PISA 2000 - und was folgt daraus?

Wie soll man die Ergebnisse von PISA 2000 betrachten? Leistungen am oberen Rande des Mittelfeldes! Soll man sich freuen über die gute Position innerhalb Mitteleuropa, oder sich fragen, wie denn die Finnen so gute Leistungen zustande bringen und doch anscheinend die Schwachen stützen können?

Was will das Programme for International Student Assessment (PISA) eigentlich testen? In Hinblick auf die Notwendigkeit lebenslangen Lernens wird die Fähigkeit, Informationen auf zu nehmen, zu bewerten und in neuen Zusammenhängen anzuwenden, als wichtiges Bildungsziel auf der Stufe der 15Jährigen angesehen.

Als Lesekompetenz wird definiert die Fähigkeit, *"geschriebenen Texte zu verstehen, zu nutzen und über sie zu reflektieren, um eigene Ziele zu erreichen, das eigene Wissen und Potential weiter zu entwickeln und am gesellschaftlichen Leben teil zu nehmen."*

Als Ziel der mathematischen Bildung wird angesehen, *"die Rolle zu erkennen und zu verstehen, die die Mathematik in der Welt spielt, fundierte mathematische Urteile abzugeben und sich auf eine Weise mit der Mathematik zu befassen, die den Anforderungen des gegenwärtigen und künftigen Lebens einer Person als konstruktivem, engagiertem und reflektierendem Bürger entspricht."*

Weiters wird es als wichtig angesehen, dass die Bevölkerung eine naturwissenschaftliche Bildung erhält, die es erlaubt, *"naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, die die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen."*

Diese Ziele werden mit Aufgabenstellungen aus Alltagssituationen abgeprüft, wobei zu einer Grundinformation mehrere Fragen unterschiedlicher Schwierigkeit gestellt werden. Dadurch ist eine abgestufte Beurteilung möglich. Entsprechend der erzielten Leistung wurden 5 Kompetenzstufen definiert, wobei die mittlere das von der Mehrheit der Schüler idealerweise zu erreichende Niveau sein sollte. Bei der Lesekompetenz ist dies, Zusammenhänge zwischen mehreren Textteilen herstellen, die Hauptidee identifizieren und aus konkurrierenden Informationen isolieren zu können. Entsprechend sind Schüler bei Stufe 3 in Mathematik und Naturwissenschaften fähig, das zur Problemlösung notwendige Werkzeug selbst zu wählen.

Interessant ist ferner gerade aus der Sicht des Naturwissenschafters, dass bereits im Bereich *Allgemeine Lesefähigkeit* neben der Beschäftigung mit längeren Texten auch der Umgang mit Tabellen und Graphen gefordert wurde. (Ein Beispiel finden Sie in diesem Heft auf S. 17.)

Aus dem Ergebnis zur Lesekompetenz sei auf drei Fakten hingewiesen. Sie korreliert weitgehend mit den beiden anderen getesteten Fähigkeiten. Während in Finnland (praktisch nur Schüler mit finnischer Muttersprache) 79% die Lesekompetenzstufe 3 erreichen oder überschreiten, sind dies in Österreich (mit ca. 7% Migrantenkindern) 64%, in der BRD nur 55%. Die Mädchen übertreffen in allen Ländern die Buben beim Lesen, was sich in der Mathematik umkehrt, während bei den Naturwissenschaften kaum Unterschiede bestehen.

Zu erwähnen ist noch, dass zwischen den Schulnoten und den keineswegs schultypischen Aufgaben eine Korrelation besteht. So betragen die Mittelwerte in der Naturwissenschaftskompetenz etwa für AHS-Schüler in den Noten von Sehr gut bis Genügend: 604, 576, 564, 550 (für BHS: 571, 558, 559, 537). Mit über 20% Sehr gut in den Naturwissenschaften an AHS und BHS sind diese im Gegensatz zur Mathematik keine Selektionsfächer. Letztere erweist sich besonders an BHS mit 37% Genügend und Nicht genügend als Klippe.

Eine ausführlichere Analyse folgt in einem der nächsten Hefte.

Also was tun? Zufrieden sein und die Hände in den Schoß legen? SC DI Werner Heuritsch ist anderer Meinung. Es muss mehr geschehen als bisher, die vor allem im BHS-Bereich immer wieder erfolgten Stundenkürzungen müssen ein Ende haben - ist dies angesichts dauernder Einsparungen realistisch? Vor allem sollte der Unterricht zeitgemäß und der gewandelten Klientel entsprechend gestaltet werden. Zur Unterstützung der durch TIMSS ausgelösten Bemühungen im Rahmen des Projekts IMST^2 wird daher - mit MR Dr. Dorninger als Geburtshelfer - ins Leben gerufen:

Die Naturwissenschaftswerkstatt (NWW)

Primäre Aufgabe der NWW ist die Unterstützung von Lehrkräften bei der Entwicklung und Dokumentation guter Unterrichtspraxis im Bereich der naturwissenschaftlichen und mathematischen Fächer an AHS (Oberstufe) und BHS, sowie die Verbreitung dieser Beispiele. Die Unterstützung und organistorische Förderung der Teilnahme an nationalen und internationalen Wettbewerben ist eine weitere Aufgabe. Die Abgrenzung zu IMST^2 ist eher unscharf, es sollen jene Lehrkräfte angesprochen werden, die in den vier Schwerpunktprogrammen für sich keinen Platz gesehen haben. Jedenfalls werden zusätzliche Mittel auf mindestens zwei Jahre zur Verfügung gestellt. Mit einer Auftaktveranstaltung (Programm auf S. 2) am 7. Oktober 2002 beginnt die Arbeit. Wollen Sie sich beteiligen? Kommen Sie zum Auftakt!

Kleiner Rückblick

Kommt auch Ihnen ein Intervall von 9 Monaten seit der letzten vollen Nummer von PLUS LUCIS lange vor? Es hat sich einiges getan - und dies ist auch der Grund für die lange Pause, die der Herausgeber bedauert.

Die Fortbildungswoche war mit 500 Anmeldungen zum Seminarprogramm die stärkst besuchte, die Mitarbeit in IMST^2 ist aufwendiger als je erwartet, die Vorarbeiten zu NWW haben das Zeitbudget nicht vergrößert und der Lehrgang Pädagogik und Fachdidaktik/Nawi ist zum dritten Mal erfolgreich beendet - der nächste Durchgang beginnt im Herbst 2003.

Abschließend eine Bitte: Berichten Sie über Ihre erfolgreich umgesetzten Ideen!

Ich wünsche Ihnen einen guten Beginn des nächsten Schuljahres mit vielen neuen Ideen Ihr Helmut Kühnelt

Aktuelles

Auftaktveranstaltung Naturwissenschaftswerkstatt

Eingeladen sind Lehrkräfte (AHS-Oberstufe und BHS) Biologie, Chemie, Physik, Mathematik und verwandte Fächer, die an einer schülerorientierten Weiterentwicklung ihres Unterrichts arbeiten wollen und Wissen und Erfahrungen weitergeben wollen. PISA 2000 hat trotz des guten Abschneidens österreichischer Schülerinnen und Schüler gegenüber anderen mitteleuropäischen Ländern ein Manko im Vergleich etwa zu den skandinavischen Ländern gezeigt. Um die bestehenden Ansätze für guten Unterricht weiter zu entwickeln und zu verbreiten, lädt das BMBWK zur Mitarbeit in der Naturwissenschaftswerkstatt ein. Dieses Projekt ist zunächst auf 2 Jahre angelegt und soll die Bemühungen von IMST² ausweiten.

Ort: Höhere Lehranstalt für chemische Industrie, 1170 Wien, Rosensteingasse 79

Zeit: 7. Oktober 2002, 9:30 - 17:00

Vorläufiger Veranstaltungsplan:

9:00 - 9:30: Registrierung, Möglichkeit zum Aufbau der Stände des Ideenmarktes
9:30 - 10:00: Eröffnung der NWW durch das Ministerium
10:00 - 10:05: "Magnetische Pole mit Herz" (Eine physikalische Liebesgeschichte) Präsentation von Schülerinnen der HLWT Neusiedl am See; Mag. Andrea Kiss
10:05 - 11:00: "Welche Naturwissenschaft braucht der gebildete Mensch?"
Univ.-Prof. Dr. Ernst P. Fischer, Universität Konstanz
11:00 - 11:20: Kaffeepause
11:20 - 12:00: "Ziele und Zweck der Naturwissenschaftswerkstatt", a.o. Univ. Prof. Dr. Helmut Kühnelt, "Erfahrungen aus IMST² ", Univ. Prof. Dr. Konrad Krainer
12:00 - 13:00: Mittagsbuffet
13:00 - 14:00: Präsentationen der laufenden Projekte der NWW, Führung durch die Postersession
14:00 - 14:45: Ideenmarkt für neue Projekte, Posterpräsentation von Innovationen und Projekten bzw. "good practice" durch die Teilnehmer
14:45 - 15:50: Workshops in 2 Durchgängen
15:50 - 16:15: Kaffeepause, Ausgabe der Evaluationsbögen
16:15 - 17:00: Experimentalvortrag Dr. Viktor Obendrauf
17:00 - 17:20: Rückgabe der Evaluationsbögen.

Anmeldung und aktuelle Informationen erfolgen über http://www.physicsnet.at/nww/.
Mit BMBWK-Erlass Zl. 16.700/206-II/10/2002 wird die Teilnahme empfohlen.

Das Projektteam:
Dr. Veronika Ebert, HChemLA Wien-17,
Dr. Christian Gottfried, HGraphLA Wien-14,
Mag. Andrea Mayer, BORG-Graz, Hasnerplatz,
Mag. Johann Wiesinger, HBAL Ursprung, Salzburg,
Ao. Univ.-Prof. Dr. Helmut Kühnelt

Brennpunkt Naturwissenschaften - Wo brennt es?

Gedanken der Dekanin o. Univ.-Prof. Dr. M. Popp zum Aktionstag der Nawi-Fakultät der Universität Wien im Juni 2002.

Es gibt derzeit viele aktuelle, brennende Probleme an der Universität, aber darüber hinausgehend die permanente Notwendigkeit, die naturwissenschaftliche Forschung und Lehre entsprechend zu positionieren.
Das Grünbuch der österreichischen Forschungspolitik 1999 beginnt mit dem Satz "Wissenschaft und Forschung sind kulturbildende Tätigkeiten...". Dieses begrüßenswerte Bekenntnis zur Grundlagenforschung, das zweckfreien Erkenntnisgewinn mit künstlerischen Schöpfungen auf eine Stufe stellt, wird in der Praxis jedoch kaum beherzigt.
"Forschung muß monetarisierbar sein" lautete der Titel eines Berichtes vom Forum Alpbach im letzten Sommer. Nur Projekte mit "Hebelwirkung", d.h. solche, die aufgrund ihrer Anwendungsorientiertheit sogleich auch Förderung von der Industrie erhalten, sind in den hohen Gremien der zuständigen Ministerien bzw. bei der EU gefragt.
Natürlich sollen derartige Kooperationen entsprechend unterstützt werden, aber die Grundlagenforschung, die langfristig die Basis für jeglichen Fortschritt legt, darf dabei nicht auf der Strecke bleiben.

Als Botanikerin möchte ich dies mit einem Gleichnis aus der Pflanzenwelt belegen:

Wenn man im März Radieschen sät, so hat man wenige Wochen später im Mai/Juni eine Ernte. Wenn man in diesem Frühjahr Weinstöcke auspflanzt, bekommt man in 4 bis 5 Jahren die ersten Trauben der Jungfernlese. Wenn man Olivenbäume oder Dattelpalmen setzt, so stellen sich die Erträge erst in 30, 40, Jahren ein.
Dürfen wir nur mehr Radieschen säen?

Die Diskussionen über Grundlagenforschung und angewandte Forschung scheinen schon lange die Gemüter zu bewegen. Von Louis Pasteur ist folgender Ausspruch überliefert: "Es gibt nicht Grundlagenforschung und angewandte Forschung, es gibt nur gute und schlechte Forschung". Prof. G. Schatz (Präsident des Schweizer Forschungsrates) empfiehlt eine Einteilung in kurz-, mittel- und langfristige Forschung, wobei speziell letztere an der Universität beheimatet sein sollte.
Gute, langfristige Forschung und forschungsgeleitete Lehre stehen im Mittelpunkt der Aktivitäten der NAWI-Fakultät. Die Studierenden sind dabei Leistungsempfänger und Leistungsträger und nicht "Kunden", wie derzeit oft in unzutreffenden Vergleichen statuiert wird.

Die Universität als Institution besonderer Art und die NAWI-Fakultät als wichtige Forschungsstätte darzustellen, ist Ziel des Aktionstages ‘brennpunkt.naturwissenschaften’.

Neuer Studienplan - Lehramt Physik an höheren Schulen

Helmut Kühnelt

Seit zwei Jahren ist an der Universität Wien - und ähnlich an den Universitäten Graz, Linz, Innsbruck und TU Wien - entsprechend dem Universitätsstudiengesetz 1997 ein neuer Studienplan in Kraft.

Das UniStG 97 brachte als wesentliche Änderung die Abgrenzung der Lehramtsstudien von den fachwissenschaftlichen Studien. Daher hat das LA-Studium Physik ein gestärktes pädagogisches und fachdidaktisches Profil erhalten. So ist auch nicht mehr die Studienkommission Physik zuständig, sondern eine einzige Studienkommission für alle Lehramtsstudien der naturwissenschaftlichen Fakultät, d.i. Physik, Chemie, Biologie und Umweltkunde, Ernährungslehre, sowie Mathematik - die Informatik spielt durch die Beteiligung mehrerer Fakultäten eine Sonderrolle. Sämtliche Unterrichtsfächer (auch die Biologie) sind kombinationspflichtig und können mit allen anderen Unterrichtsfächern (auch anderer Fakultäten) kombiniert werden.

Da in der Öffentlichkeit aus Informationsmangel immer wieder eine Reform der Lehrerausbildung gefordert wird, sollen hier kurz die wesentlichen Neuerungen dargestellt werden. Auch ist dies gedacht als erste Information für Interessenten am LA-Studium Physik, das eines jener LA-Studien ist, die eher zu wenig Absolventen hervorbringen. (Details sind unter http://www.exp.univie.ac.at/allg/stdplan/stdplan.html zu finden.)

Ziel der Ausbildung

Ziel ist die fachliche, fachdidaktische und pädagogische Berufsausbildung einschließlich einer schulpraktischen Ausbildung in zwei Unterrichtsfächern. Durch ein breites, wissenschaftlich fundiertes Grundlagenwissen sollen die Absolventen in der Lage sein, der wissenschaftlichen Entwicklung des Faches im Berufe zu folgen und ihren Unterricht eigenständig zu aktualisieren. Die Studien orientieren sich am Forschungsgegenstand der einzelnen Fächer und am Lehrplan der höheren Schulen.

Die Forderungen an die Kompetenzen der Absolventen sind in der Studienplanpräambel recht hoch gesteckt. So sollen sie u.a. imstande sein, ihr Fach in interdisziplinäre Zusammenhänge zu stellen.

Gliederung des Studiums

Zwei Studienabschnitte von 4, bzw. 5 Semestern Dauer werden jeweils durch Diplomprüfungen (im ersten Abschnitt in der Regel durch Einzelprüfungen) abgeschlossen. Das 9. Semester sollte zur Durchführung der Diplomarbeit dienen. Effektiv bedeutet dies, dass für jedes Fach insgesamt 2 Studienjahre zur Verfügung stehen, und dass darin auch noch die pädagogische Ausbildung unterzubringen ist.

Die Diplomarbeit kann entweder eine wissenschaftliche oder eine fachdidaktische Frage aus einem der beiden Unterrichtsfächer zum Thema haben. Das Thema sollte innerhalb von 6 Monaten in ausreichendem Maße bearbeitbar sein.

Die zweite Diplomprüfung wird nach Approbation der Diplomarbeit durch zwei etwa 30minütige Prüfungen aus den einzelnen Fächern vor einem Prüfungssenat abgeschlossen.

Pädagogisches Studium

Dieses dient der pädagogisch-wissenschaftlichen Berufsvorbildung (PWB) mit insgesamt 14 Semesterwochenstunden und der schulpraktischen Ausbildung (SPA) mit 11 Semesterwochenstunden. Das pädagogische Studium soll die Fähigkeit zu wissenschaftlichem Denken in den Erziehungswissenschaften, zu methodisch geleitetem Planen, Durchführen und Evaluieren von Unterricht, zur Weiterbildung und zur "Einnahme einer pädagogischen Haltung gegenüber den Lernenden und zur Teamarbeit mit anderen Lehrenden" vermitteln.

Die schulpraktische Ausbildung im 2. Studienabschnitt umfasst ein pädagogisches Praktikum von 45 Einheiten zur Einführung in Beobachtung und Auswertung, bzw. Planung und Durchführung von Unterricht mit selbständigen Unterrichtssequenzen. Jedes der beiden anschließenden fachbezogenen Praktika umfasst neben einem begleitenden Seminar von 15 Einheiten 45 Einheiten mit Unterrichtsbeobachtungen, Vor- und Nachbesprechungen und schließt mindestens 5 Stunden selbständigen Unterricht ein.

Paradoxerweise verkürzt die Schulbehörde den fachdidaktischen Teil des Unterrichtspraktikums beispielsweise in Tirol - wo doch immer die mangelhafte fachdidaktische Ausbildung kritisiert wurde - und erachtet die Teilnahme an Veranstaltungen der Arbeitsgemeinschaft (die ja bisher auch sinnvoll und möglich war) als ausreichenden Ersatz.

Fachstudium

Das LA-Physikstudium enthält nun eine stärkere fachdidaktische Ausrichtung und wegen des beschränkten Stundenrahmens von 71 Semesterwochenstunden (zzgl. 10 Wochenstunden an frei wählbaren Fächern) müssen viele Lehrveranstaltungen speziell für LA-Studierende angeboten werden.

Den Schwerpunkt des ersten Abschnitts stellt die zweisemestrige Einführung in die Physik (mit Rechenübungen) und zwei Praktika (insges. 9 Wochenstunden) dar. Theoretische Physik wird in gekürzter Form in insgesamt 2 Semestern angeboten.

Fachdidaktische Lehrveranstaltungen umfassen neben dem achtstündigen Schulversuchspraktikum mindestens 5 Wochenstunden an Seminaren, das experimentelle Fortgeschritte-

nenpraktikum kann durch ein Schulversuchspraktikum II oder ein Projektpraktikum ersetzt werden.

Das Projektpraktikum ist fächerverbindend angelegt. Im Sommersemester 2002 war das Thema "Global Change - Wandel der Atmosphäre". Dabei wurde von den Studierenden der Stoff zunächst selbst erarbeitet, dann nach Erhebung des Vorwissens in zwei Schulklassen in Gruppenarbeit unterrichtet und schließlich noch zusammen mit Schülerinnen im Rahmen der *ScienceWeek 2002* öffentlich präsentiert. Dabei kam es auch zu gemeinsamen interessanten Stunden mit Biologiestudenten.

Ein Neuheit ist auch das Seminar "Fachdidaktische Vertiefung", wo physikalische Inhalte unter fachlichen wie auch fachdidaktischen Aspekten betrachtet und fachdidaktische Publikationen referiert werden. Sie ermöglicht es den Studierenden, in wenigstens einem physikalischen Teilgebiet das Verständnis zu überprüfen und zu vertiefen. Es ergeben sich dabei angeregte Diskussionen zwischen und mit den Studierenden sowie zwischen dem Lehrpersonal.

Wenn auch 3 Wochenstunden Chemie im Studienplan vorgesehen sind, so wird hinsichtlich Wissenschaftstheorie und -geschichte, Astronomie, Meteorologie, Geo-, Biophysik, medizinischer Physik u.a. an die sinnvolle Wahl der Freifächer appelliert.

Moderne Physik kommt im zweiten Studienabschnitt als "Physik der Materie" mit 8 Wochenstunden vor.

Fraglich ist, ob 2 Studienjahre für eine solide fachliche Basis ausreichend sind. Zu vermitteln ist jedenfalls, dass das Studium nur eine Station im lebenslangen Lernen ist.

Der Anteil an Studierenden mit einem anderen Zweitfach als Mathematik nimmt stetig zu, für sie wird eine eigene Einführung in die mathematischen Grundlagen der Physik geboten, auch wegen des knappen Zeitrahmens eher eine Notlösung. Andererseits bringen diese Studierenden interessante Aspekte in die Lehrveranstaltungen ein.

Über die Bewährung lässt sich noch nichts sagen. Werden doch die ersten Absolventen nach dem neuen Plan erst 2005 die Universität verlassen. Einige der neuen LVA finden jedoch wegen ihrer Praxisorientierung guten Zuspruch.

Gliederung des Physikstudiums (Diplomstudium)

Auch das "normale" Physikstudium an der Universität Wien ist im Zuge des UniStG 97 - wie an allen anderen Unis - reformiert worden. Da die Hochschulsektion des damaligen BMBWF den Wettbewerb unter den Universitäten fördern wollte, wurde gleichzeitig die gesamtösterreichische Studienkommission abgeschafft, so dass keine Koordination der Studienstandorte vorgesehen war.

Hauptzug der Reform an der Uni Wien ist eine Gliederung des Studiums in 3 Abschnitte. Ein erster Abschnitt von zwei Semestern Dauer dient dem Studieneingang und ist dominiert durch die Einführungsvorlesung sowie eine mathematische Grundausbildung, die auf das Physikstudium abgestimmt ist. Damit soll eine frühe Entscheidung über die Fortsetzung des Studiums in den weiteren Abschnitten erreicht werden. Der zweite Abschnitt mit 5 Semestern enthält den Kurs aus Theoretischer Physik sowie eine Vertiefung der experimentellen Physik und die Praktika. Damit bleiben die letzten drei der zehn vom vorgesehenen Semester für die Einarbeitung in das Gebiet der Diplomarbeit und für die Durchführung. Laut Gesetz ist das Thema der Diplomarbeit so zu stellen, dass eine Bearbeitung in 6 Monaten realistisch ist.

Mit dieser Straffung des Studiums hofft die Studienkommission Physik die effektiven Studienzeiten zu verkürzen.

An Schwerpunkten wird an der Universität Wien experimentelle Physik von der Quantenoptik über die Isotopenforschung zur Materialphysik, theoretische Physik in Teilchen- und Gravitationsphysik, sowie Grundlagenproblemen (mathematische Physik), Computational Physics und als interdisziplinäres Gebiet umweltorientierte Physik geboten.

Informationen über das Physikstudium an österreichischen Universitäten sind unter folgenden Adressen im WWW zu finden:
http://www.exp.univie.ac.at/allg/stdplan/stdplan.html
http://physik.kfunigraz.ac.at/stuko/index-stuko.html
http://www.TUGraz.at/
http://www.uibk.ac.at/c/c7/studien/
http://www.tn.uni-linz.ac.at/lehre
http://www.tuwien.ac.at/studium/

Theater sucht Physiker

Für eine Produktion des Tanzquartier Wien, des Künstlerhaus Mousonturm in Frankfurt/Main und der Rotterdamse Schouwburg werden zwei bis drei Forscher, Bastler oder Wissenschaftler gesucht, die an der Erforschung der kleinsten und grössten Dimensionen arbeiten oder gearbeitet haben. Zwischen Teilchenbeschleunigern und Raketenantrieben untersucht und dokumentiert das schweizerisch-deutsche Regieduo *Hygiene Heute* in Wien experimentelle Anordnungen der heutigen Physik mit den Augen des Theaters. Dazu bilden sie diesen Herbst ein Expertenteam aus aktiven oder ehemaligen Forschern, deren Biographien und Spieltriebe sich aus der Physik speisen, um in Zusammenarbeit mit ihnen ein tourneefähiges Theaterstück zu inszenieren, das am 12. Dezember im Museumsquartier Wien uraufgeführt wird.

Informationen und Gesprächstermine:
Tanzquartier Wien: (01) 5813591 (Angela Glechner).

Stefan Kaegi
c/o Künstlerhaus Mousonturm
Waldschmidtstrasse 4
D-60314 Frankfurt/M.
+49 177 220 26 98
www.hygieneheute.de
www.deutschland2.info

Die Umsetzung des moderierten Dialoges

Klaus Albrecht

Der moderierte Dialog im Physikunterricht begünstigt konstruktivistisches Lernen im Unterricht. Die Absichten und die Entwicklungsgeschichte dieser Methode habe ich in *Plus Lucis* 2/2001 unter "Physikunterricht als moderierter Dialog" dargestellt. Rückmeldungen von Fachkollegen zeigten mir, dass die Praxis dieser Methode nur ungenügend beschrieben wurde. Die folgenden zwei Zitate von Lehrerkollegen bekunden den Erklärungsbedarf für die konkrete Umsetzung dieser Methodik im Physikunterricht:

Zitat 1: *"Ich kann mir nicht vorstellen, wie das funktionieren soll!"*
Zitat 2: *"Ganz nett dieser Artikel, aber ich habe 30 Schüler im Unterricht!"*

In diesem Artikel möchte ich eine detaillierte Beschreibung der Unterrichtsgestaltung liefern. Der Leser möge selbst über Konvergenz von Theorie und Praxis urteilen.

1. Der Unterrichtsaufbau - die Theorie

1.1 Die Jahresplanung

Die Planung lässt sich pragmatisch mit dem Titel "Gliederung des Schuljahres in einzelne Kapitel der Physik" beschreiben. So umfasst z.B. eine Einheit dieser Planung das Themengebiet Kinematik. Es ist die Aufgabe des Lehrers, mittels einführendem Vortrag den Schülern die bevorstehende Herausforderung deutlich zu machen. Querverweise auf die Entwicklungsgeschichte von physikalischen Theorien bieten sich häufig an, um den Schülern die Schwierigkeiten, die mit der jeweiligen Thematik verknüpft sind, vor Augen zu führen. Für jede dieser Einleitungen sollte der Lehrer aber nicht mehr als eine Unterrichtsstunde bemessen. Gute Vorbereitung und strenge Selbstdisziplin sind erforderlich, um diesen äußerst engen Zeitrahmen in der Praxis umzusetzen. Einen Leitfaden für den Inhalt einer solchen Stunde findet man in den einleitenden Kapiteln mehrerer Physiklehrbücher, wie zum Beispiel in *PSSC Physics*, Haber-Schaim, Dodge, Gardner, Shore oder in *Physics - A World View* von Kirkpatrick, Wheeler.

Den Hauptteil dieser zeitlich größten Planungsphase bildet dann die Erarbeitung des entsprechenden Kapitels. Wie wir sehen werden, erfolgt die Erarbeitung des Kapitels primär durch die Schüler, wobei die Schüler hierbei vom Lehrer geführt werden. Jedoch erfolgen die praktischen Informationen für die Realisierung dieser Zielsetzung nicht an dieser Stelle, da der Hauptteil dieser Planungsphase aus einzelnen, zeitlich kürzeren Segmenten aufgebaut ist. So findet man die Erklärung, wie im Unterricht eine solche Einheit vom Lehrer maßgeblich behandelt wird, weiter unten im Text bei der Monatsplanung und bei der Planung der einzelnen Physikstunde.

