – und ein gelegentlicher Exkurs zu einem einfachen Beweis würde die Bedeutung der Mathematik für die Physik jenseits einer kompakten Notation deutlicher machen.

Für Studierende erscheint dieses Buch eine geeignete Hilfe, um den Sprung von der Schulmathematik zur „physikalischen Mathematik“ zu machen. Zudem ist es weniger teuer und gewichtiger als das 1,6 kg schwere – und trotzdem empfehlenswerte – Buch „Mathematische Methoden in der Physik“ von C. B. Lang und N. Pucker.

Helmut Kühnelt

## Der kosmische Detektiv

Auf der Suche nach den Geheimnissen  
des Universums

**Mani Bhaumik**

1. Aufl., übers. von Chr. Winkelmann. 96 S., 62 farb. Abb., brosch.  
Seifert Verlag Wien 2009  
ISBN 978-3-902406-65-1  
EUR 12,00

Zum Weltjahr der Astronomie 2009 schrieb Dr. Mani Bhaumik für die Kinder von Bengalen ein kompaktes Büchlein über die Suche nach den Geheimnissen des Universums. Von Kind auf fasziniert vom Sternenhimmel legt er in einem Taschenbuch das heutige Wissen über Sterne, Planeten, Galaxien und die derzeitigen kosmologischen Vorstellungen vor. Wenn es auch eher der Ergebnisbericht vieler astronomischer Detektive als ein Blick in die Arbeitsweise des Detektivs ist, so ist das Buch in seiner Knappheit gut lesbar und wird so manchen – jungen oder jung gebliebenen – Leser dazu verführen, sich mehr Information zu besorgen. Im Gegensatz zu Bhaumik's früher erschienenen Buch *Code Name God* ist hier seine Biographie sehr kurz gehalten. Die ist jedenfalls eindrucksvoll. Aus ärmsten Verhältnissen stammend gelangte der wissbegierige Junge nach dem Studium der Physik am Indian Institute of Technology 1959 mit einem Stipendium in die USA, wo er schließlich als Industriephysiker mit der Entwicklung des Excimer-Lasers bekannt wurde. Diese Laserart wird in der Medizin verwendet, beispielsweise zur Hornhautkorrektur. Nun investiert er seine Patenterträge in Bildungsprojekte und ist Hauptsponsor des Astronomiejahrs.

Dem mit schönen NASA-Bildern illustrierten Text hat in der deutschen Ausgabe Prof. W. Thirring ein Vorwort mit auf den Weg gegeben.

Helmut Kühnelt

## Laser

Grundlagen und Anwendungen  
in Photonik, Technik, Medizin  
und Kunst

**Dieter Bäuerle**

1. Auflage, 2008. x + 204 Seiten,  
geb., Wiley-VCH, Berlin  
ISBN-10: 3-527-40803-7  
EUR 49,90

Das vorliegende Buch ist ein populärwissenschaftliches Werk mit passendem Tiefgang. Es ist so geschrieben, dass es für Schülerinnen und Schüler der Oberstufe gut lesbar ist, ohne jemals den Wissenschaftsanspruch aufzugeben. Es sollte daher in jeder Schulbibliothek zu finden sein.

Dieter Bäuerle, Vorstand des Instituts für Angewandte Physik der Johannes-Kepler-Universität Linz, gliedert sein Buch in fünf Teile. Im ersten Teil werden auf zirka fünfzig Seiten

die Grundlagen der Lasertechnik Schritt für Schritt dargelegt. Es schließen sich die Anwendungen in der Unterhaltungs-, Druck und Informationstechnologie an. Im dritten Teil wird die Bedeutung des Lasers in der industriellen Fertigung beschrieben. Messtechnik, chemische Analyse und Umwelttechnik sowie Lasermikro- und Laser-Nanoskopie folgen. Der abschließende fünfte Teil widmet sich Fächer verbindend den Anwendungen der Lasertechnik in Biologie, Medizin und Kunst. Durch diese Gliederung muss man das Buch nicht von vorne in strikter Abfolge lesen. Man kann, wenn einem die Grundlagen klar geworden sind, von Teilgebiet zu Teilgebiet je nach Interesse „hüpfen“. Und die Themen, in die man sich vertiefen kann, sind in großer Zahl vorhanden. Nach der Lektüre der fast 200 Seiten hat man verstanden, wie CDs und DVDs „funktionieren“, wie Strichcode-Lasergeräte arbeiten, wie Flachbildschirme zu ihrem Bild kommen oder wie man mit dem Laser am Auge operieren kann. Und auch Teleportation und Quantencomputer werden angesprochen. Die Skizzen tragen wesentlich zum schnellen Verständnis bei, da sie sehr klar sind und sich auf das Wesentliche beschränken. Sehr hilfreich ist das Glossar, das zahlreiche Definitionen enthält und viele Fachbegriffe erläutert. Didaktisch bestens aufbereitet besticht das Buch auch durch die lesbare Sprache und erleichtert jedem Physiklehrer die Vorbereitungsarbeit.

Leo Ludick

## Aufbruch in den Weltraum

Geheime Raumfahrtprogramme,  
dramatische Pannen und faszinierende  
Erlebnisse russischer Kosmonauten

**Gerhard Hertenberger**

2009, 200 Seiten, illustriert (s/w).  
Seifert Verlag Wien  
ISBN: 978-3-902406-63-7  
EUR 19,90

In diesem Buch werden wir Zeugen der ersten sowjetischen Raumflüge, um die sich viele Gerüchte ranken. Der Westen wusste kaum etwas von jenen mysteriösen Raumfahrt-Missionen, denn die Archive gaben ihre Geheimnisse erst nach dem Zerfall der Sowjetunion preis, und die offizielle Propaganda berichtete nur von Erfolgen: Wir lesen von Raumfahrern, die auf einer brennenden, fast schon explodierenden Rakete sitzen, oder von einer Raumkapsel, die auf den Eisschollen eines zugefrorenen Sees landete. Die Helden dieser Expeditionen sind russische Kosmonauten, die sich dem Unbekannten stellten und haarsträubende Situationen mit Mut und höchstem Können bewältigten. Erstmals wird hier einem deutschsprachigen Publikum in allgemein verständlicher Weise die aufwändige Archivarbeit dokumentiert, die nicht nur Einblicke in ganz persönliche Weltraum-Erlebnisse gewährt, sondern ein völlig neues Bild der frühen russischen Weltraumprogramme zeichnet.

Helmut Kühnelt