Den Schlussteil dieser zeitlich größten Einheit für den Unterrichtsentwurf bildet eine vom Lehrer verfasste schriftliche Zusammenfassung der Theorie. Der zeitliche Aufwand im Unterricht für den Schlussteil beschränkt sich auf das Austeilen der Kopien mit der Zusammenfassung der wichtigsten Konzepte des aktuellen Abschnittes (also zum Beispiel eine Zusammenfassung der wesentlichsten Dinge zum Themengebiet ‚Kinematik'). Auch hier lassen sich als Leitlinien für solche Zusammenfassungen viele Unterrichtsbücher heranziehen, etwa *The World of Physics* von John Jewett.

Fazit: Die Jahresplanung gliedert sich in einzelne Themen (Kinematik, Dynamik, ...). Die Behandlung dieser Themen ist einheitlich aufgebaut: Stets finden wir eine Einleitung (entspricht hier der bündigen Einführung in die Thematik durch den Lehrer), stets finden wir einen Hauptteil (entspricht hier der Erarbeitung des Kapitels durch die Schüler unter der Führung des Lehrers) und stets finden wir einen Schlussteil (entspricht hier einer vom Lehrer für die Schüler zur Verfügung gestellten Zusammenfassung des Kapitels).

1.2 Die Monatsplanung

Die zeitlich nächst kleinere Einheit des Unterrichtaufbaues erstreckt sich oftmals über Wochen. Diese Einheit lässt sich am besten als sokratischer Diskurs mit den Schülern betiteln. Die Einleitung zu dieser Phase bildet die sokratische Fragestellung, die vom Lehrer kommt. Der "moderierte Dialog" wird also vom Lehrer mit einer Frage eröffnet, die in den meisten Fällen durch ein "Experiment" veranschaulicht werden kann. Diese Veranschaulichung beschränkt sich aber zunächst meist auf die Präsentation des Versuchsaufbaus - die Durchführung des Experimentes erfolgt vielfach erst zu einem späteren Zeitpunkt der Diskussion. Damit beabsichtigt der Lehrer die Spannung für die Auseinandersetzung mit der Problematik zu erhalten und somit interessante Ansichten der Schüler zuzulassen, ohne diese durch die Beobachtung des Experimentes von vornherein zu korrumpieren. Die Fragestellung hat somit häufig den folgenden Charakter: *"Was wird passieren, wenn ...?"* Es sei angemerkt, dass der Lehrer erklärende Hinweise bei der Fragestellung tunlichst vermeiden soll.

Im folgenden Beispiel lässt sich die Veranschaulichung mit geringem Aufwand realisieren: Der Lehrer legt eine Feder auf ein Buch und fragt, ob Feder und Buch während des Falles auf den Boden voneinander getrennt werden. Der Lehrer legt nun Buch und Feder wieder zurück auf den Tisch und die Diskussion über die Frage startet - das Experiment wird man erst später in der Diskussion durchführen. Ich könnte mir auch vorstellen, dass bei der folgenden Erörterung ein weiteres Experiment notwendig wird, um den Einfluss der Luft zu untersuchen (die Idee zu diesem "Folgeexperiment" - die Luft zunächst einmal zu entfernen, um deren Einfluss zu untersuchen - muss aber von den Schülern kommen und darf nicht vom Lehrer aufgedrängt werden). Nicht immer lässt sich eine solche Veranschaulichung finden. Nichtsdestoweniger muss aber die Fragestellung für den Schüler intuitiv begreiflich sein. Ein solches Beispiel sei hier ebenfalls angeführt (ich habe es aus *Minds on Physics*, W. J. Leonard, et al. entnommen): "Wie

Mag. Klaus Albrecht, BG/BRG Reithmannstraße, 6020 Innsbruck
email: k.albrecht@ns1.asn-ibk.ac.at

würdest du einen ‘Code’ erstellen, der es ermöglicht die Position jedes beliebigen Gegenstandes im Klassenzimmer ausfindig zu machen? Dein ‘Code’ sollte so wenig Zeichen und Symbole wie nur möglich verwenden, keine bestimmten Gegenstände oder Personen im Raum benennen, und trotzdem die Position eines gesuchten Objektes genau wiedergeben. Jeder Mitschüler, der in die Bedeutung deines ‘Codes’ eingeweiht wurde, sollte in der Lage sein, dieses Objekt im Klassenzimmer zu entdecken."

Den Hauptteil der Monatsarbeit beansprucht das Erarbeiten von Antworten zur Fragestellung. Die Auseinandersetzung mit der Frage führt Lehrer und Schüler gemeinsam in einen Dialog. Der Lehrer leitet diese Debatte durch sokratisches Erfragen. Die Schüler konstruieren selbständig sinnstiftende Lösungsstrategien. (Die Aufgabe des Lehrers gleichsam als Moderator den Dialog zu steuern und andererseits nicht die Antworten vorwegzunehmen ist in *Plus Lucis* 2/2001 näher ausgeführt.) Die Konfrontation mit der Ausgangsfrage des moderierten Dialoges ruft im allgemeinen weitere Fragen hervor. Diese "klärenden Fragen" sind bereits Inhalt des moderierten Dialoges zwischen Schüler und Lehrer. Da dieser moderierte Dialog in jeder Physikstunde prinzipiell gleich abläuft, soll seine Organistaion kurz beschrieben werden:

Der Lehrer führt die Diskussion mit nur sechs Schülern. Die Schüler können sich "bedingt" freiwillig für eine Diskussion mit dem Lehrer (= Moderator) melden. Lediglich die mehrfache Teilnahme einzelner Schüler an einer konkreten Fragestellung sollte durch den Lehrer limitiert werden. Mit dieser Regelung strebt der Lehrer eine Gleichverteilung der Schülerpräsenz in den Diskussionen an. Melden sich zu wenig Schüler freiwillig, so wählt der Lehrer die fehlenden Teilnehmer für die Diskussion aus. Was macht aber nun der Rest der Klasse während dieser Diskussion? Jedem der sechs "Protagonisten" der Diskussion wird ein Protokollschreiber zugeordnet. "Redner" und "Schreiber" bilden somit ein Team, wobei die Aufgabe des Protokollschreibers darin besteht, die Beiträge seines Partners zur Diskussion schriftlich festzuhalten. Folglich sind zwölf Schüler während der Unterrichtsstunde beschäftigt. Sechs Schüler diskutieren mit dem Lehrer die Fragestellung, sechs weitere Schüler fertigen die entsprechenden Protokolle an. Ein weiterer Schüler protokolliert die Fragen des Lehrers. Alle angefertigten Protokolle halten neben den Diskussionsbeiträgen auch das Datum, den Namen des Protokollschreibers und den Namen des Diskussionsteilnehmers fest. Mit Hilfe der Protokolle ist es dem Lehrer möglich, die Argumente und Fragen der Diskussionsteilnehmer in schriftlicher Form zu erhalten. Der Rest der Schüler macht sich Notizen zum Verlauf der Diskussion und kann sich im Bedarfsfall konstruktiv in die Diskussion einbringen. Ein solcher Bedarfsfall wird ausschließlich vom Lehrer definiert und entsteht lediglich dann, wenn von den sechs Diskutanten keine entwicklungsfähigen Ideen mehr kommen. In der Praxis tritt dieser Fall äußerst selten ein. Im Gegensatz zu den Diskussionsprotokollen, die der Lehrer am Ende jeder Unterrichtsstunde einfordert, verbleiben diese Notizen bei den Schülern. Die Diskussionen zu einer Fragestellung erstrecken sich häufig über mehrere Wochen. Man könnte vermuten, dass die "Zaungäste" des moderierten Dialogs (also die "Nicht-Diskussionsteilnehmer" und "Nicht-Protokollschreiber") schon bald die Motivation verlieren, die Debatte zu verfolgen und sich eigenständig Notizen zu machen. Der Anreiz, die aktuelle Diskussion im Auge zu behalten, entsteht aber teilweise auch aus der Aussicht, dass sich ein Schüler schon bald selbst in der Rolle des Diskutanten wiederfinden könnte - möglicherweise sogar zur selben Fragestellung. Es versteht sich, dass die Diskussion auf die im Unterricht bereits erarbeiteten Einsichten aufbaut. Sollten bereits gewonnene Erkenntnisse in einer Folgediskussion in einer behindernden Weise nicht mehr verfügbar sein, so veranlasst der Lehrer den jeweiligen Protokollschreiber diesen Mangel im Protokoll festzuhalten. Letztendlich sind diese Protokolle auch ein Dokument, das der Lehrer bei der Erstellung der Noten heranzieht.

Den Abschluss dieser Monatsarbeit bildet der von jedem Schüler verfasste Bericht zur behandelten Fragestellung. Dieser Bericht umfasst die gefundene(n) Lösung(en) und zu deren Auffindung hilfreich eingesetzte Strategien, aber auch relevante Irrwege. Es wird sich für die Schüler "in natürlicher Weise" zeigen, dass Vereinfachungen, Idealisierungen und Modellierungen, ebenso wie die Kondensierung auf einfache Relationen den Lösungsweg fast immer begleiten.

Fazit: Die Monatsplanung ist aus einzelnen moderierten Dialogen aufgebaut. Die Einleitung zu diesen Dialogen bildet die vom Lehrer gestellte Frage. Die Hauptsache der Monatsplanung liegt in der Erarbeitung der Fragestellung durch die Schüler unter der Moderation des Lehrers. Den Abschluss jeder Einheit bildet der von jedem Schüler verfasste Bericht. In diesem Bericht sollen die für die Problemlösung der besprochenen Frage wesentlichen Konzepte aufgearbeitet werden. Jahresplanung und Monatsplanung sind natürlich keine separaten Einheiten. So wird es sich in den allermeisten Fällen ergeben, dass für eine Thematik der Jahresplanung (z. B. Kinematik) mehrere Fragestellungen (und somit mehrere moderierte Dialoge) herangezogen werden. Auch wird es notwendig sein, für eine Fragestellung mehrere Physikstunden aufzuwenden. Der Abschlussbericht fasst also im Allgemeinen mehrere Physikstunden zu einer konkreten Fragestellung zusammen.

1.3 Die einzelne Physikstunde

Die zeitlich kleinste Einheit der Unterrichtsplanung ist die einzelne Physikstunde. Die Einleitung jeder Physikstunde bildet der sogenannte "Physics for Fun" - Teil. Dieser Teil ist als ein auflockernder Einstieg in die jeweilige Physikstunde konzipiert. Die wesentlichste Auflage an diese Einleitung besteht darin, dass der Schüler diese Minuten als spektakuläre oder spannende Einheit erleben sollte. Ein Beispiel für eine solche "Physics for Fun" Sache wäre die folgende Aktion: Der Lehrer behauptet, dass er ein Tischtuch vom Pult wegziehen kann, ohne dass die darauf gestellten Teller und Gläser vom Tisch fallen. Nach Möglichkeit sollte dieses Experiment mit Porzellangeschirr und nicht mit Plastikgeschirr durchgeführt werden - dies trägt zur Erhöhung der Spannung bei. Da der Spaß bei dieser Einheit nicht zu kurz kommen soll, wäre es bei diesem Beispiel erstrebenswert, dass ein Schüler das Experiment durchführt bzw. nach der Darbietung des Lehrers dieses Experiment zu wiederholen versucht. Weitere Beispiele sollen den Charakter dieser Einheit besser verdeutlichen:

1. Beispiel: Der Lehrer durchspießt einen Luftballon, ohne dass dieser zerplatzt (Einstichstelle und Austrittsstelle sind entscheidend!). Anschließend fordert er die Schüler auf, dies nachzumachen.

2. Beispiel: Ein Glas gefüllt mit Wasser wird durch Auflegen eines Kartons "verschlossen". Nun kann man das Glas Wasser (über dem Kopf) umdrehen, ohne dass das Wasser herausströmt.

Das Interesse der Schüler an diesen Experimenten erzeugt ein angenehmes Arbeitsklima für den Unterricht. Auch schaffen die Überlegungen der Schüler zu diesen Experimenten in manchen Fällen interessante Variationen zur Intention des Lehrers. Die entspannende Wirkung dieses "Physics for Fun" - Teils erhöht sich, wenn die Schüler bei diesen Experimenten aktiv beteiligt sind und die gestellte Aufgabe selbst ausprobieren können. Es erscheint mir wichtig anzumerken, dass der physikalische Hintergrund zu diesen "Physics for Fun" Aktionen in keiner Weise mit dem aktuell im Unterricht behandelten Stoffgebiet korrelieren muss. So zum Beispiel führte ich das oben angeführte Experiment mit dem Wasserglas in einer Zeit durch, in der ich mich thematisch in der Kinematik befand. Der Sinn dieses Einleitungsteiles umfasst mehrere Aspekte: Erstens soll er zur Auflockerung dienen und Spaß machen. Zweitens sollen die Schüler diese "Zaubertricks" mit erklärbarer Physik assoziieren. Drittens erarbeite ich somit einen Vorrat an Beobachtungen und kann später im Schuljahr annehmen, dass die Schüler ein konkretes Experiment selbst gesehen haben. Dieses Reservoir an Beobachtungen steht den Schülern später als Fundgrube zur Verfügung, wenn sie eine bestimmte Thematik in der Physik durch moderierte Dialoge erarbeiten. Aber auch ohne diesen gemeinsamen Pool an Beobachtungen ürden die Schülerantworten auf meine Fragen während des moderierten Dialoges nicht von einem Null-Niveau aus konstruiert werden (Vorerfahrungen der Schüler, intuitive Konzeptvorstellungen, individuelle Beobachtungen, ...). Dennoch bringt dieser Abgleichprozess eine Verbesserung mit sich, da Schüler und Lehrer in manchen Fällen von einer gemeinsamen (Beobachtungs-) Basis ausgehen können. Somit kommt diesem Potpourri auch die Rolle eines "Albums für Experimente" zu, aus welchem die Schüler während des moderierten Dialoges Vergleiche ziehen können. Nochmals sei aber darauf hingewiesen, dass diese spektakulären Experimente nicht mit dem aktuellen Unterrichtsstoff abgestimmt werden. Der Spaß steht hier im Vordergrund. Überlegungen bezüglich einer Abstimmung auf zukünftige Diskussionen haben nur eine untergeordnete Bedeutung. Auch bei diesem "Physics for Fun" Teil hat sich die Stärke der Fragestellung "Was wird passieren wenn ..." (also die Aufforderung an die Schüler, das zu erwartende Ergebnis des Experimentes vorherzusagen) erwiesen. Neben diesem Typus bürgt eine weitere Fragestellung für Spannung und Unterhaltung: Hierbei fordert der Lehrer die Schüler heraus, eine bestimmte Aufgabe zu bewältigen. Einige Beispiele für eine solche Herausforderung wären die folgenden (diese Beispiele stammen aus dem Buch *How Things Work, The Physics of Everyday Life*, Louis A. Bloomfield):

"Local fairs and amusement parks usually offer games in which you can win a large prize by performing a seemingly easy task. In many cases, these tasks are made surprisingly difficult by simple physical principles and few people receive prizes:

- A pitching game requires that you knock over three milk bottles with a baseball. The bottles are filled with sand.
- A tossing game requires that you throw a coin forward and have it come to a stop on a smooth glass plate.
- Another game requires that you knock over a miniature bowling pin with a ball hanging from a string. The string is suspended from a point directly above the pin. To win, you must swing the ball past the pin and have the ball knock over the pin on its return swing."

Der Spaß bei der Sache kommt dann, wenn die Schüler ihre Vorschläge selbst ausführen müssen.

Man kann die Aufgaben der Schüler während dieses "Physics for Fun" Teiles folgendermaßen zusammenfassen: Erstens müssen die Schüler Spekulationen über das zu erwartende Ergebnis äußern, oder Vorschläge zur Bewältigung einer Aufgabenstellung einbringen. Es ist wichtig, dass der Lehrer sich während dieses Teiles der Unterrichtsstunde auf keine Diskussion mit den Schülern einlässt - der Diskussionsteil gehört in den Hauptteil (= moderierter Dialog) der Physikstunde. Zweitens sind die Schüler aufgefordert, die Beschreibung dieser "Physics for Fun" Frage, ihre Vermutungen über den Ausgang von Versuchen, Ideen und Beobachtungen in einem eigenen Heft schriftlich festzuhalten.

Den Hauptteil der einzelnen Physikstunde bildet der moderierte Dialog zu einer Fragestellung. Die Absichten dieser Diskussion mit den Schülern wurde in "Physikunterricht als moderierter Dialog", *Plus Lucis* 2/2001 beschrieben. Die organisatorischen Aufgaben findet man oben in der Monatsplanung. Der Leitgedanke für diese sokratischen Diskurse mit den Schülern sei nochmals durch ein Zitat von A. Arons wiedergegeben (s. *A Guide to Introductory Physics Teaching*): "Learners must be confronted with direct experience, and with contradictions and inconsistencies, in such a way, as to induce them to articulate lines of arguments and reasoning in their own words."

Den Abschluss der einzelnen Physikstunde bildet eine Reflexionsphase. Die Dauer dieser Phase liegt im Bereich von etwa 5 Minuten. Während dieser Zeit haben die Schüler Gelegenheit zusammenfassende Notizen zur gelaufenen Diskussion niederzuschreiben (insbesondere auch die Protokollschreiber, deren Protokolle ja am Ende der Stunde dem Lehrer übergeben werden). Der Lehrer nützt diese Zeit für Notenaufzeichnungen zu den sechs aktiv in der Diskussion beteiligten Schülern.

Fazit: Es ergibt sich auch für die einzelne Physikstunde die charakteristische Gliederung aus Einleitung, Hauptteil und Abschluss. Die Einleitung entspricht in der einzelnen Physikstunde dem "Physics for Fun"-Teil. Dieser wird vom Lehrer initiiert, aber die Mitwirkung der Schüler ist hier ein entscheidender Bestandteil des Spaßes. Den Hauptteil der Physikstunde nimmt der sokratisch geleitete Diskurs zu einer Fragestellung ein. Der Abschluss ist eine Nachbearbeitung der Unterrichtsstunde und dient dem Lehrer und den Schülern für Kurzaufzeichnungen.

2. Eine Unterrichts(doppel)stunde - die Praxis

Die Physikstunde beginnt mit dem *Physics for Fun*-Teil: Ich nehme einen Haarfön in die Hand, richte die "Mündung" des Föns nach oben und lade einen Pingpong Ball auf der Mündung ab. Nun frage ich: "Was wird passieren, wenn ich nun den Fön einschalte?" Ich verlange, dass die Schüler ihre Vermutungen aufschreiben. Anschließend schalte ich den Fön ein. Ich fordere die Schüler auf, ihre Beobachtungen und Überle-

gungen ebenfalls schriftlich festzuhalten. Ein Schüler möchte wissen, was passiert, wenn man die Mündung des Föns nicht vertikal ausrichtet, sondern zur Seite neigt. Ich möchte, dass er dies selbst ausprobiert. Er kippt die Mündung des Föns, bis der Ball aus dem Luftstrom zu Boden fällt. Zwei, drei Schüler möchten Erklärungen für dieses Experiment anbieten. Sie werden von mir daran gehindert.

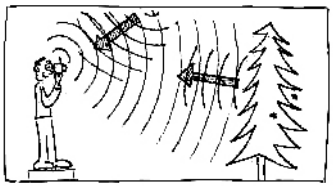
Anschließend werden die sechs Diskutanten und deren Protokollschreiber ausgewählt. Die Fragestellung ist den Schülern aus den vorherigen Physikstunden schon bekannt. (Es geht um folgende Frage: Woher weiß eine Autofokus-Kamera mit Ultraschallgeber, wie weit das Objekt entfernt ist?). Der Hauptteil der Physikstunde - der moderierte Dialog - kann beginnen:

Lehrer: "Zu welchen Erkenntnissen sind wir bisher gelangt?"

Wolfgang: "Die Kamera sendet ein Signal aus, dieses wird reflektiert und dann wieder von der Kamera empfangen. Aus der benötigten Zeit für diesen Rundlauf berechnet die Kamera die Entfernung."

Lehrer: "Aber woher weiß die Kamera, welches Objekt im Raum für die Scharfstellung 'herhalten' muss?"

Ich zeichne die folgende Skizze an die Tafel.

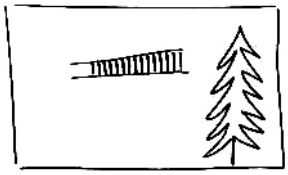


Lehrer: "Warum verwendet die Kamera nicht den Abstand zur Zimmerdecke als Fokus-Wert?"
(Anmerkung: Mit dieser Fragestellung wollte ich auf die Richtcharakteristik der Schallquelle hinweisen.)

Markus: "Wenn man durch die Kamera schaut sieht man ein kleines Viereck. Nur das Objekt innerhalb dieses Vierecks reflektiert das Signal."

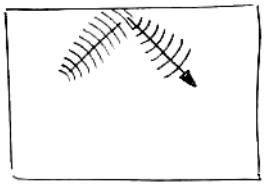
Christian: "Das Ultraschallsignal wird nur horizontal reflektiert; sonst könnten ja auch Fledermäuse die Abstände nicht richtig abschätzen."

Astrid: "Die Kamera sendet nur in einem schmalen Bereich ein Signal." Die Schülerin zeichnet eine Skizze an die Tafel.



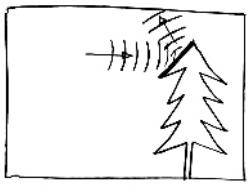
Thomas: "Der rechteckige Sucher, von dem Markus gesprochen hat, weist der Kamera die Richtung. Indem man die Kamera auf das Objekt ausrichtet, ist die Richtung für das Ultraschallsignal auch schon fixiert."

Michaela: "Ich denke Ihre Zeichnung ist falsch, weil die Winkel falsch eingezeichnet sind." Die Schülerin zeichnet an der Tafel ihre Korrektur.



Michaela weiter: "Da das Signal, das die Decke trifft, nicht mehr zurück zur Kamera reflektiert wird, hat es keinen Einfluss auf die Scharfstellung der Kamera."

Christian: "Aber das müsste dann auch am Weihnachtsbaum so aussehen." Er veranschaulicht seine Behauptung durch eine Skizze an der Tafel.



Christian weiter: "Das kann nicht sein, so würde die Kamera das Signal nie wieder empfangen. Die Reflexion muss aber immer horizontal sein, egal ob der fotografierte Gegenstand schräg im Raum steht oder genau senkrecht!"

Lehrer: "Hat jemand ein Gegenargument zur Behauptung von Christian? Muss die Reflexion des Signals am Baum so aussehen wie Christian sie zeichnet?

Wolfgang: "Die Summe macht das reflektierte Signal aus: Der Gesamteffekt der Hindernisse bewirkt, dass das Signal horizontal zurückreflektiert wird. Der Baum besteht ja aus vielen Nadeln. Alle diese kleinen Flächen zusammen ergeben das Reflexionssignal. Dabei geht auch viel Signal verloren!"

Thomas: "Der Baum ist ja kein Spiegel!"

Astrid: "Ich glaube, dass Michaela Licht und Schall miteinander verwechselt. Das Reflexionsgesetz gilt bei Licht und nicht bei Schall!

Wolfgang: "Die Ultraschallwellen sind fast Halbkreise, so wird das Objekt nicht nur an einer Stelle getroffen, sondern an vielen Stellen. Der Gesamteffekt ist dann für das reflektierte Signal verantwortlich."

Lehrer: "Astrid hat aber vorhin festgestellt, dass das Signal nur in einem schmalen Bereich ausgesendet wird." Der Lehrer zeigt auf die Skizze von Astrid. "Wenn es nach Astrid geht sind die ausgesendeten Wellen keine Halbkreise!"

Wolfgang: "Das Problem liegt beim Vergleich mit den Lichtwellen. Man kann bei einem Schallsignal nicht mit 'Einfallswinkel ist gleich Ausfallswinkel' arbeiten. Das Signal der Kamera ist nach vorne gerichtet und kommt dann wieder aus der gleichen Richtung zurück. So wie bei einem Echo. Das Wort 'reflektieren' ist hier irreführend."

Michaela gibt zu, dass sie tatsächlich Licht und Schall verwechselt hat. Der Lehrer richtet eine Umfrage an die gesamte Klasse: "Wer glaubt, dass beim Schall das Reflexionsgesetz nicht gilt?" Ergebnis: In etwa die Hälfte der Klasse hebt die Hand. Ich erzähle von zwei Beispielen, bei denen die Reflexion von Schall entscheidend ist. Erstes Beispiel: Von der Raumdecke abgehängte Reflektorplatten über dem Orchester in der Opernhalle von San Francisco. Zweites Beispiel: Schall-Schüsseln (Schall-Parabolreflektoren) in einem 'Discovery Park' in Herstmonceux, East Sussex: Trotz der großen Distanz zwischen den Standorten der beiden Schüsseln kann man sich mit seinem Gesprächspartner unterhalten - auch wenn man leise spricht.

Markus: "Ich habe auch noch ein Beispiel: Wenn ich das Didgeridoo spiele und es in ein Eck platziere oder gegen den Boden richte, dann kann man den Sound überall hören. Wenn ich aber im Freien spiele oder von der Zimmertür aus in den Raum hinein spiele, dann kann man kaum etwas hören. Ich habe dieses Experiment auch mit meiner Katze gemacht und

beobachtet, wie sie reagiert, wenn ich das Didgeridoo gegen den Boden spiele beziehungsweise in den Raum hinein spiele."

Lehrer: "Kennt sonst noch jemand ein Beispiel zu diesem Thema?"

Drei Schüler aus der restlichen Klasse (Anmerkung: diese Schüler gehören nicht zum ausgewählten Team von sechs Diskutanten und sechs Protokollschreibern) melden sich mit einem Handzeichen.

Schüler X: "Ich war in den Ferien in den USA. Ich weiß nicht mehr wo in den USA dieser Sciencepark war - aber auf jeden Fall gab es dort eine große Halle. An zwei gegenüberliegenden Wänden, die weit voneinander entfernt lagen, waren zwei große Dellen in der Mauer. Diese Mauernischen waren so groß, dass man sich hineinsetzen konnte. Da viele Leute in diesem Raum standen hatte ich keinen Sichtkontakt zu meiner Freundin in der anderen Mauernische. Obwohl die Leute im Raum normal laut redeten, konnte ich mich mit meiner Freundin unterhalten - ohne dass jemand dazwischen etwas von unserem Gespräch hörte!"

Schüler Y: "In der Altstadt gibt es auch einen Torbogen - den 'Flüsterbogen' - wo man sich von einer Seite des Tores mit jemandem auf der anderen Seite im Flüsterton unterhalten kann. Man muss nur in den Mauerbogen hinein flüstern."

Schüler Z: "Auf der Bobbahn in Igels hört man im Ziel die Leute am Start der Bahn miteinander reden. Man muss sich nur in den Eiskanal hineinbeugen."

Lehrer: "Was passiert, wenn wir mit einer Auto-Fokus-Kamera ein Objekt hinter einer Fensterscheibe fotografieren?"

Thomas: "Das Licht wird am Fenster gespiegelt. Man sieht nun auch die Reflexionen von Gegenständen im Raum - verursacht durch die Fensterscheibe."

Wolfgang: "Wenn man mit Blitzlicht fotografiert, sieht man am Bild einen hellen Fleck."

Lehrer: "Angenommen ich stehe mit einer Auto-Fokus-Kamera in einer Schaufensterauslage in einem Geschäft und möchte ein bestimmtes Objekt im Schaufenster auf der gegenüberliegenden Straßenseite fotografieren. Ich mache das Foto ohne Blitz." Ich zeichne die Situation an die Tafel. "Gibt es hier irgendein Problem über das ich noch nachdenken sollte?"

Markus: "Ich kann mir nicht vorstellen, dass das Signal durch die erste Scheibe geht, dann durch die nächste Scheibe geht und wieder zurück kommt."

Lehrer: "Welches Signal?"

Markus: "Das Signal um das Foto aufzunehmen."

Lehrer: "Sagen wir, ich lasse den Film entwickeln und sehe auf dem Foto - wenn auch etwas unscharf - das fotografierte Objekt aus dem gegenüberliegenden Schaufenster. Ist dieses Foto dann nicht so etwas wie ein Beweis dafür, dass das Signal auch beim Objekt war und wieder zurück zur Kamera kam. Woher sonst sollte die Kamera wissen, was im gegenüberliegenden Schaufenster zu sehen ist?"

Michaela: "Mit dem Ultraschall wird ja nicht das Bild aufgenommen."

Lehrer: "Sondern ...?"

Michaela: "Die Entfernung bestimmt."

Astrid: "Wahrscheinlich geht aber das Ultraschallsignal nicht durch das Fenster."

Lehrer: "Wir könnten ja ein einfaches Experiment machen. Wir schließen alle Fenster und 'schauen', ob Schall von außen in den Raum gelangt!"

Wolfgang: "Sicher kommt der normale Schall durch. Aber erstens abgeschwächt und zweitens arbeitet die Kamera mit Ultraschall - diesen können wir gar nicht hören, selbst wenn das Fenster offen ist."

Christian: "Würde der Ultraschall ungehindert durch die Scheibe gehen, dann würden Fledermäuse in jede Fensterscheibe hineinfliegen. Diese Tiere hätten also ein ernstes Problem."

Wolfgang: "Aber ich habe mit meiner Auto-Fokus Kamera ein Bild vom Big Ben gemacht - hinter einem Busfenster - und das Bild war scharf. Also muss die Auto-Fokus-Kamera auch dann noch funktionieren. Selbst wenn ein Teil des Signals durch die schwingende Scheibe auch nach außen gelangt, so ist doch der reflektierte Anteil von der Innenfläche der Scheibe schneller zurück und verpatzt die Scharfstellung. Bis das Signal vom Big Ben zurückkommt, wieder durch die Scheibe und dann zur Kamera, bis dahin ist der Bus schon hinter der nächsten Ecke und das Bild schon längst auf dem Film. Abgesehen davon - denke ich - ist das Signal, das vom Big Ben zurück kommt so schwach, dass die Kamera dieses Signal gar nicht realisieren wird."

Lehrer: "Ich bin deiner Meinung. Der Autofokus reagiert sicher auf das reflektierte Signal von der Busscheibe. Warum aber dein Bild vom Big Ben trotzdem scharf ist, kann ich mir so auch nicht erklären."

Hiermit endete der moderierte Dialog für diese Physikstunde. Ich forderte die Schüler auf, die wesentlichsten Feststellungen und Erkenntnisse dieser Doppelstunde schriftlich festzuhalten. (Anmerkung: Diese Aufforderung zur Reflexion richtet sich an alle Schüler der Klasse.) Ich schließe die Unterrichtsstunde mit einer Frage, die jeder Schüler bis zur nächsten Stunde bearbeiten soll: "Was passiert, wenn ich mit einer Auto-Fokus-Kamera vor einem Spiegel stehe und mein Spiegelbild fotografiere?"

In den letzten Minuten halte ich schriftlich mit einfachen Aufzeichnungen meinen Eindruck von den sechs Diskussionsteilnehmern fest. Eine detailliertere Analyse für die Notenaufzeichnungen kann ich später mit Hilfe der Protokolle als Gedächtnisstütze erreichen.

Anmerkung: Durch Recherchen lernte ich noch weitere Verfahren für die Autofokussierung kennen (insbesondere optische Methoden wie "Optischer Kontrast" und "Entfernungsbestimmung durch Bildüberlappung"). So konnte ich mir und den Schülern das scharfgestellte Bild vom Big Ben erklären. Auch eröffnet dieses Beispiel aus der Praxis des moderierten Dialoges eine kritische Perspektive bezüglich der fokussierenden Wirkung des Moderators / Lehrers: Ohne mein Zutun hätte sich die "Autofokus - Diskussion" nicht gezielt in Richtung Ultraschall-Messsystem hin entwickelt. Aus Unwissenheit verfolgte ich Ansätze in Richtung optische Systeme nicht weiter. So erklärte in den Anfängen der Diskussion zu diesem Thema ein Schüler: "Vielleicht funktioniert die Autofokus-Kamera so ähnlich wie unser Auge." Da ich diese Idee nicht aufgriff, versickerte dieser Ansatz wieder. Hier wird der Einfluss des Lehrers deutlich; dies widerspricht der Behauptung, dass beim moderierten Dialog der Schüler "alles selbst herausfinden muss und auf sich allein gestellt ist."

Motivierender Physikunterricht durch fächerübergreifende Beispiele aus Medizin und Biologie

Hartmut Wiesner und Giuseppe Colicchia

1. Gegenwärtige Probleme des Physikunterrichts

Die größten Probleme, vor denen wir derzeit im Physikunterricht stehen, sind

- die didaktische Frage nach dem "Was", also nach den Inhalten und Zielen des Physikunterrichts,
- die Lernschwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler speziell bei physikalischen Inhalten und
- das Desinteresse der Schülerinnen und Schüler an unserem Physikunterricht.

Zu keinem dieser drei Probleme gibt es derzeit befriedigende umfassende Lösungen, allerdings inzwischen einige erfolgversprechende Ansätze. In diesem Beitrag soll es nur um den dritten Problemkreis gehen, seine Bedeutung leuchtet unmittelbar ein: Erfolgreicher Physikunterricht setzt eine hohe Lernbereitschaft, also Interesse, voraus (Prenzel 1995). Und die Einstellung zur Physik hängt selbstverständlich davon ab, wie relevant und interessant die Auseinandersetzung mit Physik empfunden wurde.

Eine Reihe von Untersuchungen zum Interesse an Physik in der Schule zeigte, dass dieses innerhalb kurzer Zeit sehr stark abnimmt (Sievers 1999). Physik gehört sehr schnell zu den unbeliebtesten Schulfächern. Besonders ausgeprägt ist die Abneigung bei den Mädchen. Die Untersuchungen des Interesses liefern aber erfreulicherweise auch Hinweise, mit welchen Inhalten der Physikunterricht interessanter wird (Häußler und Hoffmann 1990, 1995). Wir haben als Anregung den Vorschlag aufgegriffen, Physik gelegentlich im Kontext von Medizin und Biologie zu unterrichten. Die bisherigen Ergebnisse belegen, dass dies ein erfolgreicher Weg ist (z.B. Berger 2000). Mit finanzieller Unterstützung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft entwickelten wir eine Reihe von Unterrichtseinheiten und untersuchten ihre Wirkung.

2. Überblick über die Unterrichtsvorschläge

R. Berger entwickelte im Rahmen seiner Dissertation für die Oberstufe je eine Unterrichtseinheit zu den Themen Röntgencomputertomografie und Ultraschalldiagnose, in denen der übliche Schulstoff über Röntgenstrahlen und Wellen abgedeckt wird. Er konnte eine statistisch signifikante Verbesserung der Interessantheit des Unterrichts nachweisen.

Für den Mittelstufenunterricht liegen inzwischen drei ausgearbeitete und erprobte Unterrichtseinheiten vor, die von unserer Homepage abrufbar sind (www.physik.uni-muenchen.de/didaktik):

a) Unterrichtseinheiten zur Mechanik:
   Hebel und Schwerpunkt am Armgelenk
   Belastung der Wirbelsäule
   Statik des Kauapparates bei Reptilien und Säugetieren
b) Unterrichtseinheiten zum Druck
   Lernzirkel zur Einführung des Druckes
   Atmung und Tauchen
   Statische und dynamische Aspekte des Blutdrucks
c) Unterrichtseinheiten zur Optik
   Fehlsichtigkeit
   Akkommodationstypen
   Sehen unter Wasser
   Augenspiegel

Die Unterrichtsvorschläge werden ergänzt durch Hintergrundinformationen für die Lehrkräfte und erste Medien (Interaktive Bildschirmexperimente).

Als Beispiel soll im Folgenden ein Einblick in den Unterrichtsvorschlag "Belastung der Wirbelsäule" gegeben werden, so wie er im Wesentlichen als Word- oder Postscript-Dokument abgerufen werden kann. Die Abbildungen können aus den Dokumenten für das Herstellen von Folien verwendet werden.

3. Unterrichtsvorschlag: Belastung der Wirbelsäule

Als Vorkenntnisse sollten für diese Einheit bereits vorhanden sein: der Begriff des Schwerpunkts und die Bedingungen für Kräfte- und Drehmomentgleichgewichte.

Schritt 1: Hinführung zum Thema:

Vom Lehrer wird einführend darauf hingewiesen (ggf. auf den Biologieunterricht zurückgegriffen), dass ein wesentlicher Schritt im Laufe der Evolution des Menschen der Übergang zum aufrechten Gang war. Die ausschließliche Nutzung der unteren Extremitäten als Träger- und Fortbewegungsorgane des Körpers befreite die Arme von diesen Funktionen und ermöglichte die Entwicklung einer ausgeprägten Feinmotorik. Der Rumpf erhebt sich über den unteren Gliedmaßen und wird zum Träger des Kopfes und der oberen Gliedmaßen. Diese Aufrichtung bedeutet wegen der Schwerkraft eine erhöhte mechanische Beanspruchung der Wirbelsäule, die als zentrale Achse den Oberkörper in Zusammenarbeit mit Muskelsystemen und Nerven senkrecht halten muss. Außerdem muss der Rücken alle Lasten, die wir heben oder stemmen, tragen.

Als Ziel des folgenden Unterrichts wird die Diskussion der Belastungen der Wirbelsäule in verschiedenen Situationen unter physikalischem Aspekt und Auswirkungen auf die Gesundheit formuliert. Als Belastung wird dabei im Wesentlichen das

Hartmut Wiesner und Giuseppe Colicchia, Ludwig Maximilians Universität München, Lehrstuhl für Didaktik der Physik, Schellingstraße 4, D-80799 München, hartmut.wiesner@physik.uni-muenchen.de

Zusammenquetschen der Bandscheiben durch die Druckkräfte, die durch die Gewichtskraft und die Muskelkräfte FB und FR (siehe Bild 1) entstehen, verstanden. Hingewiesen werden sollte noch darauf, dass ein gegenseitiges Verkanten der Wirbel zu einer besonders ungünstigen Beanspruchung der Bandscheiben führt.

Schritt 2: Aufbau der Wirbelsäule und Muskulatur

Anhand von Folien nach Bild 1 werden zunächst der prinzipielle Aufbau der Wirbelsäule und die Rumpfmuskulatur und ihre stabilisierende Funktion erläutert. Weiterhin wird mitgeteilt, dass beim Stehen normalgewichtiger Personen mit guter Körperhaltung das Lot des Schwerpunktes nur wenige Zentimeter in Richtung Körperinneres an dem Zentrum der Lendenwirbelscheibe vorbeiläuft.

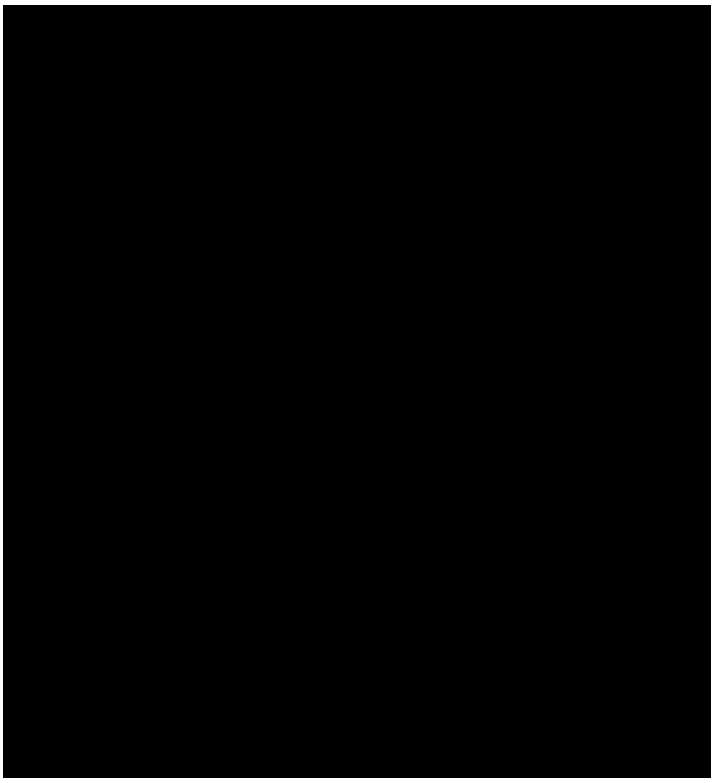


Bild 1: Folienvorschläge zum Aufbau der Wirbelsäule und Muskulatur

Zur Lage des Schwerpunkts beim Menschen

Für die folgenden Themen ist die Lage des Schwerpunktes des Oberkörpers einschließlich des Kopfes und der Arme wichtig. Leider gibt es keine einfache Möglichkeit, diesen Teilschwerpunkt zu bestimmen, erst recht nicht in der Schule. Gleiches gilt für die Abstände der Wirkungslinien von der Schwerkraft und den Kräften durch die Rückenmuskeln von den unteren Lendenwirbeln als Drehpunkt. Als Lösung dieser Schwierigkeit bietet es sich an, den Schülern realistische Werte für die Hebelarme und Massen für die folgenden Abschätzungen der Belastungen mitzuteilen. Die Richtung der Änderung des Schwerpunkts bei Veränderung der Massenverteilung und der Körperhaltung sind durchaus intuitiv nachvollziehbar.

Schritt 3: Die Belastung der Rückenmuskulatur bei unterschiedlicher Lage des Schwerpunkts und aufrechter Körperhaltung

Wie sich das Tragen schwerer Lasten, Übergewicht oder das falsche Heben auf die Belastung der Wirbelsäule auswirkt wird im Folgenden thematisiert.

Anhand der Folien nach Bild 4 und/oder entsprechender Tafelbilder werden Schritt für Schritt die Kräfte- und Drehmomentgleichgewichte aufgestellt und diskutiert.

Durch folgenden Modellversuch kann die höhere Belastung mit wachsendem Bauch zusätzlich noch anschaulicher gemacht werden: In Bild 3a ist ein Modell des oberen Teils eines Menschen dargestellt, das aus einem Holzbrett ausgesägt wurde (Rückansicht s. Bild 2).

In das Brett wird von unten ein Loch gebohrt, so dass ein Stativgelenk befestigt werden kann, damit der Oberkörper nach vorn drehbar ist (vgl. Bild 3).

Die Figur wird passend aus Pappe ausgeschnitten und auf das Brett geklebt. Auf der anderen Seite des Brettes wird ein Rohr befestigt, in dem ein Stab verschoben werden kann (siehe Bild 2). An den Stab wird der verschiebbare Bauch geklebt und als Belastung wird ein Gewichtsstück angehängt.

Die Befestigung des Kraftmessers mit der zugehörigen Umlenkrolle ist in Bild 3 gut zu erkennen.

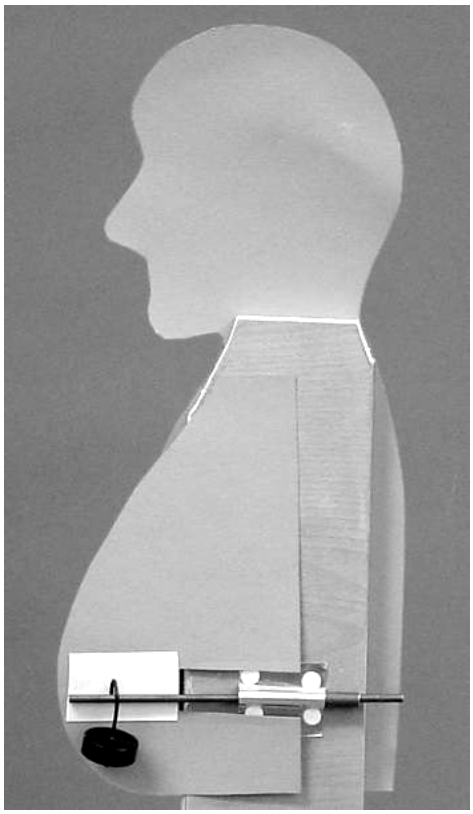


Bild 2: Rückseite des Modells zur Demonstration der Rückenmuskelbelastung bei Übergewicht

Mit Hilfe dieses Modells kann man zeigen, dass bei Normalgewicht praktisch keine Zugkraft notwendig ist, um die aufrechte Haltung beizubehalten (s. Bild 3a). Bei einem realen

Körper in dieser Lage brauchen die Rückenmuskeln also kaum Kräfte auszuüben, um das Gleichgewicht zu halten.

Wenn, wie in Bild 3b, der Modellrumpf einen Bauch bekommt, braucht man eine Kraft F_M um wieder eine aufrechte Haltung herzustellen. Diese Kraft muss bei einem dicken Menschen permanent von den Rückenmuskeln ausgeübt werden, was eine erhebliche Belastung für die Muskulatur und die Wirbelsäule darstellt. Verlagerung des Schwerpunktes nach hinten durch Zurücklehnen reduziert die Belastung, führt aber zu einer anatomisch unnatürlichen Haltung.

Die Schülerinnen und Schüler werden feststellen, dass je weiter der Schwerpunkt S eines Körperteiles (in diesem Fall des Oberkörpers) vom Drehzentrum P entfernt verläuft, um so größer ist die von den Rückenmuskeln auszuübende Kraft.

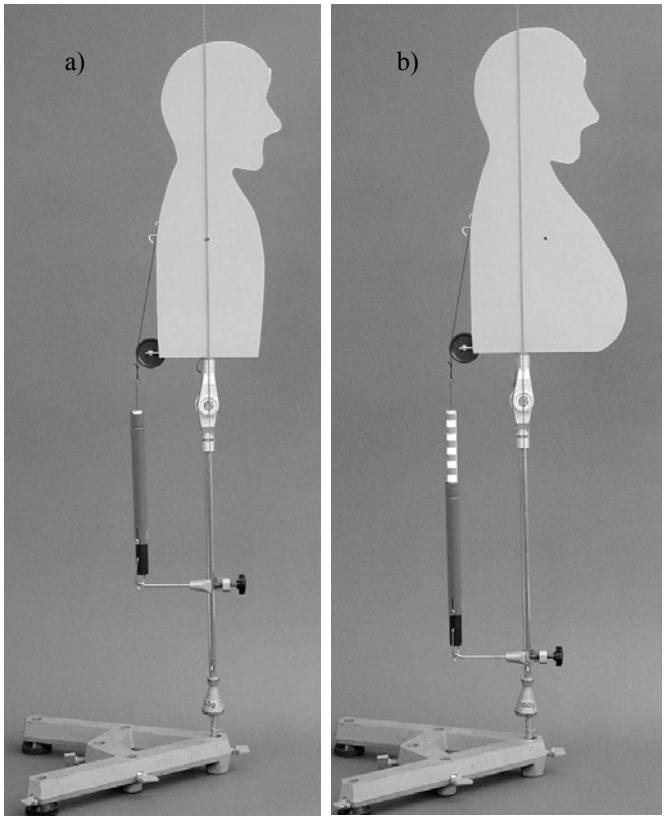


Bild 3: (a) Eine normalgewichtige Person braucht für eine aufrechte Haltung nur eine sehr geringe Zugkraft durch die Rückenmuskeln. (b) stellt einen übergewichtigen Menschen dar, wobei eine kompensierende Kraft durch die Rückenmuskeln erforderlich ist.

Als Anwendung des Hebelgesetzes kann die höhere Belastung bei Übergewicht auch berechnet werden. Bei der normalgewichtigen Person (in den folgenden Aufgaben Herr Müller genannt) können folgende Daten zugrunde gelegt werden: Gewichtskraft des Oberkörpers: 400 N, Abstand der Rückenmuskeln von der Wirbelsäule: 5 cm, Abstand des Schwerpunktes von der Wirbelsäule: 3 cm. Daraus lässt sich die Kraft berechnen, die die Rückenmuskeln im Gleichgewicht bei aufrechter Haltung aufbringen müssen. Die Belastung der Wirbelsäule ergibt sich aus der Summe dieser Kraft und der Gewichtskraft des Oberkörpers (vgl. Bild 4a).

Hat man diese Aufgabe im Klassenverband gelöst, bieten sich als weitere Übung die Berechnungen der Wirbelsäulenbelastung bei einer dickbäuchigen Person (Bild 3b und Bild 4b), bzw. einer sitzenden Person, die sich stark nach vorne beugt, an. Eine entsprechende Demonstration für eine dickbäuchige Person würde am Modell so erfolgen, dass bei herausgeschobenem Bauch ein Zusatzgewichtsstück angehängt wird.

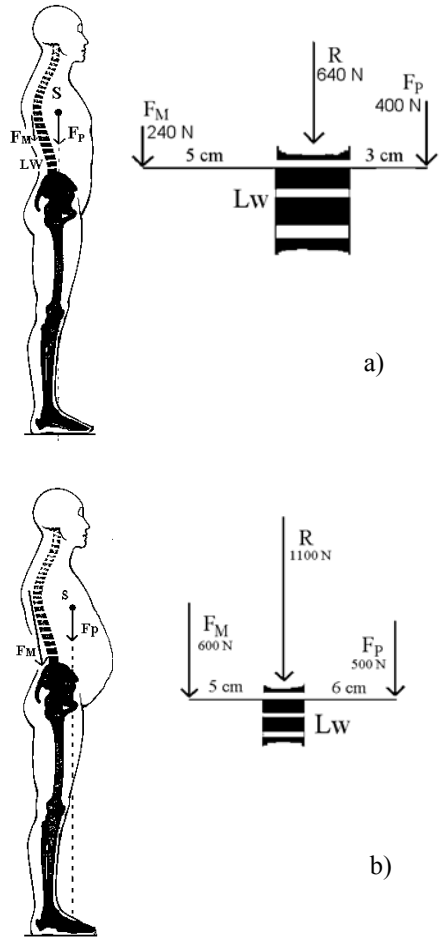


Bild 4: Die Masse des Oberkörpers der Person in b) ist um 10 kg höher als die der Person in a). Dadurch verschiebt sich auch der Schwerpunkt. Die Belastung R der Wirbelsäule ist fast doppelt so groß.

Die zugehörigen Aufgaben könnten folgendermaßen lauten:

1. Seit Herr Müller keinen Sport mehr treibt und das gute Essen genießt, hat er zugenommen. Die Gewichtskraft seines Oberkörpers beträgt nun 500 N. Mit dem wachsenden Bauch hat sich auch der Schwerpunkt seines Körpers verschoben. Dieser hat nun einen Abstand von 6 cm zur Wirbelsäule. Die Rückenmuskeln greifen nach wie vor in einem Abstand von 5 cm von der Wirbelsäule an.
   a) Wie groß ist nun die Belastung der Wirbelsäule?
   b) Vergleiche dieses Ergebnis mit der Belastung des normalgewichtigen Herrn Müller. Überlege dir dazu um das Wievielfache die Gewichtskraft gewachsen ist und um das Wievielfache die Belastung der Wirbelsäule.

2. Herr Müller (G = 400 N) hat einen Arbeitsplatz, bei dem er fast nur im Sitzen arbeitet. Dabei achtet er oft nicht darauf, aufrecht zu sitzen, so dass der Schwerpunkt seines Oberkörpers mehr als 3 cm vor der Wirbelsäule liegt.
   Wie groß ist der Abstand des Schwerpunkts von der Wirbelsäule, wenn die Belastung der Wirbelsäule 1,6 kN beträgt? Schätze ab, wie weit er sich dabei vorbeugen muss.

Hinweis:

Anstelle des Modells oder zur Ergänzung steht ein Interaktives Bildschirmexperiment zur Verfügung, das auf einer CD angefordert werden kann. Damit kann der obige Modellversuch vorgeführt werden und der Begriff des Schwerpunkts an einem Modell des Armgelenks eingeführt werden.

Schritt 4: Belastungen beim Heben eines Gewichtes

In Bild 5a bzw. 5b wird mit Hilfe des Modells die Belastung beim Heben mit hängenden Armen und geraden bzw. gebeugten Beinen gezeigt. Die Schüler erkennen, dass mit gebeugtem Rücken und gestreckten Beinen der Hebelarm *l* des Oberkörpers bzw. der Last länger als mit geradem Rücken und gebeugten Knien ist. Die kompensierende Kraft, die von den gesamten Rückenmuskeln ausgeübt wird, muss im ersten Fall groß sein und daher wird auch die Belastung der Wirbelsäule sehr hoch.

Mit Hilfe einfacher Rechenbeispiele kann die Belastung der Wirbelsäule beim Heben einer Last, wobei die Person im ersten Fall aufrecht steht und im zweiten Fall Beine und Oberkörper einen Winkel von fast 90° einschließen, verglichen werden. (vergl. Jäger 1990)

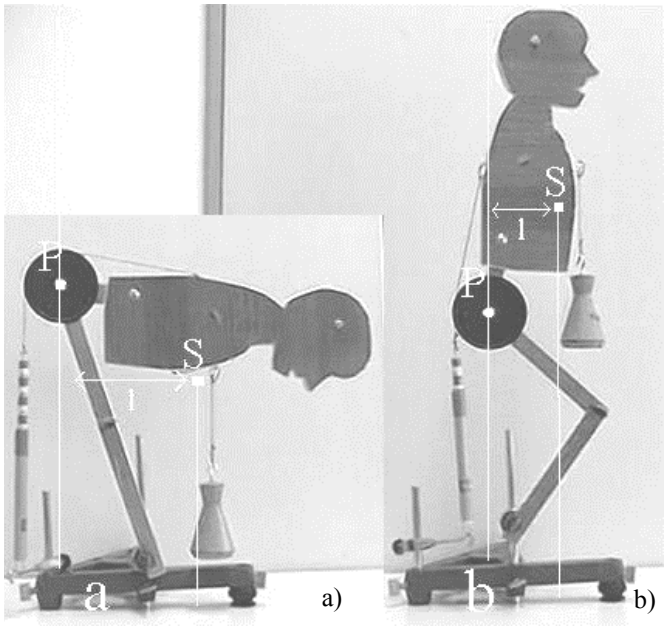


Bild 5: Falsches Heben mit gebeugtem Rücken und gestreckten Beinen (a), richtiges Heben mit geradem Rücken und gebeugten Knien (b).

Schritt 5. Gute und schlechte Körperhaltungen

Die übliche Behandlung des stabilen Gleichgewichts kann durch die folgenden Beispiele für das Gleichgewicht bei Menschen ergänzt werden.

Intuitiv ist den Schülerinnen und Schülern klar, dass der Schwerpunkt bei gerader Haltung im Körperinneren etwa auf Nabelhöhe liegt. Bei einem Körper in aufrechter Position ist das Gleichgewicht stabil, wenn das Lot vom Körperschwerpunkt aus innerhalb der Standfläche liegt (Bild 6). Fällt die Schwerpunktlinie in die Begrenzung der Standfläche, dann besteht ein labiles Gleichgewicht, wobei die geringste horizontal angreifende Kraft den Körper zum Umfallen bringt. Auch die Schülerinnen und Schüler können dies ausprobieren, indem sie sich mit gestrecktem Körper solange nach vorne neigen, bis

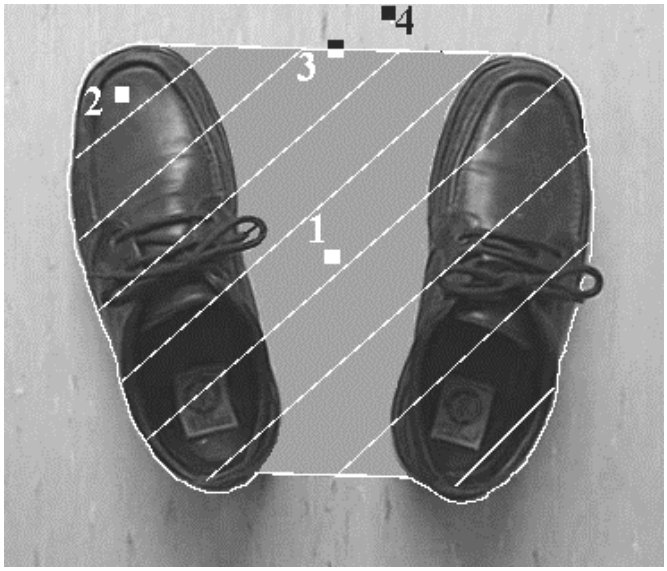


Bild 6: Trifft das Lot des Schwerpunktes an den Stellen 1 oder 2 auf dem Boden auf, ist das Gleichgewicht stabil, bei 4 fällt die Person um, bei 3 liegt ein instabiles Gleichgewicht vor.

sie, wenn die Schwerpunktlinie außerhalb der Standfläche den Boden berührt, umfallen.

Beim Tragen einer schweren Last auf einer Seite wird der Schwerpunkt zur Gegenseite verschoben, damit das Lot des Gesamtschwerpunktes (Körper + Gewicht) noch in die Standfläche hinein fällt. Die Belastung auf die Wirbelsäule ist dabei deutlich höher als bei symmetrischer Verteilung der Last auf beide Seiten (vgl. Lehrerinformation). Die Standfläche und damit die Stabilität beim Stehen kann entweder durch Auseinanderstellen der Füße oder mit einer Gehhilfe (z. B. einem Stock) vergrößert werden. Die Fotos in Bild 7 können als Anregung dienen, zum Abschluss dieses Themas noch über gute und schlechte Körperhaltungen nachzudenken. (Debrunner 1994)

4. Ergebnisse der Evaluation des Unterrichtsvorschlags

Die Erprobung begann am Ende des Schuljahres 1999-2000 und hat insgesamt ein Jahr gedauert. Die Lehrer der Versuchsgruppe hatten keine spezifische Unterrichtserfahrung auf dem Gebiet Physik-Medizin. Es wurde bei der Erprobung versucht, die normale, reale Situation in der Unterrichtsumwelt nicht zu ändern, wobei jeder Lehrer die Verantwortung für die Abänderung des traditionellen Unterrichts allein tragen soll. Die Lehrer hatten von uns zwar Vorschläge zur Durchführung bekommen, aber sie waren ebenso frei ihre persönliche Art und Weise zu unterrichten einzubringen. Dies entspricht u.E. einer realistischen Auffassung über die Adaptation von Unterrichtsmaterialien durch Lehrkräfte.

Die medizinisch orientierten Unterrichtseinheiten über Mechanik wurden in 3 Realschul- und 5 Gymnasialklassen unterrichtet.

Erhebung der Interessen

Die Wirkung der medizinisch orientierten Unterrichtseinheiten auf das Interesse wurde hauptsächlich durch die Analyse der Interessenveränderung an Physik untersucht. Die benutz-

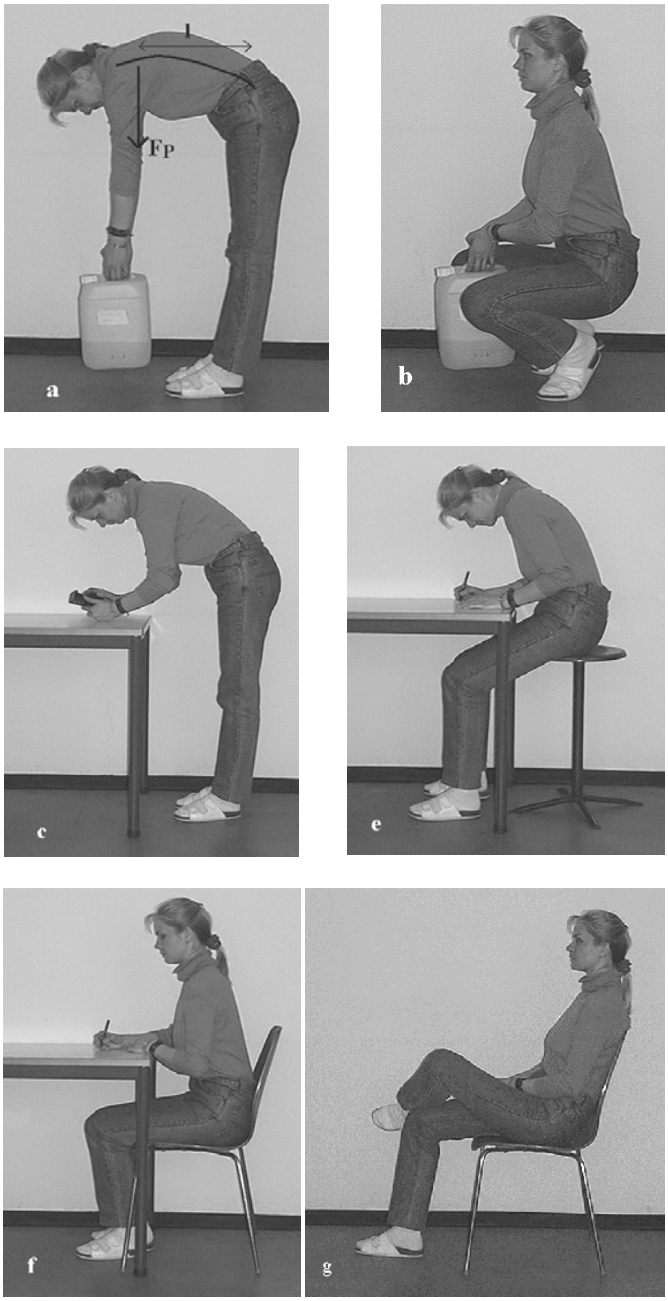


Bild 7: Beispiele für gute und schlechte Körperhaltungen

ten Items bzw. Fragebogen wurden sowohl vor den Unterrichtseinheiten als auch am Ende mittels einer üblichen bipolaren 5-stufigen Ratingskala bewertet. Sie wurden auch in den Kontrollklassen eingesetzt. Die Fragebögen stammen aus Arbeiten von Horstendahl (1999) und aus der IPN-Interessensforschung [Hoffmann et al. (1997)]. Diese Fragebögen eröffnen die Möglichkeit, die Ergebnisse unserer Arbeit mit Ergebnissen ähnlicher Untersuchungen zu vergleichen. Hier können nur einige wenige Ergebnisse vorgestellt werden. Ausführlich werden sie in Colicchia (2002) beschrieben.

Einstellung der Lehrer

Um die subjektive Sichtweise der Lehrerinnen und Lehrer der Versuchsklassen zu erfassen, wurden sie nach der Durchführung der medizinisch orientierten Unterrichtseinheiten zur Beurteilung des Unterrichts aufgefordert. Die Ergebnisse kann man folgendermaßen zusammenfassen:

Die Lehrer sind überzeugt, dass medizinische Themen hinsichtlich der Interessensteigerung im Physikunterricht erfolgreich eingesetzt werden können. Bezüglich des Lernerfolgs erwarten sie keine Verschlechterung.

Änderung des Interesses

Die Prüfung erfolgte durch Gegenüberstellung der Interessenmittelwerte vor und nach dem medizinisch orientierten Unterricht und durch den Vergleich mit den Kontrollklassen.

a) Fachinteresse

Die Schüler wurden gefragt, wie interessant sie die verschiedenen Unterrichtsfächer finden. Es zeigte sich die übliche, leichte Abfalltendenz der Fachinteressen in den verschiedenen Fächern vom Vortest zum Nachtest, aber bei der Versuchsgruppe gibt es für das Fach Physik eine leichte Steigerung des Fachinteresses.
Das folgende Diagramm (Bild 8) zeigt die Änderung des Fachinteresses in Physik in Vor- und Nachtest. Die Zunahme in der Versuchsgruppe und die Abnahme in der Kontrollgruppe sind hoch signifikant.

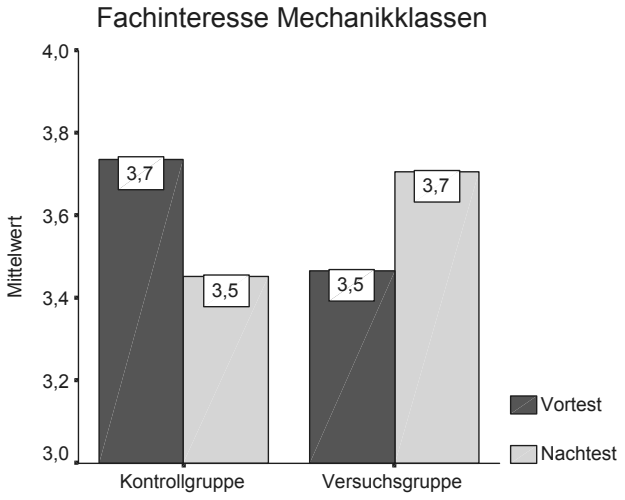


Bild 8: Mittelwerte des Fachinteresses in Physik für Kontroll- und Versuchsgruppe.

Das folgende Diagramm (Bild 9) zeigt die geschlechterspezifischen Änderungen des Interesses am Fach Physik für Kontroll- und Versuchsgruppe. Das Fachinteresse sinkt in der Kontrollgruppe für Jungen und Mädchen, während es für Schülerinnen und Schüler in der Versuchsgruppe in gleichem Maße steigt. Der empirisch begründete Vorschlag [Häußler & Hoffmann (1990, 1995)], durch einen medizinischen Kontext das Interesse auch der Mädchen zu steigern, wird durch dieses Ergebnis bestätigt.

In der Untersuchung von Berger (2000) in der Oberstufe hatte sich, in Gegensatz zu unserer Untersuchung, beim Fachinteresse keine signifikante Überlegenheit der Versuchsgruppe ergeben.

Allgemeines Physikinteresse

Das allgemeine Physikinteresse sinkt bei der Kontrollgruppe signifikant, während es bei der Versuchsgruppe signifikant zunimmt. Die Änderungen sind allerdings nicht sehr groß.

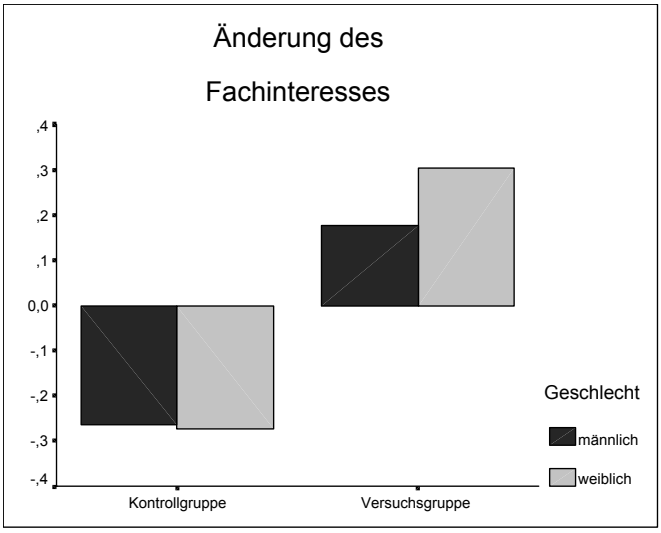


Bild 9: Geschlechterspezifische Änderung des Fachinteresses für Schülerinnen und Schüler in Kontroll- und Versuchsgruppe.

In der Untersuchung von Berger (2000) sinkt das allgemeine Physikinteresse während der zwei medizinischen Unterrichtseinheiten (aber nicht signifikant).

Bild 9 zeigt die Änderung des allgemeinen Physikinteresses geschlechtspezifisch. Man findet in der Kontrollgruppe eine Abnahme sowohl bei Schülerinnen als auch bei Schülern. In der Versuchsgruppe findet man hingegen sowohl für Schüler als auch etwas stärker für die Schülerinnen eine Zunahme.

Interessantheit

Die Interessantheit des Mechanikunterrichts steigt in der Versuchgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe geringfügig (aber statistisch nicht signifikant) an. Dieses Ergebnis war für uns unerwartet - in der Untersuchung von Berger hatten sich hier z.B. deutliche und signifikante positive Veränderungen gezeigt. Eine für uns plausible Erklärung ergab sich aus den Unterrichtsbeobachtungen und den Videoaufzeichnungen. Die von uns zur Verfügung gestellten Unterrichtsmaterialien enthielten keine detailliert ausgearbeiteten Unterrichtsplanungen. Mehrere Lehrkräfte hatten offensichtlich Mühe den für sie neuen Unterrichtsinhalt zusammen mit nicht geläufigen Experimenten so aufzubereiten, dass er aus Sicht der Schüler mit der gewohnten Routine und Sicherheit unterrichtet werden konnte. Die jetzt von uns zur Verfügung gestellten Vorschläge sind deshalb deutlich ausführlicher formuliert.

Auch geschlechterspezifisch haben wir keine Unterschiede in der Bewertung der Interessantheit in Kontroll- und Versuchsgruppe festgestellt.

Bedeutung der Physik

Zur Erfassung der Einschätzung der Bedeutung der Physik wurden sechs Aussagen zur Bewertung der Bedeutung der Physik für den Alltag, den späteren Beruf und für die Gesellschaft vorgelegt. Sowohl in der Kontroll- als auch in der Versuchsgruppe ergibt sich ein geringfügiger Abfall (statistisch nicht signifikant). Die Bedeutung der Physik wird insgesamt recht hoch eingeschätzt. Deswegen waren größere Verbesserungen vom Vortest zum Nachtest nicht zu erwarten. Das gilt auch für die Versuchsgruppe, weil es kein direktes Item zu biologischen oder medizinischen Fragestellungen in dem Fragebogen gibt. Auch bei der Untersuchung von Berger (2000) ergeben sich sowohl beim traditionellen als auch beim medizinischen Zugang leichte, aber nicht signifikante Verschlechterungen der Bedeutung der Physik.

Ergebnisse zum Lernerfolg

Zur Bewertung des Lernerfolgs wurden in den Versuchs- und in den Kontrollklassen Lerntests ausgegeben. Alle 6 Items sind ohne Kenntnisse des medizinischen Kontextes zu lösen.

Sowohl die Mädchen als auch die Jungen der Versuchsgruppe haben etwas bessere Lernleistungen in allen sechs Aufgaben als die der Kontrollgruppe. Damit ist die Befürchtung zerstreut, dass ein Unterricht mit Kontext Medizin zwar das Interesse erhöht, aber die Lernleistungen nicht verbessert.

Literatur

Berger, R. (2000): *Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik - Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht.* Dissertation Universität München, Logos Verlag Berlin

Colicchia, G. (2002): *Physikunterricht im Kontext von Medizin und Biologie. Entwicklung und Erprobung von Unterrichtseinheiten zur Steigerung des Interesses und für den fachübergreifenden Physikunterricht.* Dissertation, Universität München

Debrunner, A.M. (1994): *Orthopädie*, Bern, Huber

Häußler P., Hoffmann L. (1995): Physikunterricht - an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert, *Unterrichtswissenschaft* N. 2, S. 107-126

Häußler P., Hoffmann L. (1990): Wie Physikunterricht auch für Mädchen interessant werden kann, *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik* 1/1, S. 12-18

Hobbs H., Aurora T. S. (1991): Biomechanics of the spine, *Phys. Educ.*, S. 99-103

Hohrstendahl, M. (1999): *Motivationale Orientierungen im Physikunterricht*, Berlin: Logos

Hoffmann L., Häußler P., Peters-Haft S. (1997): A*n den Interessen von Mädchen und Jungen orientierter Physikunterricht,* Kiel: IPN

Jäger M., Lutmann A., Lauriz W. (1990): Die Belastung der Wirbelsäule beim Handhaben von Lasten, *Orthopädie* N. 19, S. 132-139

Prenzel M. (1995): Zum Lernen bewegen, *Blick in die Wissenschaft* 4 (7), S. 58-66

Sievers K. (1999): *Struktur und Veränderung von Physikinteressen bei Jugendlichen*, Kiel: IPN 163

Weineck J. (1984): *Sportanatomie*, Ballingen: Perimed-spitta, Med. Verl. Ges.

Darf 's a bisserl falsch sein?

Helmut Kühnelt

Zugegeben, das ist eine provokante Frage. Gibt es denn völlig richtige Antworten? So war es nicht gemeint. Oft hört man aber: "Ich weiß, das ist nicht ganz korrekt, doch für 12jährige reicht es, die verstehen die richtigte Antwort nicht..."

Was ist an dem Argument dran? Wo liegen die Tücken und stimmt es denn überhaupt?

Zunächst sehe ich folgende Gefahr: Mit 12 Jahren erhält man für ein Phänomen eine schwer (eigentlich: nicht) verständliche Erklärung. Nichtverständlich ist sie dadurch, dass sie allzu sehr simplifiziert wurde und daher falsch ist. Wie soll man Falsches verstehen? Später heißt es bei neuerlicher Begegnung mit dem Phänomen: "Das habt Ihr doch schon mit 12 gelernt, darüber brauchen wir uns nicht mehr zu unterhalten." Und so geht es weiter: Auf der Uni wird dies zum Kindergartenstoff erklärt, nicht behandelt und mit dem im Alter von 12 Jahren mühsam eingelernten Missverständnis betreten die Junglehrer wieder das Schulgebäude. Damit schließt sich der Kreis, die halbverstandene Erklärung wird wieder weitergegeben, in "Wissen für Kinder" als populäres Buch auch noch an Eltern weitergegeben - und der Eindruck, dass Physik schwer verständlich, ja eigentlich unverständlich sei, wird jeder Generation vermittelt.

Nehmen wir ein konkretes Beispiel, das durch ein von Schülerinnen gestaltetes und kommentiertes Blatt eines Kalenders mit physikalischen Phänomenen angeregt wurde. Eine ähnliche Zeichnung und eine Arbeitsanleitung, aus der ich im Folgenden frei zitieren werde, hatten mich zuvor bereits für das Thema sensibilisiert:

Wie kommt es zur Wolkenbildung?

Auf dem Arbeitsblatt war eine (allzu) detaillierte Landschaft mit Meer, Flüssen, Seen und schneebedeckten Gebirgen zu sehen. Der Text lautete etwa: "Die Sonne verdunstet Wasser, der Wasserdampf steigt auf..." Vertikale Wellenlinien sollten den aufsteigenden Wasserdampf andeuten. Da liegt die erste Problematik: Wasserdampf - Wasser im gasförmigen Zustand - ist unsichtbar.

Weiters steigt nicht reiner Wasserdampf, sondern ein Gemisch aus warmer Luft und gasförmigem Wasser auf. Die Dichte von "feuchter" Luft ist entgegen populären Erwartungen geringer als jene von "trockener" Luft. Die aus der Flüssigkeit verdampften Wassermoleküle verdrängen nach Avogadro andere Moleküle der Luft, sie kommen nicht zu den vorhandenen hinzu - Luft verhält sich nicht wie ein trockener Badeschwamm, den man mit Wasser tränken kann! - und die Massenzahl von H_2O ist 18 kleiner als bei N_2 und O_2. Was man landläufig als Dampf bezeichnet, ist physikalisch gesehen kein Dampf, sondern Nebel, kondensierte Wassertröpfchen. Auch direkt über der Oberfläche eines Topfs mit siedendem Wasser ist kein "Dampf" zu sehen, erst etwas oberhalb, wenn das feuchte Gemisch etwas abkühlen konnte. Was also umgangssprachlich als Wasserdampf bezeichnet wird, ist in der Sprache der Naturwissenschaft keiner!

Durch die geringere Dichte des warmen Gasgemisches aus Luft und Wasserdampf steigen Pakete dieses Gemisches in der umgebenden trockeneren (und daher dichteren) Luft auf. Keineswegs wirkt die Schwerkraft auf die warme feuchte Luft weniger stark - dies konnte ich kürzlich überraschenderweise aus Physikermund hören.

Der weitere Weg des Wasserdampfs war so beschrieben: "Er steigt auf, bis er in größerer Höhe in den Bereich kalter Luft gerät und dort abkühlt und durch Kondensation Wolken bildet." Wieder ein völlig falsches Bild: Die Höhenluft als kalter Wickel, der die Wolkenbildung durch Abkühlung einleitet!?

Das Gegenteil ist wahr: Beim Aufsteigen eines Paketes feuchter warmer Luft dehnt sich das Paket aus und kühlt dabei ab, tauscht aber keine Energie mit der Umgebung aus - man spricht von adiabatischer Abkühlung. Jedes Kind kann dies beim Auslassen eines Fahrradschlauches beobachten. Wird allerdings dabei der Taupunkt unterschritten, also jener Punkt, an dem die relative Luftfeuchte 100% erreicht und der Partialdruck des Wasserdampfs dem Umgebungsdruck entspricht, beginnt bei Vorhandensein von Kondensationskeimen die Tröpfchenbildung, es entstehen Wolken. (Erforderlich sind dazu Aerosole, kleine Partikel in der Luft. Der Dampfdruck ist bei kleinen Tropfen, d.h. bei wenigen Partnern pro Molekül, die es im Tropfen halten könnten, größer als bei großen Tropfen - sie verdampfen sofort wieder. Hygroskopische Partikel, etwa kleine Steinsalzkristalle, ermöglichen das Wachsen größerer Tröpfchen.)

Beim Kondensieren geschieht aber etwas ganz Interessantes: Die zuvor zum Verdampfen aufgewandte Energie wird beim

Kondensieren wieder frei: Die freigesetzte Energie heizt die Wolke auf. Während der sogenannte Adiabatengradient, also die Temperaturabnahme mit der Höhe für trockene Luft etwa 1°C pro 100 m beträgt, so sinkt er für feuchte Luft auf etwa 0,5°C pro 100 m, solange noch Wasserdampf vorhanden ist, der kondensieren kann. Die dadurch aufgeheizte Wolke hat wieder eine geringere Dichte als die trockenere umgebende Luft und steigt dadurch weiter in die Höhe, bis die Energiequelle Kondensation aufgezehrt ist. Dadurch entstehen die hochreichenden Wolkentürme mit ihrer Thermik.

Damit lässt sich auch der Föhn an der Lee-Seite von Gebirgen verstehen. Auf der Luv-Seite muss die feuchte Luft in der Strömung wegen der Topografie aufsteigen. Bei der damit verbundenen feucht-adiabatischen Abkühlung von 0,5°C je 100 m ist die Luft auch bei einem Aufstieg auf 3000 m nur um 15°C abgekühlt. Sie trocknet aber durch den Niederschlag auf der Stauseite. Bei ihrem Fließen über den Gebirgskamm hat sie wegen ihrer geringen Feuchte eine hohe Dichte und stürzt - wie der bildliche Stein, siehe Föhn am Patscherkofel - in die umgebende weniger dichte Luft. Bei Abstieg in Talnähe erwärmt sie sich jedoch mit 1°C pro 100 m, bei einer angenommenen Fallhöhe von 3000 m also um 30°C und kommt gegenüber der Stauseite um 15°C wärmer herunter.

Weiteres und vor allem detailliertere Überlegungen zur Luftfeuchte sind im Artikel "Dampf und Tropfen" von Roman Dengler in PLUS LUCIS 3/97 (s. http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/973/dengler.pdf) zu finden.

Das Vorstellung vom kalten Wickel ist auch in einem an sich schönen Freihandexperiment zu vermuten, das die Kondensation von aufsteigendem Wasserdampf an einem kalten Körper (im Experiment eine mit Eiswasser gefüllte PET-Flasche) demonstriert. Zur Erklärung der Wolkenbildung sollte es nicht herangezogen werden.

Ist es nicht faszinierend zu verstehen, wie Energietransport von der aufgeheizten Erdoberfläche in die Atmosphäre möglich ist? Ist die immer noch vereinfachte, aber richtigere Erklärung 12-Jährigen unzumutbar? Bieten sich hier nicht schöne Gelegenheiten zu Beobachtungen und einfachen Experimenten, zu Fragen und Hypothesenbildung?

Drahtlos über den Atlantik

Erste Telegraphie-Funkübertragung durch Guglielmo Marconi vor 100 Jahren

Franz Pichler

Einleitung

Nachrichten-Netze auf der Basis von Glasfaserkabeln oder Satelliten-Übertragungsstrecken liefern uns heute Fernseh- und Radioprogramme direkt ins Wohnzimmer. Mittels Internet liefern sie uns Information verschiedener Art. Das Telefonnetz ist weltweit ausgebaut und zellular aufgebaute Funknetze ermöglichen weltweit mobiles Telefonieren mittels des "Handy". Die diesen Systemen zugrundeliegende Übertragungstechnik hat aber eine langjährige intensive Entwicklung hinter sich und ist auf einem hohen technischen Niveau angelangt. Wesentliche Meilensteine dafür waren u.a. die Erfindung der Elektronenröhren (verschiedener Art) und ihr Einsatz zur Verstärkung und zur Realisierung von Hochfrequenz-Schwingungen und Modulations-Schaltungen in Sendern und Empfängern sowie die Entwicklung der Digitaltechnik, wie diese in den vergangenen fünfzig Jahren - eingeleitet durch die Erfindung des Transistors und des Computers und der Entwicklung hochintegrierter Schaltungen - entstanden ist. Es ist aber nur hundert Jahre her, seit Guglielmo Marconi zum erstenmal den Atlantik mittels drahtloser Telegraphie überbrückte.

Der folgende Aufsatz berichtet anlässlich dieses 100-jährigen Jubiläums von diesem Ereignis. Weiters besprechen wir in gewissem Detail die physikalischen Grundlagen und die technischen Details des von Marconi dafür verwendeten Übertragungssystems.

Die Vorgeschichte

Der Beginn der praktisch eingesetzten elektrischen Telegraphie kann mit dem Jahre 1844, als in den USA Samuel Morse eine erste Telegraphenverbindung zwischen den Städten Washington und Baltimore in Betrieb nahm, angenommen werden. Die darauf folgende Entwicklung in den Vereinigten Staaten und auch in den europäischen Ländern geschah explosionsartig. Um 1850 gab es in den USA bereits ein weitverzweigtes Telegraphennetz. 1861 wurde die "Transcontinental Line", die Chicago mit San Franzisko verband, eröffnet.

In Europa - England ausgenommen, wo der Nadeltelegraph verwendet wurde - hatte sich ebenfalls die Morsetelegraphie durchgesetzt. Die Gründung des Deutsch-Österreichischen Telegraphenvereins im Jahre 1850 führte zu einer weitgehenden Standardisierung der technischen Einrichtungen und Protokolle. Der Einsatz der Telegraphie war neben dem öffentlichen und staatlichen Verkehr im Rahmen des "Staatstelegraphen" vor allem auch bei den Eisenbahnen gegeben.

Univ. Prof. Dr. Franz Pichler, Johannes Kepler Universität Linz, Institut für Systemwissenschaften, pichler@cast.uni-linz.ac.at

Eine besondere technische Errungenschaft stellte die Legung des ersten Transatlantik-Kabels von Irland nach Neufundland im Jahre 1858 dar. Allerdings blieb dieses nur etwa zwei Wochen funktionstüchtig, und erst nach einem weiteren Versuch 1866 war damit für die kommenden Jahre eine stabile Telegraphie-Übertragung über den Atlantischen Ozean garantiert. Als weitere Großtat kann die Herstellung der Indo-Europäischen Telegraphen-Linie von London nach Kalkutta im Jahre 1870 durch die Gebrüder Siemens genannt werden.

Welche physikalischen Erkenntnisse und welche technischen Erfindungen und Entwicklungen waren zur Erreichung dieses Standes der Telegraphentechnik notwendig?

Der Morse-Telegraphenapparat besteht im Prinzip aus einem Elektromagneten, der die empfangenen Morsezeichen, die sich bekanntlich aus Strichen und Punkten zusammensetzen, durch Anziehung eines Ankers auf einen (durch ein Uhrwerk oder durch Gewichte) bewegten Papierstreifen aufzeichnet. In der Sendestation werden diese Zeichen mittels eines elektrischen Kontaktes, der Morsetaste, erzeugt. Als Stromquelle dient für den Morse-Telegraphenbetrieb eine galvanische Batterie. Steinheil erkannte bereits 1838, dass zur elektrischen Verbindung zwischen Sender und Empfänger nur eine Leitung genügt, da die "Erde" gewissermaßen als Rückleitung genommen werden kann.

Bild 1: Guglielmo Marconi mit seiner "Black Box"

Die Kommunikation mittels der elektrischen Telegraphie, so erfolgreich diese auch in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eingesetzt wurde, war wegen der Notwendigkeit zwischen Sender und Empfänger eine elektrische Leitung zu haben (Freileitung, Kabel), auf den Nachrichtenverkehr zwischen festen Stationen beschränkt. Es fehlte nicht an Versuchen, um auch für mobile Stationen (vor allem für Schiffe, aber auch für Eisenbahnzüge) eine telegraphische Verbindung technisch zu realisieren. Als Mittel wurde vielfach versucht,

die elektromagnetische Induktion dafür einzusetzen. Die dabei erzielten Resultate waren aber nicht ermutigend. Mit der experimentellen Entdeckung der elektromagnetischen Wellen durch Heinrich Hertz im Jahre 1887 war jedoch eine neue physikalische Basis zur Realisierung eines technischen Systems zur Kommunikation zwischen mobilen Stationen geschaffen. Es dauerte aber noch weitere 10 Jahre, bis dies durch den jungen Italiener Guglielmo Marconi geschah.

Drahtlose Telegraphie nach Marconi

Die Entstehungsgeschichte der drahtlosen Telegraphie, wie diese durch G. Marconi geschaffen wurde, ist wohlbekannt: Guglielmo Marconi, geboren am 25. April 1874 in Bologna, war von Jugend an sehr interessiert an den Gebieten Physik und Chemie und führte zuhause experimentelle Versuche durch. Später besuchte er gelegentlich auch Vorlesungen in Elektrizität von Professor Righi an der Universität Bologna. Im Jahre 1894 brachte ihn ein Artikel von Righi, der die Hertz'schen Experimente behandelte, auf den Gedanken, diese als Grundlage zur Realisierung eines Telegraphiesystems heranzuziehen. Dies führte ihn schließlich Ende 1895 zur Entwicklung seines bekannten Funksystems, das er Mitte 1896 in England der Postanstalt mit Erfolg vorführte. Dessen Funktion kann etwa folgendermaßen skizziert werden:

Bild 2: Sendestation für den Transatlantik Test (1901) in Poldhu, Cornwall

Der Sendeteil besteht im wesentlichen aus einem Funkeninduktor, daran angeschlossen eine Funkenstrecke, so wie sie von Righi entwickelt worden ist. Mit einer Morsetaste wird der Funkeninduktor, der von einer galvanischen Batterie gespeist wird, in Betrieb genommen, wobei die Funkenstrecke über eine angeschlossene Antenne elektromagnetische Wellen im Takte der Morsezeichen in den Raum sendet. Im Empfänger ist an die Antenne ein mit Nickel/Silber-Feilspänen gefülltes Glasröhrchen, der Kohärer (deutsch "Fritter"), angeschlossen. Dieses stellt bei Eintreffen einer elektromagnetischen Schwingung einen Kontakt her, über den ein empfindliches Relais eingeschaltet wird, das wiederum einen Morse-Schreibapparat unter Strom setzt. Da der Kohärer auch nach dem Ende der eingetroffenen elektromagnetischen Schwingung den Kontakt aufrecht erhält, muss zur "Demodulation" der Morsezeichen durch Rütteln der Feilspäne des Kohärers der Kontakt durch einen "Dekohärer" (realisiert mechanisch durch einen Wagner'schen Hammer, eine Gleichstromklingel im wesentlichen) stets unterbrochen werden.

Marconis wesentliche erfinderische Leistung bei seinem Funksystem bestand in der Anwendung einer Antenne, damals als "Luftdraht" bezeichnet, als Gegenpol zur Erde. Damit verbesserte er die Reichweite gegenüber seinen Konkurrenten, die mit ähnlichen Anordnungen experimentierten, auf ein Vielfaches. Die von der englischen Post unter der Leitung von William Preece im Mai 1897 im Bristol Kanal durchgeführten Versuche brachten eine Reichweite von 9 Meilen; Marconi führte der italienischen Marine in La Spezia sein System vor und erreichte 12 Meilen für den Funkverkehr zwischen zwei Schiffen. Damit war die Bedeutung des Systems von Marconi für den praktischen Einsatz zur Realisierung einer "drahtlosen" Telegraphie gezeigt. Die folgenden Jahre dienten zur Weiterentwicklung und Ausgestaltung dieses Systems zur Erzielung größerer Reichweiten und eines zuverlässigen Betriebes. Als wichtige Entwicklung dabei sei hier nur auf die "Abgestimmte Drahtlose Telegraphie" (engl. "Syntonic Wireless Telegraphy"), wie diese durch Marconi und Lodge in England und durch Ferdinand Braun in Deutschland entwickelt wurde, hingewiesen. Marconi und Braun erhielten dafür im Jahre 1909 den Nobelpreis für Physik.

Bild 3: Prinzipschaltbilder für die "Syntonic Wireless Telegraphy" von Marconi, eingesetzt im Transatlantik-Test

Die Überbrückung des Atlantischen Ozeans

War auch die Möglichkeit einer drahtlosen Telegraphie zwischen Schiffen und Küstenstationen (Leuchttürme), wie eine solche durch das Marconi-System gegeben war, von großer praktischer Bedeutung, so war der Wunsch einer solchen Telegraphie zwischen Europa und den Vereinigten Staaten von Amerika groß. Den international agierenden Kabelgesellschaften, allen voran die Firma Cable&Wireless, die das Weitverkehrs-Festnetz in ihrer Hand hatten, würde damit ein großer Konkurrent erwachsen.

Während die ersten Versuche von Marconi, den Experimenten von Hertz folgend, mit sehr kurzen Wellenlängen operierten, zeigte die spätere Entwicklung, dass die Reichweite mit der Wellenlänge zunahm. Trotzdem war man weitgehend der Meinung, dass die elektromagnetischen Wellen wegen ihrer geradlinigen Ausbreitung und der Erdkrümmung große Reichweiten nicht zulassen würden. Eine Funkverbindung zwischen Europa und Amerika erschien unmöglich. Marconi teilte diese Meinung nicht und startete ein Vorhaben, das als der "Transatlantik Test" in die Technikgeschichte einging.

Bild 4: Poldhu-Station mit Kegel-Antenne

Als erstes galt es, entsprechende Sendestationen zu errichten. In England wurde dazu als Ort Poldhu in Cornwall gewählt; in den Vereinigten Staaten wurde die Halbinsel Cape Cod im Staate Massachusetts ausgewählt. Die Konstruktion der Sendeanlage von Poldhu lag in den bewährten Händen des Professors für Physik, John Ambrose Fleming. Es galt, eine Sendeleistung von etwa 10-25 Kilowatt zu erreichen, eine Leistung, die mit der bisherigen eingesetzten Technologie auf der Basis von Funkeninduktoren zur Erzielung der notwendigen Hochspannung für die Funkenstrecke nicht realisiert werden konnte. Prof. Fleming setzt dafür zum erstenmal Hochspannungs-Dynamos, die von einem 25 PS Dieselaggregat betrieben wurden und eine Spannung von 20.000 Volt erzeugten, ein. Weiters wurden von Fleming anstatt der bisher üblichen Leydener Flaschen-Kondensatoren erstmalig Plattenkondensatoren, bei denen Glasplatten beidseitig mit Zinkblech belegt wurden, eingesetzt. Zur hochspannungsfesten Isolation wurden weiters die Plattenkondensatoren in Ölbädern zu Batterien zusammen geschaltet. Vom Standpunkt der Physik war damit die Poldhu-Sendestation auf dem modernsten technologischen Stand. Beide Stationen bekamen große kegelförmige Antennen, um ein Funksignal von 25 kWatt mit vertikaler Polarisation damit auszusenden. Beide Sendeantennen wurden aber, bevor der Transatlantik-Test gestartet werden konnte, ein Opfer von Stürmen.

In Poldhu wurde daraufhin eine einfachere Konstruktion in Form einer fächerförmigen Antenne genommen und im Februar 1901 fertiggestellt. Die Antennenanlage bei Cape Cod, kurz vor dem angesetzten Termin für den "Atlantic Test" im Oktober zerstört, wurde aufgegeben. Marconi beschloss, nach St. John auf Neufundland (Kanada) auszuweichen und die Empfangsantenne mittels eines Ballons oder eines Flugdrachens zu errichten. Am 6. Dezember 1901 kam Marconi mit seinem Mitarbeiter G. S. Kemp in St. John an, und sie bezogen mit Genehmigung der kanadischen Regierung ein unbenutztes militärisches Gebäude am Signal Hill oberhalb des Ortes St. John. Die nächsten Tage galten der Einrichtung der Empfangsanlage und dem Eingraben der großen Zinkplatten zur Realisierung der Erdung. Mit Poldhu war vereinbart, dass vom 11. Dezember an, jeweils von 12 Uhr mittags Ortszeit für die Dauer von drei Stunden der Buchstabe "s", in Morsecode also 3 Punkte, gesendet werden sollte. Für den 11. Dezember wurde daher von Marconi und Kemp für den Empfang alles vorbereitet. Als Empfänger konnte nicht - wie ursprünglich für Cape Cod vorgesehen - die übliche frequenz-sensitive Schaltung der "Syntonic Wireless Telegraphy" nach dem britischen Marconi Patent Nr. 7777 mit dem Nickel/Silber Kohärer samt Relais und Morse-Apparat nach Bild 3 eingesetzt werden, statt dessen wurde eine einfache Empfangsschaltung nach Bild 8 mit dem von der italienischen Marine von Solari entwickelten Kohärer eingesetzt, der für Hörempfang mittels eines Bell-Telephons geeignet war.

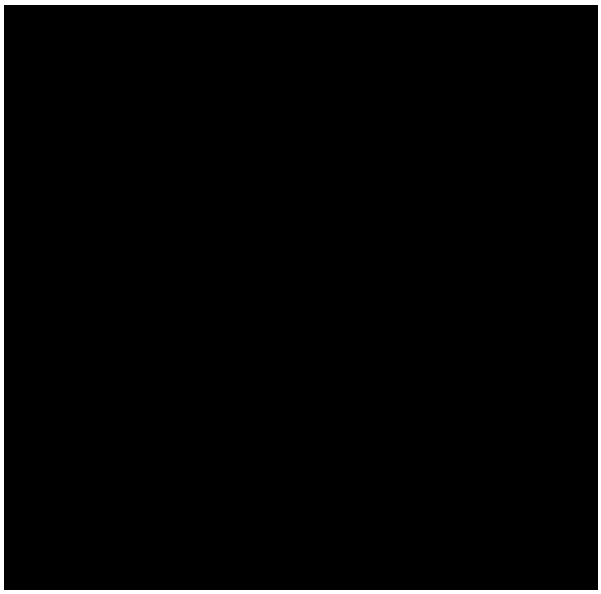


Bild 5: Errichtung der Antenne mittels eines Flugdrachens in St. John, Neufundland

Für die Antenne war zuerst ein Ballon vorgesehen. Am 11. Dezember war aber der Wind so stark, dass er den Ballon losriss. Am 12. Dezember wurde die Antenne daher mittels eines Flugdrachens hochgezogen. Um 12 Uhr 30, 13 Uhr 10 und um 14 Uhr hörte Marconi, wie er im Tagebuch festhielt, die Morsezeichen für den Buchstaben "s", also drei Punkte. Um ganz sicher zu gehen, wurde dieser Empfang auch am nächsten Tag bestätigt.

Bild 6: Marconi mit seiner provisorisch in St. John realisierten Empfangseinrichtung, basierend auf den italienischen Marinedetektor von Solari und Hörempfang mittels des Bell-Telephons

Der "Transatlantik-Test" in Form einer telegraphischen drahtlosen Übertragung von Morsezeichen von Poldhu (England) nach St. John (Kanada) über eine Distanz von 2.170 Meilen (ca. 3500 km) war damit erfolgreich bestanden. Dieses Ereignis, das ein neues Zeitalter der Kommunikation mittels elektrischer Mittel einleitete, wurde auch anschließend gebührend gefeiert. Das *American Institute of Electrical Engineers* veranstaltete zu Ehren von G. Marconi ihr "Annual Dinner", an dem so prominente Vertreter der Elektrotechnik wie Alexander Graham Bell, Charles Steinmetz und Michael Pupin teilnahmen. Thomas Alpha Edison und Nikola Tesla sandten Glückwunschtelegramme.

Bild 7: Ansicht des "Solari Detektors"

Schlussbetrachtung

Ausgehend von der historischen Großtat der Einrichtung der Telegraphie über Freileitungen und Kabel in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts und der Legung der Transatlantikkabel haben wir die Meisterleistung von Guglielmo Marconi der Überbrükkung des Atlantischen Ozeans mittels drahtloser Telegraphie im Jahre 1901 anläßlich deren 100-jährigen Jubiläums behandelt. Die dabei eingesetzten technischen Mittel waren, verglichen mit den heutigen Mitteln einer transatlantischen Datenübertragung denkbar einfach.

Für ein prinzipielles Verständnis der physikalischen Prinzipien und der technischen Anforderungen an ein solches modernes System kann aber auch heute noch durchaus mit einer historischen Betrachtung begonnen werden. Nach wie vor müssen etwa Buchstaben oder die menschliche Sprache, wie dies beim Morse-Code der Fall war, in einen digitalen Code transformiert werden. Die Modulation, im Falle eines Marconi-Systems realisiert durch Tastung eines hochfrequenten Signals, wird im Falle eines "GSM-Handys" durch die "Tastung" eines Trägersignals nach einem GMSK-Schema (GMSK=Gaussian Minimum Shift Keying) realisiert. Natürlich kann aus zur Erreichung einer schmalen Bandbreite auf eine Abstimmung im Sinne der "Syntonic Wireless Telegraphy" von Marconi auch in modernen Datenübertragungssystemen nicht verzichtet werden. Weiters ist es auch lehrreich, die verschiedenen weiteren Entwicklungsstufen und ihre physikalischen und technischen Prinzipien, die schließlich zum modernen Stand der "Drahtlosen Telegraphie", wie dieser etwa durch die heutigen Netze für mobile Telefonie und durch das Internet repräsentiert werden, kennen zu lernen.

Natürlich zeigt eine solche historische Entwicklung auch Sackgassen auf, die zur Erklärung heutiger Systeme keinen di-

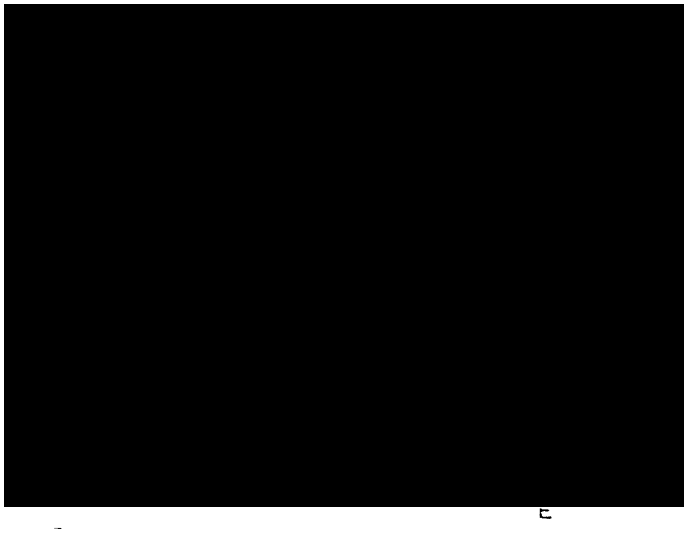


Bild 8: Schaltung des "Solari Detektors" mit galvanischem Element l und Bell Telephon m. Der Gleichrichtereffekt wird durch einen Quecksilbertropfen k erzeugt.

rekten Beitrag liefern. Beispiele dafür sind etwa mit der von Michael Pupin eingeführten "Bespulung" der Kabel (Pupin-Kabel), womit eine größere Reichweite für Telefonie-Signale (vor der Erfindung der elektronischen Verstärkung) erreicht wurde oder mit Hochfrequenz-Generatoren nach dem Dynamoprinzip (Alexanderson, Graf Arco, Goldschmidt) gegeben. Das Kennenlernen solcher heute inzwischen veralteter Methoden und Techniken ist aber doch nicht als sinnlos zu betrachten. Ihre Kenntnis kann unter Umständen - abgesehen von ihrem Wert im Rahmen einer Allgemeinbildung - Ideen für eine neue Methode oder Technik liefern.

Schrifttum

Tom Standage: *The Victorian Internet.* Walker and Company, ISBN 0-8027-1342-4, New York 1998.

James H. Kreuzer and Felicia A. Kreuzer: Marconi - the man and his apparatus. In: *The AWA Review*, published by The Antique Wireless Association, Bloomfield, New York 11469, Volume 9, pp. 6-96, 1995.

Bartholomew Lee: Marconi's Transatlantic Triumph - a skip into history. In: *The AWA Review*, published by The Antique Wireless Association, Bloomfield, New York 11469, Volume 13, pp. 81-97, 2000.

J. A. Fleming: *The Principles of Electric Wave Telegraphy.* Longmans, Green, and Co., London 1906.

J. A. Fleming: *Fifty Years of Electricity.* The Wireless Press LTD, London 1921.

Dr. Eugen Nesper: *Handbuch der Drahtlosen Telegraphie. Erster Band,* Berlin, Verlag von Julius Springer, Geschichtlicher Überblick, Kapitel II, S. 28-69, 1921.

Weiters sei auf die Internet-Adresse www.alpcom.it/hamradio/ hingewiesen, wo über weitere Links interessante Details zu Marconi und seinem Werk zu finden sind. Der Autor verdankt diese Information (nach Abschluss dieses Artikels) der Zeitschrift *Museums-Bote* des Ersten Österr. Funk- und Radiomuseums, herausgegeben von Peter Braunstein.

Das Erbe des großen Astronomen

Schulsternwarte im BRG Kepler Graz eröffnet

Gerhard Rath

Da hätte Johannes Kepler wohl seine Freude gehabt - die erste permanente Schulsternwarte Österreichs arbeitet nunmehr im BRG Keplerstraße Graz. Über einem Stiegenhaus thront die Kuppel (4 Meter Durchmesser, Fa. Baader). Entkoppelt vom Kuppelboden schauen zwei Teleskope in den Himmel, geführt von einer computergesteuerten Montierung: Ein Refraktor (Objektivdurchmesser 15 cm, f = 1200 mm) und ein Spiegelteleskop (Cassegrain, 32 cm, f = 4750 mm). Über eine digitale Kamera können Bilder online ins Schulnetz eingespielt werden.

Vielleicht hätte der große Astronom aber auch angemerkt, dass er seine Gesetze anhand von Daten gefunden hat, die durch Beobachtungen mit freiem Auge gesammelt wurden.

Die Schulsternwarte des BRG Keplerstraße Graz krönt das Nebenstiegenhaus.

Was nützt der Schule eine Sternwarte in der Stadt?

Tatsächlich ist es für einen Unterricht über Astronomie nicht unbedingt notwendig, Teleskope zur Verfügung zu haben. Sehr viel an grundlegenden Beobachtungen und Überlegungen lassen sich mit freiem Auge erarbeiten, eventuell unterstützt durch ein Fernglas. Aber: Irgendwelche Beobachtungen sind unabdingbar, soll die ganze Astronomie nicht "in der Luft hängen". Da wird herumgeturnt von Planetenschleifen zu Kepler-Gesetzen und Gravitationsfeld, aber die Planeten werden nicht gesehen bzw. erkannt.

Dr. Gerhard Rath, BRG Keplerstraße 1, 8020 Graz
e-mail: gerhard.rath@brgkepler.at

Die Aussage "Den Mars kann man von der Erde aus mit bloßem Auge sehen" wurde in einer Umfrage unter Besuchern des Berliner Zeiss-Planetariums von lediglich 37,5% bejaht [1]. Den knalligen Planetenbildern im Internet oder in Zeitschriften kommt vor diesem Hintergrund nicht mehr Realität im Bewusstsein zu als Bildern erfundener Planeten aus Science fiction Filmen.

Tatsächlich fehlt den Jugendlichen (wie der Bevölkerung insgesamt) der Bezug zum Nachthimmel als Teil der eigenen Lebenswelt, wie er in früheren Generationen gegeben war. "Kein Wunder bei diesem Gewirr von Licht in der Stadt - man sieht ja kaum mehr Sterne, wenn ich da an meine Zeit denke ..." - würde Johannes Kepler wohl anmerken.

Gerade eine Sternwarte bringt wieder einen Zugang zum Sternenhimmel in einer Stadt. Sie bringt die Schüler erst einmal dazu, wieder zum Himmel zu blicken. Sie macht Objekte sichtbar, die man mit dem unbewaffneten Auge nicht mehr wahrnimmt. Sie zeigt den Reichtum am Nachthimmel, die Schönheit astronomischer Objekte.

Welche Objekte beobachten wir?

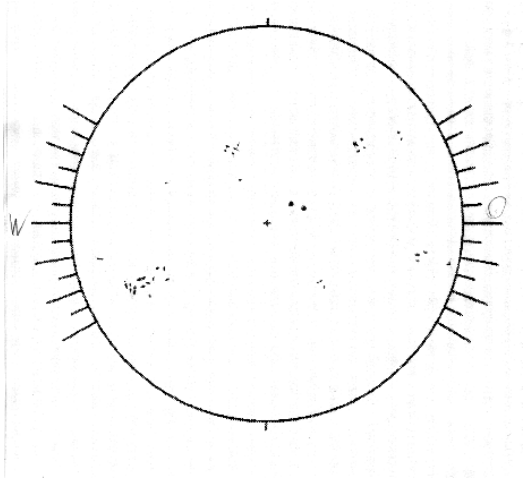
In der Stadt bieten sich in erster Linie lichtstarke Objekte an - bei diesen stört der helle Stadthimmel wenig.

Das wichtigste Objekt ist die Sonne: Sie ist ja während der Unterrichtszeit sichtbar, wir haben mehrere Methoden zur Beobachtung:

- Eine Objektivfilterfolie schwächt das Sonnenlicht so sehr, dass man direkt durchs Teleskop auf die Sonnenoberfläche blicken kann.
- Ein Projektionsschirm mit speziellen Okularen macht die Scheibe für mehrere Beobachter zugleich sichtbar; so kann sie auch problemlos abgezeichnet werden (Sonnenflecken, Rotation).
- Ein Herschel-Keil blendet den Großteil der Energie okularseitig aus - damit sind hochqualitative Aufnahmen der Sonne möglich.

Das beeindruckendste Objekt am Nachthimmel ist der Mond. Auf seiner Oberfläche kann man richtig "spazieren gehen". Wegen seiner Nähe und Lichtstärke sieht der Blick durchs Teleskop vergleichbar zu Fotos aus, auch für ungeübte Beobachter stellt sich ein Gefühl für die Vergrößerung und Leistungsfähigkeit der Teleskope ein, das sich sonst eigentlich nur bei der Ansicht irdischer Objekte ergibt.

Einen schönen Anblick bieten auch die großen Planeten Jupiter und Saturn. Sie sind auch in der Stadt mit freiem Auge sichtbar, womit ein Bezug zum unmittelbaren Beobachten hergestellt werden kann. Venus zeigt zeitweise interessante Phasengestalten, am Mars lassen sich Oberflächenstrukturen er-



Schülerzeichnung einer Sonnenprojektion mit Sonnenflecken vom 5.2.2002

kennen. Auch Doppelsterne und hellere Sternhaufen stellen in der Stadt kein Problem dar.

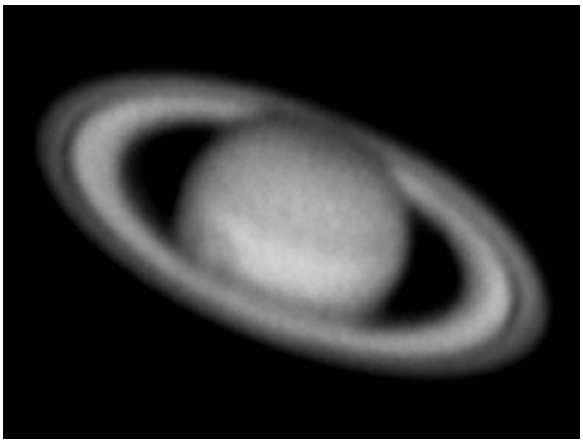
Wie sieht es aber mit Objekten aus, die gerade unter Amateurastronomen beliebt sind: Galaxien, Nebel ... ("Deep Sky Objects")? Natürlich nicht so gut wie außerhalb der Stadt, jedoch muss diese Aussage relativiert werden. Eine entscheidende Rolle kommt dem verwendeten Instrumentarium zu. Wir setzen Teleskope mit großer Öffnung und langen Brennweiten ein - dies macht den Himmelshintergrund dunkler. Wir arbeiten mit verschiedenen Filtern. Und wir verwenden die Computersteuerung, womit sich Objekte per Mausklick anfahren lassen, die man sonst mit dem Sucherfernrohr noch gar nicht gefunden hätte. Wichtig ist auch die Auswahl der Objekte. Für die Stadt eignen sich eher kleinflächige, helle Objekte, die möglichst hoch am Himmel stehen [2]. Jedenfalls erfordern diese Objekte erfahrene Beobachter und sind daher für Arbeit mit Schülern nicht die erste Wahl. Andererseits zeigt gerade Deep Sky, wie die moderne Astronomie störende Einflüsse zu minimieren versucht - man vergleiche etwa den zunehmenden Einsatz adaptiver Optik und elektronischer Bildaufnahme und -bearbeitung.

Doch Bilder hin und Objekte her - was wir in der Stadt beobachten können, lässt sich natürlich am Land mit ähnlicher Ausstattung besser sehen! Eine Schulsternwarte verfolgt jedoch grundsätzlich andere Ziele als eine Amateursternwarte oder ein professionelles Observatorium. Es geht um das Bekanntwerden mit Astronomie, um erste Zugänge, um Arbeit mit Teleskopen für Schüler, um Eigentätigkeit und um Einsicht und Verständnis in die Methodik aktueller astronomischer Forschung. Dazu spielt die Schulsternwarte ihre beiden größten Trümpfe aus: Präsenz und Erreichbarkeit.

- Thronend am Dach der Schule ist sie zumindest als Symbol ständig im Bewusstsein der Schüler, Eltern und Lehrer. Bereits ihr Anblick erweckt Neugier, das Betreten der Kuppel versetzt immer ein wenig in eine andere, faszinierende Welt. In der Sternwarte hat man nicht das Gefühl, in einem Raum der Schule zu sein!
- Sie kann jederzeit während der Unterrichtszeit genützt werden, aber auch am Abend ist sie wegen ihrer zentralen Lage gut erreichbar. Meist ist es kein Problem für Schüler auch ohne Eltern zu kommen, Schulweg und Umgebung sind bekannt. Weiters bietet das Schulgebäude eine umfangreiche Infrastruktur, etwa Räume und Ausstattung für begleitende Präsentationen oder Vorträge.

Johannes Kepler, der kritische Geist, scheint aber noch nicht ganz zufrieden: "Eine tolle Einrichtung, zweifelsohne, jedoch: Was wollt ihr denn konkret damit anstellen, was habt ihr vor?"

Mit dieser Frage trifft der Genius wieder einmal voll ins Schwarze. Eine Sternwarte bekommen ist schon schwer, sie sinnvoll zu nutzen noch viel mehr ...



Aufnahme des Saturns vom 19.12.01. Mit einer WebCam wurden Videos aufgenommen (je ca. 100 Einzelbilder), diese wurden mit dem Programm AstroStack (Freeware) überlagert und kombiniert.

Arbeit nach innen:

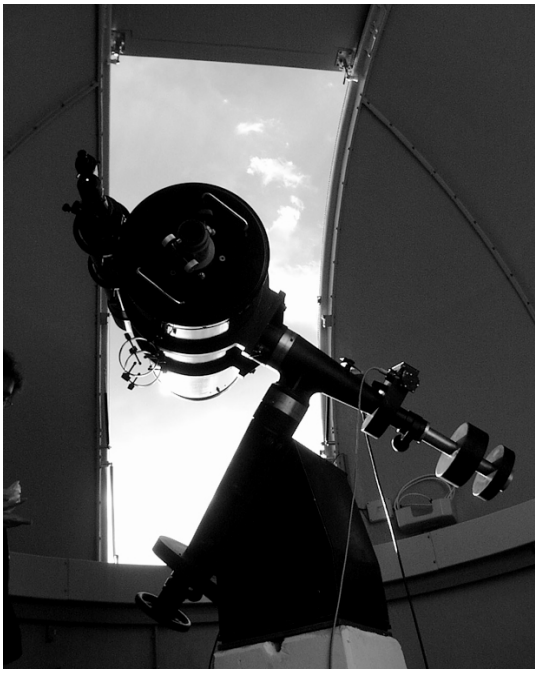
- Instandhaltung und technische Weiterentwicklung: Durch verschiedene Förderungen und Projekte konnten wir ein laufendes Budget auf die Beine stellen. Mit Mag. Bernd Lackner verfügen wir über einen versierten Amateurastronomen im Lehrkörper, dem auch ein Kustodiatsentgelt zugeteilt werden konnte. Enge Zusammenarbeit verbindet uns mit Alfred Schneider (Steirischer Astronomen Verein), der bereits in die Konzeption und Ausrüstung der Sternwarte involviert war.
- Einschulung von Lehrern und Schülern: Bisher sind vier Lehrer und zwei Schülerinnen in der Lage, die Anlage vollständig zu bedienen und auch Führungen zu machen. Dieser Kreis soll durch Einschulungen erweitert werden.
- Die Zusammenarbeit mit dem Steirischen Astronomen Verein und dem Institut für Astronomie der Universität Graz wurde intensiviert

Arbeit nach außen:

- Einmal pro Woche (jeden Montag Abend) ist die Sternwarte öffentlich zugänglich.
- Gegen Anmeldung sind Führungen für Gruppen auch an anderen Tagen möglich, insbesondere für Klassen anderer Schulen.
- Unsere eigenen Schüler lernen die Sternwarte im Rahmen des Physikunterrichts kennen.
- Es bieten sich vielfältige Gelegenheiten für besonders interessierte Schüler: Projekte, Fachbereichsarbeiten ...

Mit Schülern arbeiten wir also auf verschiedenen Ebenen:

- Möglichst viele Schüler (gerade in der Unterstufe) sollen erste Einblicke und Zugänge bekommen, Grundsätzliches über praktische Astronomie lernen, Interesse und vielleicht



Das Spiegelteleskop bei geöffneter Kuppel

Begeisterung sollen geweckt werden. Dazu setzen wir Führungen mit steigenden Anteilen möglicher Selbsttätigkeit der Schüler ein (Objekte anpeilen und scharfstellen, Okulare wechseln, Bilder aufnehmen)

- Kleinere Gruppen (Wahlpflichtfach, Oberstufenklassen) können gezielt an Projekten mit der Sternwarte arbeiten. Ein Beispiel: Im Rahmen der Scienceweek 2001 war die Sternwarte täglich geöffnet, die Betreuung hatte die 6.a-Klasse im Rahmen eines Projekt inne. Darin qualifizierten sich Schüler als Führer und erarbeiteten auch eine Präsentation, die parallel zu den Führungen (bei großen Gruppen) vorgeführt wurde. Dieses Projekt lief im Rahmen von IMST². Ergebnisse eines weiteren Projekts finden sich unter http://schueler.brgkepler.at/6bastro
- Aus solchen Gruppen kristallisieren sich die ganz besonders Interessierten heraus - etwa aus dem erwähnten Projekt die beiden Schülerinnen Barbora Benesova und Cornelia Singer. Fachbereichsarbeiten oder speziellere Projekte in Teams können besondere Förderungen ermöglichen. Dazu laden wir Spezialisten ein, die diesen Schülern ihr praktisches Können vermitteln (z.B. über Fotografie mit Digitalkameras oder Spektroskopie von Himmelsobjekten).

Lieber Johannes Kepler, deinem scharfen himmlischen Auge wird unser geringes Tun nicht verborgen bleiben, ich hoffe wir werden dem großen Namen ein wenig gerecht. Interessierte Erdlinge können uns im Internet besuchen
(http://www.brgkepler.at/sternwarte/sternwarte.html)
oder noch besser direkt und live.

Literatur

[1] Sterne und Weltraum 8-9/98

[2] A. Pikhard: Welche Nebel, Sternhaufen und Galaxien kann man noch von der Großstadt aus beobachten? In: *Der Sternenbote* 6/1980, S. 86

AstroEx - Astronomische Übungen für Schüler

Die European Space Agency (ESA) und das European Southern Observatory (ESO) haben zunächst vier Übungen zur Messung von astronomischen Distanzen entwickelt. Objekte zur Untersuchung sind: die Supernova SN 87a, die Spiralgalaxie M100, der Katzenaugen-Nebel und der Kugelsternhaufen M12. Damit kann man ohne mathematischen Aufwand das Alter des Universums und seine Ausdehnungsgeschwindigkeit abschätzen. Einzelheiten sind unter http://www.astroex.org/ zu finden. (Die interaktiven Beispiele funktionieren mit Internet Explorer 4.0 und höher.)

SUCCESS 2002

SUCCESS 2002 is a competition for the best proposal of a "Student" experiment onboard the International Space Station (ISS). The first prize is an internship with the European Space Agency ESA, and the chance to prepare the experiment for the International Space Station.

The construction of the International Space Station ISS has progressed to the point that it is permanently manned. Although its assembly will continue for a few more years, ISS is already available as a laboratory with unique features. It offers for example microgravity, provides a global view at the Earth and its atmosphere and allows observing the stars without looking trough the atmosphere.

In order to stimulate the minds of young people, the European Space Agency ESA, one of the partners in the ISS programme, is organising a contest for students called SUCCESS 2002. Students are invited to propose an experiment that could be conducted on board the International Space Station. The experiment has to make use of the unique features provided by the new research laboratory in Earth orbit.

The first prize of the contest is an internship at ESA's research and technology centre ESTEC in the Netherlands. During this internship, the student(s) can work on their own experiment with the possibility of qualifying it for a flight on board the International Space Station or an alternative preparatory flight opportunity.

If you are interested and want to know more about this unique opportunity or if you happen to know students that might be interested, please visit our web page and see what the contest is about and how students can participate. The address is: www.spaceflight.esa.int/users/success/

I want to emphasise that this contest is not only for students in engineering, physics, biology, etc. We also welcome initiatives from other (non- traditional) disciplines. If you have any questions concerning the competition you can contact me any time via the addresses below.

For technical details please contact Rogier Schonenborg under telephone: ++31 71 5653841,
e-mail: rogier.schonenborg@esa.int

Impulse für die Naturwissenschaftsdidaktik durch internationale Initiativen

Christian Gottfried

Um der europaweit um sich greifenden Geringschätzung der Naturwissenschaften und vor allem dem Schwund des Wissenschafternachwuchses entgegenzuwirken, veranstalteten die europäischen Großforschungsinstitute CERN (www.cern.ch), ESA (www.esa.int) und ESO (www.eso.org) im Jahr 2000 das Projekt *Physics on Stage*, das so gutes Echo fand, dass es heuer in *Physics on Stage 2* eine Fortsetzung gefunden hat. In 22 teilnehmenden europäischen Staaten beteiligten sich Physiklehrer ideell und finanziell zu innovativen Beiträgen in der Physikdidaktik motiviert an nationalen Wettbewerben. Die Gewinner, ca. 400 Lehrer und Pädagogen aus ganz Europa, nahmen vom 2. bis 6. 4. 2002 am "Fest der Physik" im europäischen Raumfahrtszentrum ESTEC/ESA in Noordwijk, NL teil und führten neue Ideen und Strategien vor, die der Faszination und Qualitätssteigerung des Physikunterrichts dienen sollen.

Vor dem Österreichstand in Noordwijk erprobt Prof. Wubbo Ockels, ESA Astronaut und Leiter des Festes, einen Papierfliege. Werner Gruber (li.), Universität Wien, erklärt die Aerodynamik, rechts MR Dr. Christian Dorninger und Dr. Christian Gottfried, PoS2 Koordinator

Österreich entsandte 10 Delegierte (www.teilchen.at/POS), die das Fest durch ihren Österreichstand mitgestalteten und einen Workshop zum Thema "Webphysics for the Classroom" leiteten. Vor allen Festgäste präsentierte eine Schülertruppe aus Graz ein Bühnenstück über Archimedes, seine Erfindungen und die Rolle seiner Ehefrau, und die magischen Kunststücke von Johann Huber aus Villach bewiesen im voll besetzten Vortragssaal das Faszinationspotential physikalischer Effekte. Im Verlauf des Festes wurden von den teilnehmenden Ländern insgesamt sieben Bühnenstücke und 14 Physikdemonstrationen zum Besten gegeben und auf den nationalen Ausstellungsständen waren weit über hundert Beiträge zu bewundern. Die 11 Arbeitsgruppen behandelten folgende Themen:

- *Physics and Science Curricula in Europe*
  Wojciech Nawrocik, Polen, nawrocik@main.amu.edu.pl
- *Science Education in Primary School and Kindergarten*
  Hartmut Wiesner, hartmut.wiesner@physik.uni-muenchen.de und Rainer Müller, rainer.mueller@physik.uni-muenchen.de
- *Multiple Intelligence Approach to Education in Physics*
  Wolfgang Welz, Deutschland, welz-bonn@t-online.de

Dr. Christian Gottfried, Koordinator von *Physics on Stage* in Österreich, email: christian.gottfried@cern.ch

Die Schülergruppe der International Bilingual School Graz führte mit ihrem Leiter DI Mag. Helmut Lambauer "The World of Archimedes" auf.

- *University-High School interface*
  Ivan Lalov, Bulgarien, upb@phys.uni-sofia.bg und Pedro Pombo, Portugal, ppombo@fis.ua.pt
- *The Role of History and Philosophy in Science Teaching*
  Nicolas Witkowski, Frankreich, nlwi99@aol.com
- *School Networks for Physics Experiments*
  Thomas Schmidt, BRD, tworf@hrz1.hrz.tu-darmstadt.de
- *Teacher Training Courses*
  Rosa Maria Ros, Spanien, ros@mat.upc.es
- *Physics in the Age of Space Research*
  Arturo Russo, Italien, russo@unipa.it
- *Webphysics for the Classroom*
  Andrea Mayer, Österreich, an.mayer@aon.at
- *Teacher Exchange Programs*
  Johanne Patry, Kanada, jopatry55@hotmail.com
- *European Research Organisations and Physics Education*
  Wubbo Ockels, ESA, http://www.esa.int

Eine Besonderheit von *Physics on Stage* ist die unbürokratische und wirksame Art, engagierte Lehrer der Realisierung neuer Ideen ideell und finanziell zu unterstützen. Für die Durchführung der nationalen Wettbewerbe und die Gestaltung des Abschlussfestes wurden großzügige Zuwendungen erteilt und die nationalen Gewinner wurden während des Festes von den Veranstaltern förmlich verwöhnt. Diese Atmosphäre der Wertschätzung, die vielfachen Anregungen durch die internationalen Physikstände, Präsentationen, Aufführungen und Arbeitsgruppen erzeugten unter den Teilnehmern eine spürbare Entschlossenheit das Erlebte nutzbringend zu verwerten. In einer Dokumentation werden Beiträge und Resultate der Arbeitsgruppen von *Physics on Stage 2* zusammengefasst und Lehrern in ganz Europa zugänglich gemacht werden.

Physics on Stage 2 wurde von der ESA veranstaltet und von fünf weiteren europäischen Forschungsorganisationen unterstützt: CERN, ESO, EFDA-JET, EMBL and ESRF. Diese Forschungsinstitute arbeiten im EIROFORUM zusammen und es besteht die Absicht, Physics on Stage zu einer ständigen Einrichtung mit jährlichen Großveranstaltungen zu machen.

Das nächste Festival ist für November 2003 ins Auge gefasst und soll "Science on Stage" genannt werden. Sobald Details dazu feststehen, werden diese auf http://www.teilchen.at/POS ersichtlich sein.

Faszination und didaktische Relevanz des Young Physicists Tournament

Brigitte Pagana-Hammer

Der seit vier Jahren auch in Österreich ausgetragene Wettbewerb Young Physicists Tournament findet bei uns wie in vielen anderen Ländern immer größeres Interesse und - was besonders auffällt - er hat die Wirkung einer Droge: *Wer einmal mitgemacht hat, ist ihm verfallen*. Ehemalige Teilnehmer, die längst an Universitäten auch andere Fächer als Physik studieren, Lehrerinnen und Lehrer, die unter ständiger Überlastung stöhnen, und hochkarätige Vertreter der Wissenschaft nehmen, oft auch jahrelang nachdem sie selbst direkt mit dem Bewerb befasst waren, aktiv Anteil an der Vorbereitung und am Abschneiden ihrer Mannschaft.

Setzt man sich mit der offensichtlichen Faszination dieses Wettbewerbs auseinander, stellt sich automatisch die Frage: *Was ist der Trick dabei, was macht ihn so interessant?* Für den Fachdidaktiker wirft das eine weitere Frage auf: *Was kann ich aus diesem Modell für den Unterricht gewinnen?*

Der Antwort auf diese Fragen soll an Hand eines Beispiels nachgegangenen werden, das voriges Jahr von der österreichischen Mannschaft in Helsinki vorgetragen wurde.

Die Aufgabe trug den Titel "Cracks": Gemeint war dabei ein Phänomen, das wir alle aus dem Alltag kennen. Trocknet ein Pfütze aus, oder sieht man Fotos von ehemaligen Flüssen und Seen in Trockengebieten der Erde, so zeigen sich Risse in der lehmigen bzw. sandigen Oberfläche. Ein ähnliches Phänomen kann man sehen, wenn stärkehältige Substanzen in einem Gefäß vertrocknen. Die Fragestellung fand viele Freunde, mich selbst eingeschlossen. Zahlreiche Schülerinnen und Schüler wurden zum Rühren von Stärkebrei verschiedenster Mischungsverhältnisse, zum Fotografieren des Trocknungsprozesses unter unterschiedlichsten Rahmenbedingungen und der endlich entstehenden Risse angeregt. Bald war allen klar: Das physikalische Vorwissen gab wichtige Hinweise auf mögliche Ansätze zur Erklärung, reichte aber weder bei Schülern noch bei Lehrern zur Klärung aus. Hypothesen wurden aufgestellt, diskutiert und wieder verworfen. Wir versuchten, die Resultate mit Hilfe von nur sporadisch zu findenden Bemerkungen zu diesem Phänomen in einschlägigen wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu interpretieren, und bemühten Fachleute an Universitäten. Dem Phänomen war nicht beizukommen!

Damit sind wir schon einigen Faszinationsträgern auf der Spur. Ein zwar lebensnahes, jedoch komplexes Problem entzieht sich der Erklärung mit Hilfe von herkömmlichem, allseits anerkanntem Wissen. Neugierde kommt auf. Kreativität unter Einsatz des eigenen Vorwissens, Vorstellungskraft und Kommunikationsfähigkeit sind gefragt. Es entwickelt sich eine ungewöhnliche Aktivität, denn hier geschieht etwas Besonderes. Alle Beteiligten können den Paradigmenwechsel vom Physikunterricht als - häufig unverstandenem - Auswendiglernen scheinbar gesicherter Erkenntnisse zum Physiklernen als Entdecken und Bearbeiten authentischer offener Probleme selbst miterleben. Fast alle im YPT gestellten Probleme tragen dieses Charakteristikum.

Mit Hilfe von Experten der Universität Leoben gelang dem Leobener Team (Georg Hofferek, Daniel Imrich, David Reitbauer unter der Leitung von Prof. Gerhard Haas) der folgende, hier vereinfacht dargestellte, Lösungsansatz:

Die Beobachtungen legten die Hypothese nahe, dass Adhäsionskräfte zwischen der Lösung und den Gefäßwänden für die Ausbildung der auffälligen, bis an den Gefäßboden reichenden und über die gesamte Oberfläche laufenden Risse verantwortlich seien (Bild 1 und Bild 2).

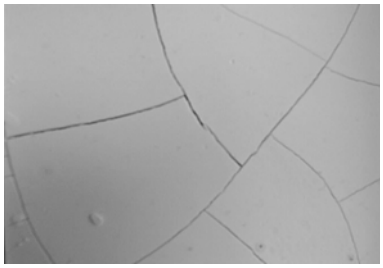


Bild 1: Adhäsion: Bis an den Gefäßboden reichende, durchgehende Risse

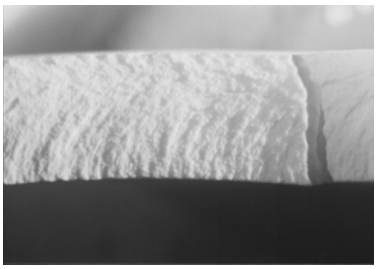


Bild 2: Seitenansicht eines Risses unter dem Mikroskop

Solche Risse wurden in Gefäßen, die mit Plastikfolie ausgelegt waren, nicht beobachtet. Die Folie gab nach, und daher konnten die Adhäsionskräfte nicht als Risse wirksam werden. An der Oberfläche zeigten sich jedoch stets kleine, meist nicht tiefreichende Risse, die knapp unter der Oberfläche zusammenhängende vieleckige "Inseln" ausbildeten. Nur selten reichten solche "Inseln" auch in tiefere Schichten oder gar bis zum Boden. Das Entstehen dieser "Inseln" wurde dem Auftreten von Spannungsgradienten beim Austrocknen zugeschrieben. Dieser Gradient bildet sich durch den unterschiedlichen Feuchtigkeitsgrad und damit auch die unterschiedliche Viskosität in den einzelnen Flüssigkeitsschichten aus (Bild 3).

Nach einer intensiven Internet-Recherche konnte das Leobener Team eine neue japanische Untersuchung [3] ausfindig machen, die Aufschluss über die Ausbildung von solchen "In-

Mag. Dr. Brigitte Pagana-Hammer, BRG 22 Polgarstraße, 1220 Wien
email: pagana@a1.net

Bild 3: Durch Spannungsgradienten hergerufene "Inselrisse"

seln" in dünnen übereinander lagernden Schichten gibt. In dieser Studie werden die Spannungsverhältnisse bei bestimmten Viskositäten und die Energiebilanz bei der Trennung solcher Schichten genau berechnet, und es wird daraus auch eine Näherungsformel zur Berechnung der Inseldurchmesser abgeleitet:

$$2a_0 = \frac{B}{c_1 B + c_2}$$

wobei a_0 der Radius der Inseln, B die Dicke der Schichten und c_1 und c_2 zwei, aus der Ableitung hervorgehende, dimensionslose Konstanten sind. Für unsere Versuchsanordnung waren $c_1 = 0{,}095619$ und $c_2 = 0{,}33579$, was mit den in der Theorie angenommenen Werten $c_1 = 0{,}1$ und $c_2 = 0{,}3$ recht gut übereinstimmt. Damit konnte die für unsere Lösung zu erwartende Inselgröße vorausberechnet und mit den tatsächlich gemessenen Durchmessern verglichen werden:

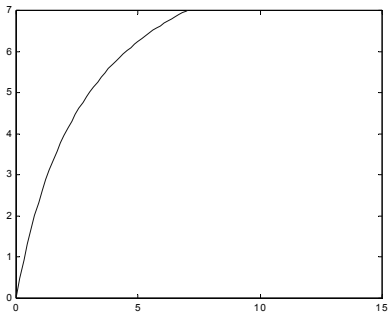


Bild 4: Theoretisch bestimmte Inseldurchmesser

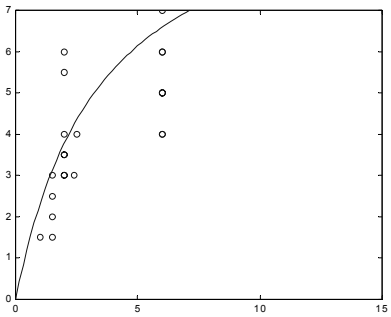


Bild 5: Tatsächlich gemessene Werte für die Inseldurchmesser bei bestimmten Schichtdicken

Auf der y-Achse wurden die mittleren Durchmesser in mm, auf der x-Achse die Schichtdicke, ebenfalls in mm, aufgetragen. Theorie und Praxis zeigen, wie zu erwarten, für dünne Schichten eine gute Übereinstimmung. Für dickere Schichten, welche die vom Team zur Anwendung gebrachte Theorie nicht berücksichtigt, weichen die Werte erwartungsgemäß stark ab.

Variationen hinsichtlich der verwendeten Materialien (verschiedene Stärkearten und Lösungsmittel sowie Konzentrationen) führten stets zu sehr ähnlichen Resultaten. Auch die Verwendung von Lösungen mit unterschiedlichen Temperaturen bis 70°C gaben vergleichbare Resultate. (Über der genannten Temperatur wird Stärke zu einer Paste mit sehr hoher Viskosität - zu Kleister.)

Damit war dem Team eine selbständige kleine Forschungsarbeit gelungen, auf die alle Teammitglieder stolz sein konnten. Jeder hatte seinen Beitrag geliefert: Daniel Imrich war für dieses Projekt der Hauptverantwortliche. Ihm war die erfolgreiche Suche nach einer brauchbaren Theorie anvertraut. Genaues Lesen des nicht einfachen Artikels aus einer hochspezialisierten Fachzeitschrift war für alle Teammitglieder angesagt. Denn erst dann konnte der Inhalt in gemeinsamer Diskussion verstanden und durch gemeinsames Experimentieren auf seine Anwendbarkeit hin überprüft werden. Bereits Bekanntes wurde während des Studiums vertieft und Neues dazugelernt. Freilich waren die Hinweise von Experten und Lehrern unerlässlich. Die Umsetzung war jedoch dem Team selbst überlassen. Der eigentliche Erkenntnisgewinn resultierte aus der selbständigen Auseinandersetzung mit einem physikalischen Problem. *Saubere Anwendung naturwissenschaftlicher Methodik, Informationsaustausch und Kooperation unter den Teammitgliedern genauso wie mit der Fachwelt* trugen wesentlich zur erfolgreichen Interpretation des, auch in Physiklehrbüchern [2] abgebildeten, jedoch keineswegs erforschten Phänomens bei.

Welche Mechanismen waren für die intensive, engagierte Beschäftigung und für den erfolgreichen Abschluss dieser weit über das schulische Niveau hinausgehenden Forschungsarbeit verantwortlich? Offenbar führt das Bewusstsein, *selbständig und eigenverantwortlich* etwas zu schaffen, und damit auch soziale Verantwortung im Team für die gemeinsame Sache zu übernehmen, zu einer sehr weitgehenden *Identifikation* mit dem Gegenstand. Ungeahnte Potentiale der Physik, der Lehrenden und der Lernenden werden freigelegt. Die Begeisterung erfasst nämlich nicht nur die Schülerinnen und Schüler, sie macht auch vor dem betreuenden Lehrer nicht Halt. Der emotionale Bezug - Identifikation und Begeisterung - sind für einen erfolgreichen Lehr- und Lernprozess nicht zu unterschätzen.

Als nun die Forschungsresultate feststanden, mussten daraus auch die notwendigen Schlussfolgerungen gezogen und diese für die Präsentation vor einem fachkundigen, aber mit dem Problem selbst nicht näher vertrauten Publikum aufgearbeitet werden. Die zu erforschenden "Cracks" sind in zwei unterschiedliche Typen einzuteilen: jene, die durch Adhäsion mit den Gefäßwänden zu Stande kommen und jene, die als Inselcracks bezeichnet werden. Letztere waren eindeutig das komplexere und daher auch das interessantere Phänomen. Sie sollten in der *Präsentation* vor allem Berücksichtigung finden.

Damit war ein weiterer wesentlicher Schritt getan: Die *Überprüfung der eigenen* Arbeit auf das Wesentliche und Neue hin. Im vorliegenden Fall war das recht einfach. Aber nicht bei vielen YPT-Problemen liegt es so klar auf der Hand, was wirklich der springende Punkt ist. Unter mehreren plausiblen Lösungsansätzen ist zu wählen. Es sind Stärken und Schwächen gegeneinander abzuwägen. Dass diese Überlegungen in der Präsentation entsprechend berücksichtigt und argumentiert werden,

ist ein wichtiges Element für die in den Physics Fights - so heißen die kleinsten Einheiten des Turniers - vorgesehene wissenschaftliche Diskussion. Mit Spannung wird erwartet, ob man die Kolleginnen und Kollegen und die Vertreter der Fachwelt von der eigenen Meinung überzeugen kann. Das spielerische, ja sportlich kämpferische Moment ist neben der Befriedigung des eigenen Wissensdursts und Forschungsdranges eine nicht zu unterschätzende Motivation.

Zur Erstellung einer gefälligen Präsentation wurden die Experimente durch die Fotographien und durch einen kurzen Film veranschaulicht. Gemeinsam mit den theoretischen Erörterungen und den Berechnungen wurden sie in eine heute zum Standard gewordene *Power Point* Präsentation verpackt. Das ganze natürlich auf Englisch, denn es ging ja zum IYPT nach Helsinki. Die problemlose Verwendung der *englischen Sprache* ist angesichts der um sich greifenden Internationalisierung und Globalisierung nicht nur ein allgemeines Bildungsziel, sie ist für angehende Naturwissenschaftler eine Selbstverständlichkeit. Als solche wird sie denn auch empfunden, wenn ein paar Hundert junge Forscher aus rund 20 Nationen mit dem Ziel zusammentreffen, ihre ersten wissenschaftlichen Erfahrungen auszutauschen. Dass dabei das gegenseitige Kennenlernen und die Unterhaltung nicht zu kurz kommen, versteht sich von selbst. Die strahlenden Gesichter auf dem Foto der österreichischen Mannschaft beim 14th IYPT 2001 in Helsinki beweisen es. (Bild 6)

Bild 6: Das österreichische Team belegte in Helsinki 2001 einen hervorragenden 4. Platz

Die Präsentation unserer Lösung des Problems "Cracks" führte die Mannschaft zu einigen wichtigen, weiteren Erkenntnissen. Will man wissenschaftlich erfolgreich argumentieren, ist ein grundlegendes Verständnis des Problems eine unbestreitbare Voraussetzung. Das allein genügt jedoch nicht. Für den unbefangenen Zuhörer, auch für den Fachmann, stellt es eine Herausforderung dar, die Richtigkeit einer ziemlich komplizierten Theorie in den knappen 12 Minuten, die für eine Präsentation vorgesehen sind, zu überprüfen. Überzeugungskraft, Flexibilität und Sicherheit im Vortrag und nicht zuletzt die Möglichkeit, vernetzt zu denken, sind erforderlich. Nur so lassen sich rasch und einsichtig Zusammenhänge zwischen den einzelnen Schritten der Theorie einerseits und zwischen Theorie und Experiment andererseits herstellen. Gerade die Diskussion um die "Cracks" hat das gezeigt. Der österreichische Lösungsansatz, die solide wissenschaftliche Arbeit, fanden zwar die Anerkennung der Jury. Die Diskussionen gingen aber noch weit über die vorgesehene Zeit hinaus. Souveräner zu argumentieren bietet sich demnach als eines der Ziele für die nächsten Jahre an. Neuen Zielen zuzustreben, der Wunsch sich weiter zu verbessern, ist der Motor jedes Lernprozesses. Gerade deshalb werden wir alle auch beim nächsten YPT mit noch größerem Einsatz dabei sein.

Das YPT setzt konstruktivistische Ansätze im naturwissenschaftlichen Unterricht um. Die Erforschung von komplexen, zunächst unstrukturierten Problemen lässt Lernen als aktiven Prozess erleben. Eine positive, engagierte Lern- und Lehrhaltung sind Voraussetzung und Folge. Zur Verbreitung nicht nur des hier beschriebenen Wettbewerbes, sondern auch des ihm zu Grunde liegenden pädagogischen und didaktischen Ansatzes wird vielfach ein tiefgreifendes Umdenken, die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen und der Einsatz von neuen Unterrichtstechniken von Nöten sein. Dadurch werden im Physikunterricht Akzente gesetzt: Es wird ein *zeitgemäßes, aktuelles Wissenschaftsbild* vermittelt, das den ständigen Veränderungen in der Naturwissenschaft und damit der Zukunft einen größeren Stellenwert einräumt als bisher. Die vielfältigen Bildungsmöglichkeiten, welche die Physik bietet, werden besser genützt und die Erschließung der Potentiale der Lehrenden und Lernenden stärkt das Vertrauen in die Qualitäten und die Chancen des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Auch naturwissenschaftlich schwächer begabte bzw. interessierte Jugendliche werden durch einen Unterricht, in dem der Kreativität und der sozialen Komponente eine wesentliche Bedeutung zukommt, leichter zur Physik geführt werden können. Der "mancherorts beobachteten Naturwissenschaftsfeindlichkeit" [1] und den, unter Schülern verbreiteten, Vorurteilen gegenüber dem Fach Physik kann so wirksam begegnet werden.

Bibliographie

[1] Labudde, Peter: Selbständiges Lernen. Eine Chance für den Physikunterricht. In: *Unterricht Physik*, Heft 37, Februar 1997. 8. Jahrgang.

[2] Lewisch, Ingrid: *Physik in Alltag und Technik 1.* Westermann Wien, 1986.

[3] Nakasa, Keijiro et. al.: An analysis of island-delamination type cracking pattern in the brittle film coated on a disk under axisymmetric tension. In: *Engineering Fracture Mechanics* Vol. 59, No. 2, pp.191-202, 1998, (Elsevier Science).

Am österreichischen Jung-Physiker Turnier AYPT in Leoben (2.-4. Mai 2002) nahmen neben inländischen Mannschaften Teams aus Polen, Slowakei, Slowenien und Italien teil. Im Bild bereitet sich das slowakische Team vor.

Dieter Nachtigall 75

Helmut Kühnelt

Im Februar 2002 vollendete Univ.-Prof. Dr. Dieter Nachtigall sein 75. Lebensjahr. Nach einer Laufbahn als Physiklehrer und forschender Kernphysiker wurde ihm an der neugegründeten Universität Dortmund die Physikdidaktik anvertraut. Für Dieter Nachtigall steht der lernende Mensch stets im Zentrum. Nach seiner Emeritierung wurde Alfred Pflug von der Universität Wien sein Nachfolger. 1998 wurde er mit der Medaille der International Commission for Physics Education vor allem auch in Hinblick auf seine Bemühungen, den naturwissenschaftlichen Unterricht in der dritten Welt zu fördern, ausgezeichnet. Mehrmals war er Vortragender bei der Fortbildungswoche und bei Seminaren österreichischer Lehrer. Die untenstehenden Thesen entstammen dem Artikel "Krise des Physikunterrichts", den er für die allererste Ausgabe von PLUS LUCIS im Jahr 1993 (s. http://pluslucis.univie.ac.at/Artikel/nachtiga.pdf) verfasst hat. Den Festvortrag "Physik für das Leben lernen" hielt Helmut Kühnelt, was Gelegenheit gab, dem Jubilar für die Impulse zu danken, die er dem naturwissenschaftlichen Unterricht in Österreich gegeben hat.

Dieter Nachtigall

Erste These: Naturwissenschaft und Technologie dürfen nicht von der Menschheit wegführen, sondern sollen zum Wohle und mit dem Ziel der gerechten Anteilnahme aller Menschen an ihren möglichen Segnungen betrieben werden. Das ist eine Erziehungsaufgabe, an der der Physikunterricht maßgebenden Anteil hat.

Zweite These: Physikalischer Schulunterricht muss von der Faktenhuberei befreit werden. Weniger Einzelfakten, aber mehr Fragen, weniger Wert auf kurzzeitig abrufbar Memoriertes, aber mehr Wert auf Erkennen von Zusammenhängen, weniger idealisierte Standardbeispiele, aber mehr Probleme aus der Lebenswelt, weniger faktenmäßige, mehr intellektuelle Inhalte.

Dritte These: Jemandem Schulstoff vortragen ist nicht lehren; etwas im Gedächtnis abspeichern ist nicht lernen; Abgespeichertes Memorieren können ist kein Nachweis für Verständnis; Lehren erfordert, sich mit Lehrstoff und Lernenden gleichsam solidarisch einlassen. Aber Lernen ist eine Aktivität, die von, nicht an einem Individuum verrichtet wird.

Vierte These: Es gibt noch viel Raum für die Verbesserung der Physiklehrerausbildung an den Universitäten. Betrachten wir Lehren nicht als Belastung, sondern, wie das Forschen, als begeisternde Herausforderung. Dann kann das Lernen der zukünftigen Lehrer zu einem aufregenden Abenteuer werden, dem man nicht entgehen möchte.

Fünfte These: Die physikalische Lehr-Lernforschung hat zwingende Evidenzen für die Bedeutung von Präkonzepten der Schüler beim Lernen von Physik erbracht. Ohne deren Thematisierung im Physikunterricht, ohne ihre Konfrontation mit physikalischen Konzepten, ohne die auslösende Wirkung des Bewusstwerdens des mentalen Konfliktes auf Änderungsprozesse in den Denkstrukturen kann die weitverbreitete Bildung von Misskonzepten auch in Zukunft nicht verhindert werden. Dadurch würde Physikunterricht weiterhin ineffektiv bleiben. Strategien zur Überwindung vorhandener Misskonzepte, zur Erhebung von Präkonzepten und ihre Transformation in physikalische Konzepte sind deshalb die wichtigsten aktuellen Themen für die Physiklehrerfortbildung.

(Der vollständige Artikel ist unter der angegebenen Webadresse nachzulesen.)

Freihandexperimente

Werner Rentzsch

Der eiserne Boden - Eisennachweis in Gartenerde und Sand

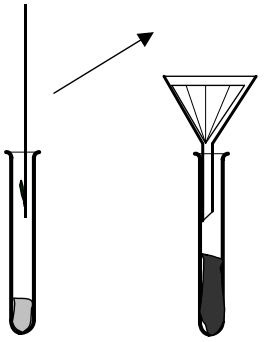
Material: 2 Stative mit Stativmaterial, 4 RG groß, Gummistopfen passend, 2 Glastrichter, Faltenfilter, Holzspan, Gartenerde, Sand, Salzsäure conc, Lösung von gelben Blutlaugensalz ca. 10%

Durchführung:

- In die beiden RG's gibt man je ca. 1 cm hoch Gartenerde und Sand. Jetzt gibt man ca. 1 cm hoch Wasser dazu und schüttelt. Es folgt Zugabe von Salzsäure.
- Man wartet, bis kein Schäumen mehr erfolgt.
- Mit einem Holzspan kann ein CO_2-Nachweis durchgeführt werden.
- Jetzt füllt man mit Wasser auf, schüttelt und wartet dann einige Zeit, bis sich die festen Bestandteile abgesetzt haben.
- Beide Aufschlämmungen werden direkt in zwei weitere RG's mit gelber Blutlaugensalzlösung abfiltriert.

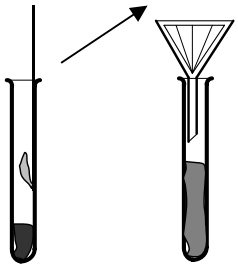
Beobachtung:

a) Sand
- starkes Aufschäumen
- Holzspan erlischt
- fast farbloses Filtrat
- leichte Blaufärbung



Sand + HCL gelbes Blutlaugensalz

b) Gartenerde
- schwaches Aufschäumen
- Holzspan erlischt nicht immer
- braungelblich gefärbtes Filtrat
- starke Blaufärbung



Gartenerde + HCl gelbes Blutlaugensalz

Erklärung:

Die Salzsäure bildet mit den Carbonaten Kohlenstoffdioxid.

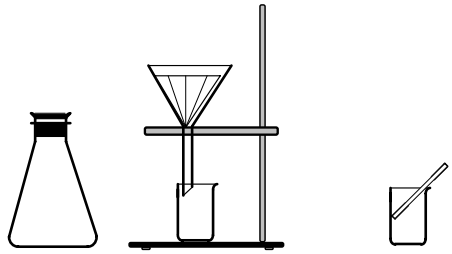
a) Sand: Starker Carbonatgehalt; enstehendes Kohlenstoffdioxid bringt den Span zum Erlöschen; geringer Eisengehalt.
b) Gartenerde: Geringer Carbonatgehalt, hoher Eisengehalt.

Der Nährstofftest - Nitratbestimmung in Böden

Material: Erlenmeyerkolben weithals mit dazupassendem Stopfen, Filtriergestell, Glastrichter, Faltenfilter, Becherglas, Bodenprobe, Löffel, Waage, Mensur, dest. Wasser, Nitrat-Teststreifchen, Reflektometer

Durchführung:

- 100 g Bodenprobe werden abgewogen und mit 100 ml dest. Wasser im Kolben einige Minuten lang geschüttelt.
- Die Aufschlämmung wird durch ein Faltenfilter in ein kleines Becherglas filtriert.
- Die Nitratkonzentration des Filtrats wird zuerst mit einem Teststreifchen und dann mit dem Reflektometer bestimmt.



Erde + Wasser Nitratmessung

Beobachtung: An der Stärke der Rotfärbung kann durch Vergleich mit der Kontrollfarbe auf der Streifchenverpackung die Nitratkonzentration in ppm abgelesen werden.

Die Nitratkonzentration wird von der Digitalanzeige des Reflektometers abgelesen.

Erklärung: Die Konzentration des gemessenen Nitrats hängt von der Bodenart und der Stärke Nitratdün-gung ab.

Hinweise:

- Die Vorprobe der Nitratkonzentration ist wichtig, da so festgestellt werden kann, ob der Messbereich des Reflektometers überschritten wird.
- Die Probennahme der Erde erfolgt derart, dass bis zu einer Tiefe von ca. 30 cm mehrere Proben entnommen werden. Die Teilproben werden dann vermischt und man erhält einen Durchschnittswert der Nitratkonzentration.

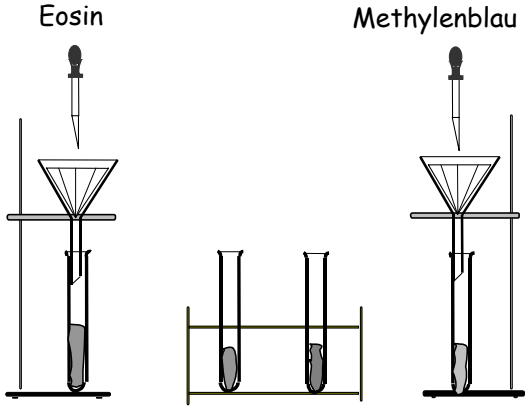
Die verschluckte Farbe - "Filterwirkung" von Blumenerde

Material: Stativ und Stativmaterial, 2 Glastrichter, 4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, 2 Meßpipetten, Spritzflasche, 2 Faltenfilter, Eosinlösung, Methylenblaulösung, Blumenerde

Durchführung:

- Zwei Trichter werden so im Stativ fixiert, dass das Filtrat in zwei Reagenzgläsern aufgefangen werden kann.

- Die eingelegten Faltenfilter werden ca. bis zur Hälfte mit Gartenerde gefüllt - in die Mitte der Erdproben macht man jeweils eine kleine Vertiefung.
- In die Mitte der Vertiefung tropft man vorsichtig ca. 4 ml Eosinlösung; in das zweite Filter tropft man 4 ml Methylenblaulösung.
- Neben die Anordnung stellt man den Reagenzglasständer mit 2 RGs, in die man als Vergleichslösungen Eosin und Methylenblau füllt.
- Anschließend "spült" man solange mit Wasser aus der Spritzflasche nach, bis das Filtrat in die Reagenzgläser tropft.



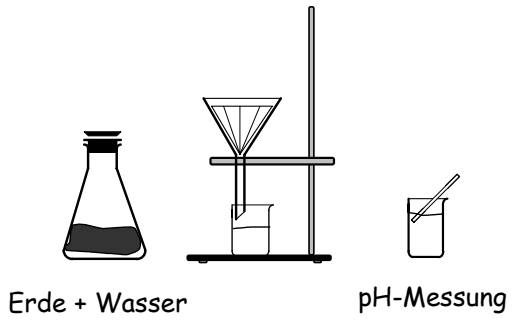
Beobachtung:
- Das Filtrat der Eosinlösung wird nur leicht heller.
- Das Filtrat der Methylenblaulösung ist (fast) farblos.

Erklärung:
- Die negativen Eosin-(Anionen) werden nicht an der Erde angelagert.
- Die positiven Methylenblau-(Kationen) werden vom Boden zurückgehalten.

Saure Böden - pH-Wert in Böden

Material: Erlenmeyerkolben weithals mit dazupassendem Stopfen, Filtriergestell, Glastrichter, Faltenfilter, Becherglas, Blumenerde, Löffel, Universalindikatorpapier, pH-Meter

Durchführung:
- Einige Löffel Erde werden im Erlenmeyerkolben mit etwa der gleichen Menge Wasser versetzt. Der Kolben wird mit dem Stopfen verschlossen und 2 Minuten lang geschüttelt.
- Die Aufschlämmung wird durch ein Faltenfilter in ein kleines Becherglas filtriert.
- Der pH-Wert des Filtrats wird zuerst mit einem Teststreifchen und dann mit dem pH-Meter gemessen.



Beobachtung: In dem klaren Filtrat kann mit den Teststreifchen und dem pH-Meter der pH-Wert abgelesen werden.

Erklärung:
Neutraler bis schwach basischer Boden: pH 6,5 - 8,5
Schwach saurer Boden : pH 5,5 - 6,5
Mäßig saurer Boden: pH 4,5 - 5,5
Saurer Boden: pH 3,5 - 4,5
Stark saurer Boden: pH kleiner als 3,5

Tauschbörse

Folgende Teile aus CATT-Experimentiermodul Box 3, großteils originalverpackt, sind ausschließlich mit dem Basisgerät von *NTL computer physics* zu verwenden und stehen daher zum Verkauf (Preis nach Vereinbarung) oder Tausch:

Artikelnummer	Bezeichnung
DE453-1V	Verteilerklotz
P4105-1A	Anschlusskabel mit Buchse und Stekkerstift
P3914-1D	STB Temperaturfühler
P3913-1A	Adapter für Pegelverstärker / Temperaturfühler
P1524-3A	Pendelkörper für Gabellichtschranke
P1324-1A	Gabellichtschranke auf Reiter
P1524-1A	Fallkörper
P3914-3A	STB Spule mit Anschlusskabel
P3914-1C	STB Mikrofon mit Pegelverstärker
P1311-2C	Wagen mit Tachogenerator/Motor
P1310-2C	Anschlusskabel für Wagen
P4110-5F	Adapter DIN 5-polig / 3 Steckerstifte 4 mm
P1313-1A	Blende 2 cm, steckbar
P1313-1B	Blende 2 cm, mit Spalt, steckbar

Anfragen an: Mag. Petra Wruß, HTL 1 Bau & Design, Goethestr. 17, 4020 Linz, Tel 0732 66 26 02 (Fax: DW 11), email: htl1@eduhi.at

Funktionsmodell Auge - selbst gebaut

Josef Kriegseisen

Didaktische Hinweise:

- anschauliche Demonstration der Bildentstehung im Auge (Netzhaut)
- auch für den Einsatz in BU sehr gut geeignet
- der realistischen Ausgestaltung des Modells sind keine Grenzen gesetzt
- Der entsprechende Versuchsaufbau auf der optischen Bank (Kerze-Sammellinse-Mattscheibe) ist für die SchülerInnen nicht unbedingt leicht transferierbar auf die Verhältnisse am Auge. - Prinzip der Anschaulichkeit!
- Warum Selbstbau? - es gibt natürlich fertige, teuere Alternativen im Lehrmittelhandel...

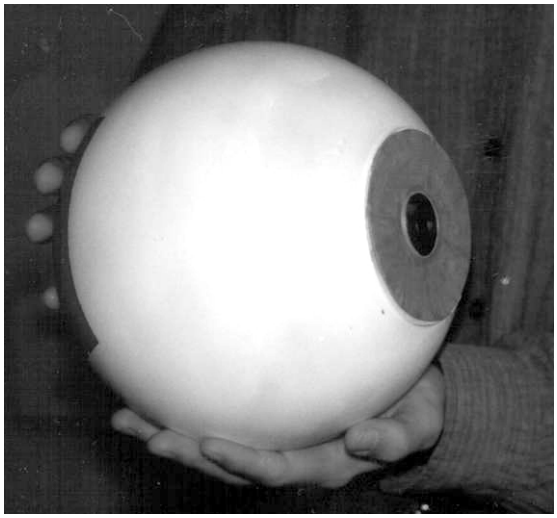


Abb. 1: Augenmodell aus Lampenkugel

Benötigte Materialien:

Kugelförmige Lampenschale aus milchig-weißem Glas oder Kunststoff, Durchmesser je nach Angebot (günstig sind Restposten bzw. Ersatzlampenschalen),
Sammellinse d = 20 - 50 mm, Brennweite f richtet sich nach den Abbildungserfordernissen, meist wird man in der PC-Sammlung fündig,
fester Karton,
Schneidezirkel (Sammlung Technisches Werken),
Lackspraydose weiß und schwarz,
ev. Acrylfarben (Farben für Modellbau) zur Gestaltung der Iris,
Abdeckband für Malerarbeiten (Malerkrepp),
doppelseitiges Klebeband.

Vorbereitung/Bau:

An der Rückseite der Lampenschale wird mit Malerkrepp ein "Fenster" abgeklebt, diesem Fenster entspricht später die Position der Netzhaut (= Bildschirm). Nun wird die gesamte Schale mit schwarzem Lackspray lackiert (somit ist die Kugel gegen Streulicht von außen "abgedichtet"). Nach vollständiger Trocknung dieser ersten Lackschicht wird nun mit weißem Lackspray überlackiert, damit der Augapfel wieder seine natürliche, weißliche Farbe erhält. Nach abermaliger Trocknung kann die Kreppabdeckung entfernt werden.

Mittels Kreisschneider wird aus dem Karton eine Linsenhalterung in Kreisringform herausgeschnitten (Außendurchmesser = Durchmesser der Lampenöffnung, Innendurchmesser = Durchmesser der Sammellinse). Diese Blende kann nun mit Acrylfarben o.Ä. naturalistisch als Iris gestaltet werden. Die Sammellinse wird eingesetzt, mit Hilfe einiger kleiner Streifen doppelseitigen Klebebandes kann die Linse mit Irisblende auf der Lampenöffnung fixiert werden. (s. Abb.1)

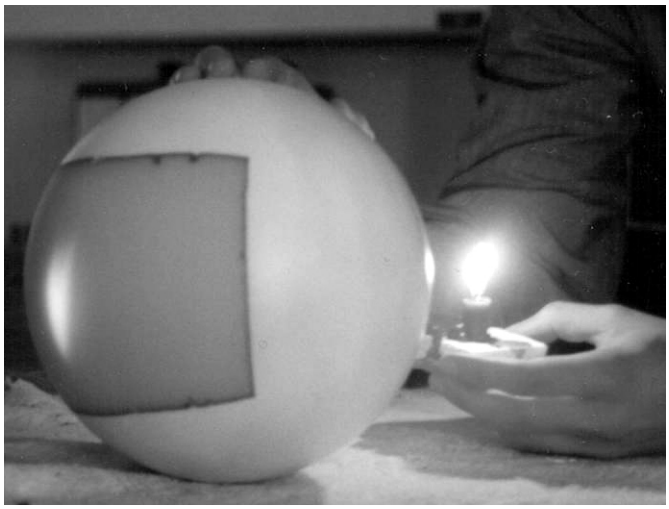


Abb. 2: Das Augenmodell als Camera obscura

Durchführung:

Das Augmodell wird entweder vom Experimentator gehalten oder aber auf einem Tisch stabil und sicher gelagert. Eine brennende Kerze wird vor die Auglinse gehalten, die Akkommodation erfolgt in diesem Falle natürlich über die Variation der Gegenstandsweite (und nicht - wie in der Realität - über die Änderung der Krümmung der Linse)

Selbst bei nicht abgedunkeltem Raum wird nun auf der Rückseite des Auges ein gut sichtbares, verkehrtes, reelles Bild der Kerzenflamme entstehen (s. Abb.2)

Sicherheitshinweise:

- Fertiges Modell gegen Absturz sichern!
- Vorsichtiger Umgang mit offenen (Kerzen)flammen!

Josef Kriegseisen, ÜHS der Padagogischen Akademie Salzburg

Bücher

Die Bibliothek der Zukunft Text und Schrift in den Zeiten des Internet.

Dieter E. Zimmer

Hoffmann und Campe, 3. Aufl. 2000. ISBN 3-455-10421-5, 332 S., € 20,60.

Man kann sich natürlich fragen, was eine Besprechung dieses Buches in einer Zeitschrift für Physik- und Chemie-Lehrer soll. Aber auch wenn der Autor Dieter E. Zimmer (langjähriger Redakteur der deutschen Wochenzeitung "Die Zeit") aus der Sparte des literarisch-professionellen Internet-Rechercheurs kommt, so werden in seinem Buch so treffende, so tiefe und so umfassende Aussagen über die Praxis und das Wesen des Internets gemacht, daß meiner Ansicht nach kein Internet-User - welcher Sparte auch immer- daran vorbei kommen kann. Der Mann muß unglaubliche Odysseen nicht auf den Weltmeeren und nicht im Weltraum, sondern im wissenschaftlichen Cyberspace hinter sich haben, sonst könnte er nicht so kenntnisreich von allen - vor allem bei der weltweiten Bibliotheksnutzung - auftretenden Fährnissen berichten.

Von dem Buch wage ich zu sagen, daß es kaum einen Leser geben wird, der es von vorn bis hinten gelesen und vor allem verstanden hat. Das spricht aber überhaupt nicht gegen den Autor. Hingegen kann man vermuten, daß jeder Leser das Buch mit großem Gewinn lesen wird, um sich dann - viel nachdenklicher und aufmerksamer geworden - wieder als "Internaut" in die Fluten seines haßgeliebten Mediums zu stürzen.

Da geht es zunächst um die Frage, ob die großen wissenschaftlichen Bibliotheken der Welt mit ihren OPACs sich je würden digitalisieren lassen. Die Antwort ist ein klares Nein. Und zwar aus Kostengründen. Keine der großen Bibliotheken besitzt die für die Retrodigitalisierung, also für das Einscannen sämtlicher Werke aus dem vordigitalen Zeitalter, erforderlichen Budgetmittel. "Darum wird die Große Virtuelle Weltbibliothek erst am St. Nimmerleinstag feierlich eröffnet werden." (Ein nicht uninteressanter Nebensatz: "Schätzungsweise wird nur jedes 20. Buch, das eine Bibliothek in ihren Magazinen hat, jemals ganz gelesen." Und eine weitere - spitze - Nebenbemerkung: "Für den Fachwissenschaftler beginnt die Geschichte seines Faches, für die er sich interessieren muß, vor höchstens fünf Jahren. Legte er drei Jahre eine Pause ein, um fern der Hektik seines Labors in der Stille Kakteen zu züchten, so hätte er den Anschluß verloren und müßte von vorne anfangen.") Der Autor hat offenbar einmal bei einer Suche in einem elektronischen Schlagwortkatalog 17873 Treffer gelandet, was ihn zu der Frage veranlaßt: "Wenn die ganze Erde zu einem einzigen Heuhaufen geworden ist, wird man dann nach der Nadel auch nur zu suchen wagen ?"

Es folgt ein Kapitel über "Information als Landplage". Einige Zitate zur Erhellung des Ganzen: "Die Hotline ist in den wenigen Jahren ihrer Existenz zu einem Synonym für die Unerreichbarkeit von Information geworden." Dann wird von einer breit angelegten Umfrage unter Managern berichtet, von denen 43% beklagten, daß sie unter einem "Information Fatigue Syndrom" leiden, d.h. sie haben das Gefühl, daß die Infoüberlastung ihre Entscheidungen verzögere, ja verhindere. Und weil wir schon bei Untersuchungen sind, hier das Ergebnis eines großen Feldversuches einer amerikanischen Universität: "Jede Wochenstunde im Internet macht den User um genau 0,5% einsamer und um 1% depressiver..."

Nach den für Geisteswissenschaftler ergiebigeren Kapiteln "Literatur aus der Steckdose", "Hypertext oder die Absage ans Lineare" sowie "eNZYKLPÄDIEN" folgt das für Naturwissenschaftler interessanteste: "Zeitschriften unterwegs von P nach E", in dem so Treffendes über die Praxis des wissenschaftlichen Veröffentlichens ausgesagt wird, daß ich mir die Freiheit nehme, daraus ausgiebig zu zitieren. Denn wie könnte es anschaulicher umrissen sein als mit den folgenden Zeilen:
"Der mühselige Weg, den die wissenschaftliche Information heute zurücklegt, nimmt sich geradezu anachronistisch aus. Da bringt eine Forschergruppe gemeinsam zu Papier, was den interessiertesten Kollegen aus der unablässig per eMail geführten Diskussion und von den letzten Fachtagungen her ohnehin bereits zum Großteil bekannt ist, schickt es mit der Schneckenpost an den Redakteur einer Zeitschrift, der es liest und es entweder sofort ablehnt oder an ihren Gutachterstab weiterleitet. Das Verfahren heißt "peer review", Rezension durch Gleichrangige, die als "referees", also Schiedsrichter, bezeichnet werden, weshalb es im Deutschen oft einfach als referieren bezeichnet wird, und es stellt eine erhebliche, wenn auch nie hundertprozentige Qualitätskontrolle für die publizierte Forschungsarbeit dar. Nach etwa sechs Wochen erhalten die Autoren ihr paper mit den Einwänden und Bedenken der für sie anonym bleibenden Gutachter zurück. Ein großes Rätselraten hebt an, wer hinter welchem Einwand stecken mag, welches Ziel er damit verfolgt und welches Mütchen er kühlt, aber es bleibt gar nichts anderes übrig, die Forschungsgruppe arbeitet es um und schickt es aufs Neue ab. Der Verlag nimmt es an, richtet es nach seinen eigenen Standards ein und schickt es weiter zum Layout, vielleicht in Indien oder Hinterindien. Die fertig gebauten Seiten kommen zurück und werden an eine Druckerei in einem Land versandt, wo die Druckkosten günstig sind. Dann gehen die Hefte ins Lager des Verlags, um von dort ihre Reise zu den 100 bis 6000 Bibliotheken auf der ganzen Welt anzutreten, die auf sie abonniert sind. In den freien Verkauf gelangt meist kein einziges Exemplar. Der ganze Prozess dauert zwischen drei Monaten und drei Jahren, kommt also erst zu Ende, wenn die publizierten Forschungsergebnisse Staub angesetzt haben, und er ist kostspielig." (S.78).

Auch wenn Dieter E. Zimmer wohl zu Recht überzeugt ist, daß mit der Jahrtausendwende "die Wasserscheide zum digitalen Zeitalter" überschritten sei, meint er, daß "es das gewisse Etwas geben müsse, das bisher einen durchschlagenden Erfolg des eJournals" im Verdrängungswettbewerb gegen das gute alte pJournal (die papierenen Fachzeitschriften) verhindert hat. Dieses gewisse Etwas bestehe aus zwei Ingredienzien:
Erstens fehlt einem Aufscheinen in einem reinen eJournal der Charakter der Beurkundung. Die Naturwissenschaften seien eine kollektive Anstrengung, in der jedes Ergebnis erst dann zähle, wenn "es offiziell in Verkehr gebracht, in die Fachdiskussion eingespeist, also zitierbar geworden sei." Gerade ihrer Schwerfälligkeit verdanken die pJournals somit ihren Urkundencharakter. "Aber in den Netzen ist alles flüchtig und flüs-

sig. Sie sind in ständiger Bewegung." Übrigens beträgt die durchschnittliche Verweildauer eines Dokuments im WWW 44 bis 70 Tage. "Niemand kann sicher sein, daß er ein bestimmtes Dokument bei einem bestimmten Host je wiederfindet, [...] Nie kann der Leser im Netz je sicher sein, wer der wirkliche Urheber einer Information ist und ob sie nicht manipuliert und gefälscht wurde. Das Internet ist die Zone der Pseudonyme, der Alias, der schnell gewechselten Identität. Der elektronische Zustand ist der der immerwährenden Diskussion. Irgendwann aber müssen sich diese wallenden Debatten zu zitierbaren Ergebnissen verfestigen, für die die Autoren einstehen und mit ihrem Namen haften und aus denen sie gegebenenfalls, zum Beispiel bei patentierbaren Entdeckungen, persönlichen Nutzen ziehen können." (S. 82) Wer das für übertrieben hält, der kann im Buch von Dieter E. Zimmer auf S. 83f nachlesen, wovor Paul Ginsparg, der Erfinder des *Physics Archive* (heute arXiv*), "der das gesamte Publikationswesen der Physik umgekrempelt hat und der den endgültigen Triumph der elektronischen Publikation für unvermeidlich hält", trotzdem warnt. Das von Ginsparg an den Los Alamos National Laboratories gegründete *Physics Archive* ist heute "eine unverzichtbare zentrale Datenbank für die gesamte Forschungsliteratur der Physik mit über 3000 (Juli 2002) neuen Beiträgen im Monat und weit über 100000 Zugriffen täglich."

Das zweite Ingredienz sei, daß es "in jedem Fach eine ungeschriebene, aber jedem nur allzu bewußte Hierarchie der Zeitschriften gebe." Das Resultat sind papierene und elektronische Parallelausgaben der großen Wissenschaftsverlage - ein Zustand, der noch 12 bis 15 Jahre anhalten könne. "Die wirkliche Ablöse wird erst beginnen, wenn zwei Probleme gelöst sind: zum einen die Beurkundung und dauerhafte Archivierung, zum anderen die Kosten."

Es folgen Kapitel über den OPAC (Online Public Access Catalog) und seine Tücken (Zitat: "Der Benutzer, der nur schnell seinen Nachweis haben will, ahnt meist gar nicht, über welchen Bodensee er bei seiner Katalogrecherche reitet."), über die Probleme der sog. Lokalisierung L10N, denen Dieter E. Zimmer vor Ort in der Microsoft-Zentrale in Redmond nachforschte, sowie eine Einführung in die Geheimnisse des ASCII. Nach diesen linguistischen Durststrecken, als solche wird sie vielleicht mancher eingefleischte Fachphysiker empfinden, (die aber nicht ohne Reiz zu lesen sind, denn es grenzt ja tatsächlich an ein Wunder, wie der Computer, "der in seinem Innersten nur ein Schriftsystem beherrscht: das englische", sich in einer völlig multilingualen Welt bewähren kann) geht es für den Physiker mit dem Kapitel "Informationstod im Informationszeitalter" wieder in medias res. Denn hier wird das Problem der Lebensdauer der verschiedensten Datenträger von Papyrus und Pergament bis zur CD-ROM in solcher Gründlichkeit abgehandelt, wie ich es sonst noch nirgendwo gesehen habe. Ohne hier ins Detail gehen zu wollen, sei das Resultat gleich in einer kleinen Tabelle zusammengefaßt.

Meiner Ansicht nach eine Problematik, die im Unterricht normalerweise links liegen gelassen wird, die man aber unbedingt bei passender Gelegenheit in den Physik-, den Chemie-, den Geschichts- und den Informatik-Unterricht einbauen sollte. Und die Konsequenz daraus? "Die Migration, d.h. das Umkopieren von einem Datenträger auf den anderen: Sie ist derzeit die einzige realistische Möglichkeit der Langzeitsicherung." Aber selbst diese Möglichkeit wird, sofern sie überhaupt auf breitester Basis finanzierbar ist, nicht die traurige Schlußeinsicht verhindern können: "Das Gedächtnis der Menschheit wird so löchrig sein wie ein Alzheimergehirn."

Lebensdauer (bei optimaler Lagerung und schonender Benutzung)	
Chromogene Farbfilme und Fotos	
a. bei Lagerung im Hellen	wenige Jahre
b. im Dunklen	bis zu 100 Jahre
Magnetbänder und -platten	10 bis 30 Jahre
Zeitungspapier	10 bis 30 Jahre
Recyclingpapier	10 bis 50 Jahre
CD, Optical disc	30 bis 100 Jahre
CD-R	wenige bis 200 Jahre
Saures Papier (das ist sämtliches Druckpapier aus den Jahren 1850 bis 1990)	20 bis 200 Jahre
Säurefreies Papier	über 500 Jahre
Mikrofilm	über 500 Jahre
Silberhalogenidfilme	über 1000 Jahre
Pergament	über 1000 Jahre

Im speziellen Teil finden sich neben der Schilderung vieler linguistischer Computer-Probleme auch eine hochinteressante Abhandlung über die Herkunft des at-@-Symbols sowie eine für den Physiker wieder sehr ergiebige Zusammenstellung des Auflösungsvermögens verschiedenster optischer Medien. Wußten Sie überhaupt die Fehlerrate Ihres "Textkonversionsgerätes, sprich: Auflichtscanners mit integrierter Schriftzeichenerkennungssoftware"? Sie beträgt bei passablen Vorlagen 0,02%, d.h. 99,98% Richtige. Das ist ein Fehler auf 5000 Buchstaben oder etwa alle 2 Seiten - weniger als der zuverlässigste Texterfasser machen würde."
So kann man also behaupten, daß jeder Naturwissenschaftler und jeder Computer-Benützer, der in dem Buch von Dieter E. Zimmer mit einiger Geduld und einigem Durchhaltevermögen unterwegs ist, früher oder später auf sehr ergiebige Art einfach fündig werden muß.

Manfred Wasmayr

Chemisches Feuerwerk
50 effektvolle Schauversuche

Sabine Nick, Ilka Parchmann, Reinhard Demuth (Hrsg.)

Aulis-Verlag Deubner, Köln 2001. ISBN 3-7614-2374-8,
227 S, € 24,54.

Experimentierbücher gibt es in verschiedenster Aufmachung. Oft werden dabei bekannte Versuche neu adaptiert. Das vorliegende Buch stellt spektakuläre Versuche verschiedenster Autoren vor, die bereits in verschiedenen Fachzeitschriften vorgestellt wurden. Die Experimente werden aber sehr aufwendig und ausführlich beschrieben. Es sind neue aber auch alt bewährte, einfache und sicherheitstechnisch komplexe Versuche enthalten. Das Anliegen dieses Buches ist Freude und Begeisterung am Experimentieren zu wecken und zu fördern.
So wird z. B. gezeigt, wie mit Hilfe der Thermolyse von Natriumazid die Chemie im "Airbag" funktioniert, ranzige Fette

und Öle an einem "kalten Leuchten" zu erkennen sind, Trokkeneis zum Leuchten gebracht werden kann oder "Strom aus der Bierdose" erzeugt werden kann.

Geordnet sind die Experimente nicht nach fachlichen Aspekten, sondern nach Phänomenen:

- Knall und Donner
- Schön und bunt
- Funken, Feuer, Flammen, Licht
- Strom und Ströme
- Sichtbares wird unsichtbar

Das Buch zeigt eine schöne Gliederung. Die einzelnen Versuche werden immer nach dem gleichen Schema beschrieben:

- Eine Hintergrundinformation beschreibt Kontext bzw. Möglichkeiten, den Versuch im Unterricht einzusetzen.
- Sicherheitshinweise machen auf die Gefahren aufmerksam.
- Geräte und Chemikalien sind sehr genau angegeben, damit die Versuche leicht gelingen.
- Die Hinweise zur Versuchsdurchführung sind sehr ausführlich formuliert, sodass auch technisch aufwendige Vorhaben gelingen bzw. weniger erfahrene Experimentatoren Erfolg haben.
- Die einzelnen Versuche werden durch Beobachtung und Auswertung abgerundet, wobei sehr genau auf theoretische Hintergründe eingegangen wird.
- Den Abschluss einiger Kapitel bilden noch Tipps, die zusätzliche Variationsmöglichkeiten des jeweiligen Versuches aufzeigen.
- Fotos, Zeichnungen und Abbildungen unterstützen die Vorbereitungen und Durchführungen der Versuche.

Das Buch wendet sich in erster Linie an Chemielehrer die mit Hilfe neuer Schauversuche ihren Unterricht beleben möchten. Einziger Wehrmutstropfen ist ein fehlendes Schlagwortverzeichnis. Kleine Fehler, die sich eingeschlichen haben, sollten bei einer Neuauflage berichtigt werden.

Werner Schalko

Hitlers Dr. Faust

Rolf Hochhuth

Tragödie. rororo 22872, 2000. ISBN 3 499 228726, 144 S., € 8,90

Wernher von Braun

Vittorio Marchis

Spektrum der Wissens, 4/2001, € 8,90

Es hat seinen guten Grund,daß ich diese beiden Werke gleichsam im"Doppelpack" bespreche. Denn als ich Hochhuths "Hitlers Dr. Faust" in Händen hielt, war ich noch der Meinung, mit diesem Titel sei Wernher von Braun gemeint. Erst beim Durchstöbern merkte ich, daß es sich dabei nicht um Wernher von Braun, sondern um seinen geistigen Ziehvater Hermann Oberth handelt. Rolf Hochhuth, einer der ganz wenigen Moralisten unter den Dramatikern der deutschen Gegenwartsliteratur, schickt dem Prolog und den drei Akten seines Stückes jeweils durchaus lehrhafte Kommentare voraus, die für den Fortgang des Stückes unerläßlich und für den Physiker und Zeitgeschichtler gleichermaßen ergiebig sind. So stellt er im Prolog zum Prolog folgende äußerst kühne These auf: "Es ist eine Tatsache, die schauerlichste der europäischen Geschichte, daß nur der Mordhaß Hitlers auf das jüdische Volk die Welt vor der Allmacht dieses Menschen gerettet hat. Denn dieser Haß brachte ihn um die Atombombe. Und auch noch um die Atomrakete: wurde doch auch Oberth erst mit jahrelanger Verspätung nach Peenemünde geholt, weil Hitler argwöhnte, der "Rumäne" habe eine jüdische Großmutter..."

Hochhuth unterstellt also, daß Hitler sich selbst um die Entwicklung der Atombombe brachte, indem er einen Großteil der Göttinger Atomphysiker wegen ihrer jüdischen Abstammung (oder im Falle Fermis wegen seiner jüdischen Ehefrau) "hinwegpöbelte." Und der 90-jährige Hermann Oberth brüstete sich in ahnungsloser Offenheit damit, er hätte Hitler schon 1940 die kriegsentscheidende Raketen-Wunderwaffe zur Verfügung stellen können!

Sehr schön ist in dem Stück die Rolle von Hermann Oberths Ehefrau Tilla herausgearbeitet. Sie ist sozusagen das personifizierte Gewissen der Menschheit, und ihre rückhaltlos pazifistische Einstellung, die sie ihrem Ehemann immer wieder das Hybride seiner Weltraumvisionen vor Augen führen läßt, führt beinahe zum Zerbrechen ihrer Ehe. Oberth beruft sich dagegen auf den durchaus zwanghaften Eros des Wissenschaftlers und Erfinders: "Ich habe keine Wahl - es sei denn ich hörte auf. Das wäre wie ein Schwimmverbot für Fische." Ein für mich völlig neues, biografisches Detail und gleichzeitig der dramatische Höhepunkt des Stückes ist es, als Oberth während der Feier seines 50. Geburtstages in Peenemünde erfährt, daß seine Tochter bei der Erprobung eines Zusatzgerätes für die von ihrem Vater mitentwickelte V2 in Redl/Zipf in Oberösterreich bei einer Explosion ums Leben gekommen sei. Bleischwer senkt sich von da ab die nicht wahrgenommene Verantwortung des Wissenschaftlers auf Hermann Oberth hernieder.

Eindrucksvoll auch, wie es Hochhuth gelingt, die Parallelen zwischen Goethes Faust (bes. im 2. Teil) und Hermann Oberth aufzuzeigen, die bis in deren Lebensalter hineinreichen: Goethe läßt seinen Faust 100 Jahre alt werden; Oberth - ein Gymnasiallehrer für Mathematik und Physik - bringt es auf 95.

Der letzte Akt von Hochhuths Stück handelt am Abend des Begräbnisses von Wernher von Braun. Hochhuth unterstellt übrigens, wahrscheinlich nicht zu Unrecht, daß Wernher von Braun sich seine Abkanzelung durch die amerikanischen Regierungsbehörden nach dem Triumph der Mondlandung (1972 Austritt aus der NASA wegen "Unvereinbarkeit der Ideale", 31. 12. 1976 Versetzung in den Ruhestand - nur 7 1/2 Jahre, nachdem er am Ziel seiner Träume angelangt schien!) so sehr zu Herzen nahm, daß psychosomatisch ein tödlicher Magenkrebs ausgelöst wurde.

Nun zu Marchis' *Wernher von Braun*: Ich kann hier nur einige Höhe- und Brennpunkte aus dem auch sehr gut bebilderten Heft heraus greifen. So etwa Wernher von Brauns Mitschuld, Mitwissen, ja Mittäterschaft an der Tötungsmaschinerie des Hitlerregimes. Die meisten Leser werden wissen, daß nach der Bombadierung Peenemündes durch die Briten in der Vollmondnacht vom 17. auf den 18. August 1943, deren Ziel die Zerstörung sämtlicher Versuchseinrichtungen und die Tötung möglichst vieler Wissenschaftler, deren Resultat aber schwerste Schäden in den Wohnsiedlungen und Lagern mit 733 getöteten Kriegsgefangenen und Zwangsarbeitern war, beim thü-

ringischen Nordhausen das unterirdische Stollensystem "Dora Mittelbau" als unzerstörbare Raketenfabrik von 11000 Häftlingen des KZ Buchenwald unter grauenhaftesten Arbeitbedingungen aus dem Boden gestampft wurde. Dazu Vittorio Marchis: "Spätestens zu diesem Zeitpunkt hatten sich die Peenemünder Raketenkonstrukteure sehr weit von ihrem Raumfahrtideal entfernt und tief in die menschenverachtenden Herrschaftsmechanismen des NS-Regimes verstrickt." Weiters schreibt er auf S. 36: "Bis zum 18. März 1945 wurden dort 5784 A-4-Raketen montiert; rund 10000 Menschen fielen den unerträglichen Arbeitsbedingungen im Mittelwerk zum Opfer oder endeten in den Gaskammern der Vernichtungslager, in die sie gebracht wurden, wenn sie nicht mehr arbeiten konnten. Unbeeindruckt von den Vorgängen im Mittelwerk brachte von Braun die Entwicklung der A4 zu Ende."

So darf man also ohne Übertreibung feststellen, daß Wernher von Braun bei der Verwirklichung seiner Weltraumträume auch bereit war, über Leichen zu gehen. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch der Hinweis auf Hubertus Strughold, der in Amerika die erste Professur für Weltraummedizin erhielt, nachdem er zuvor in Hitler-Deutschland im Luftfahrtmedizinischen Forschungsinstitut des Reichsluftfahrtministeriums KZ-Häftlinge als Versuchspersonen einsetzen ließ. Wernher von Brauns Streben war aber bekanntlich immer auf höhere und fernere Ziele gerichtet: "die Eroberung und Kolonisierung des Weltraums. Die Arbeiten für das Militär waren für ihn nur ein langer Schritt auf dem langen Weg dorthin."

So zieht sich durch beide Bücher wie ein roter Faden das Schuldigwerden des Wissenschaftlers, der sich in seinem maßlosen Streben aus den humanen Verankerungen eben dieses Strebens losreißt. Hochhuth läßt seinen Dr. Faust alias Oberth resignierend abtreten mit den Worten: "Ich müßte wünschen nie geboren zu sein."

Manfred Wasmayr

Unterricht Chemie: Band 10 - Werkstoffe am Bau

Peter Grob - Heinz Lesaar

Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1999,
ISBN 3-7614-2184-2, € 22,-

Im zehnten Band der Reihe "Unterricht Chemie" wird das Thema Werkstoffe am Bau behandelt. Bisher sind die folgenden Bände erschienen: "Säuren und Basen", "Wasser", "Metalle", "Salze", "Atombau und chemische Bindung", "Luft", "Materie/Stoffe - Reinstoffe - Stoffgemische", "Boden", "Formeln und Reaktionsgleichungen" und der Band 11 "Lebensmittel - Nährstoffe" (*Plus Lucis* 3/2001) - geplant sind noch die Bände 12 - 19.

Wie in den vorhergehenden Bänden ist der Inhalt folgendermaßen gegliedert: fachliche und didaktische Grundlagen, Sequenz von Unterrichtseinheiten zum Thema "Werkstoffe am Bau" sowie ein Anhang mit Glossar, Literaturverzeichnis und einem ausklappbaren Faltblatt (R- und S-Sätze, Gefahrenstoffkennzeichnungen, Sicherheit und Entsorgung). In einer Klarsichttasche der Einbandinnenseite befinden sich noch 3 färbige Overheadfolien - "Werkstoffklassen", "Werkstoffe: Bausteine der kulturellen Entwicklung" und "Herstellung und Wiederverwendung von Asphalt".

Vom unterrichtspraktischen Teil sind die im Band enthaltenen 22 Folienvorlagen und die 23 Arbeitsblättervorlagen hervorzuheben.

Zum Inhalt:

Im Fundamentum werden die Baustoffe Kalk, Zement und Beton, Gips, Steine, Sand und Kies behandelt. Auch auf die Bedeutung von Wasser als "Baustoff" wird genauer eingegangen. Im Addendum 1 geht es um Glas, Lehm und Porzellan. Es folgt ein Exkurs zu dem Thema "Alte bzw. alternative Baustoffe".
Addendum 2 hat die folgenden Themen zum Inhalt: "Wichtige Baumetalle", "Kein Haus ohne Kunststoff", "Holz - ein nachwachsender Baustoff" und "Die Straße wird geteert.- Schon lange nicht mehr!".

In ihrem Vorwort beziehen sich die Autoren auf einen Zeitschriftenartikel aus dem Jahr 1996 mit dem Titel "Chemie der Baustoffe - ein Stiefkind der Schulchemie" - diese Lücke ist mit dem vorliegenden Buch sicher geschlossen. In Zeiten des "do it yourself" ist die genauere Behandlung von Baustoffen im Unterricht sicher sinnvoll und kann auch als Thema für Projekte verwendet werden.

Fleckenentfernung - Chemie und Praxis, gestern und heute

Georg Schwedt

Unterrichtshilfen Naturwissenschaft, ISBN 3-7614-2357-8,
Aulis Verlag Deubner&CoKG, Köln 2001, € 14,50

Wieder ein neuer "Schwedt"! Der Autor von Bücher wie "Chemischen Elementen auf der Spur", "Farbstoffen analytisch auf der Spur", "Goethes chemische Experimente" und als neuestes Werk "Experimente mit Supermarktprodukten" hat sich in diesem Werk mit der Entfernung von Flecken beschäftigt.

Der historisch sehr bewanderte Autor beginnt mit einem Exkurs über die Geschichte des Waschens und der Waschmittel. Nach dem Kapitel "Grundlagen der Textilchemie" folgt der Experimenteteil mit 46 Versuchen zur Fleckenentfernung, worunter auch einige historische Experimente zu finden sind. Es folgt ein "Kleines ABC der Fleckenentfernung", eine Auflistung weiterführender Literatur und ein Anhang mit einer Liste von Experimenten.

Aus dem Vorwort des Herausgebers Prof. Heinz Schmidkunz: "In dem vorliegenden Band werden auch eine Vielzahl von historischen Experimenten schulgerecht mit einfachen Mitteln nachvollzogen. Das Thema ‘Untersuchung zur Wirksamkeit verschiedener Mittel zur Fleckenentfernung’ könnte im Rahmen eines Projekts oder projektorientiert betont handlungsorientiert bearbeitet werden, wobei die Grundlagen der Entfernung von Flecken herausgearbeitet werden sollten. Denkbar wäre auch, das Thema mit ökologischen Hintergrund zu betrachten. Die unterschiedliche Wirkungsweise der eingesetzten Mittel kann registriert und zeitabhängig oder in der Abhängigkeit der mechanischen Einwirkung beobachtet werden."

Die Experimente in diesem Buch wurden im Rahmen des sogenannten "Clausthaler SuperLab" entwickelt und sind der Teil einer umfassenden Untersuchung von Supermarktprodukten.

Werner Rentzsch