

Plus und Minus

Ein Rückblick ins vorige Jahr kann kein Trost sein für die Schäden, die Sparzwänge unter dem Vorwand der Schülerentlastung ab Herbst 2003 bringen werden.

Was war denn erfreulich im Jahr 2002? Dass in HAK und anderen BHMS, soweit mir bekannt wurde, keine weiteren naturwissenschaftlichen Stunden gestrichen wurden? (Wird heuer nachgeholt!) Dass die 2001 drohende Reduktion an Mathematik- und Physikstunden in der Oberstufe durch eine gemäßigtere Autonomieregelung vermieden wurde, und doch: im Herbst 2002 wird eine Stundentafel erlassen und zu Ostern 2003 schon wieder geändert!

Also gibt es denn nichts Positives? In IMST² arbeiten Lehrkräfte aus 10% aller Schulen mit Oberstufe. Interessante und attraktive Ideen werden hier erprobt. Für die Naturwissenschaftswerkstatt (NWW) mit dem Ziel, gute Praxis für schülernahen Unterricht zu entwickeln, zu erproben und zu dokumentieren, werden für das Koordinationsteam und für mitarbeitende Lehrkräfte Werteinheiten zur Verfügung gestellt - und das soll auch heuer so sein. Eine mit weit über 100 Anmeldungen gut besuchte Auftaktveranstaltung zur NWW am 7. Oktober 2002 demonstrierte die Aufbruchstimmung der Lehrerschaft. Um beiden Projekten mehr Breitenwirkung zu geben, ist für 2. Oktober 2003 an der Universität Salzburg eine ähnliche Tagung mit Workshops und Posterbeiträgen aus der Praxis geplant.

IMST² hat die Erstellung neuer Oberstufenlehrpläne für Mathematik und Naturwissenschaften unterstützt. Dazu wurden je zwei IMST²-Mitarbeiter in die Lehrplangruppen entsandt und externe Experten eingeladen. Erstmals gab es Gespräche zwischen den Lehrplangruppen und Versuche zur Stoffabstimmung. Formulierungen zur Bildungs- und Lehraufgabe des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts und zu den Didaktischen Hinweisen sind nun abgestimmt und fußen auf Vorarbeiten in IMST². Die Entwürfe liegen nun zur juristischen Kontrolle im Ministerium. Erstellt wurden sie allerdings unter anderen Bedingungen, d.h. mit einer anderen Stundentafel. Auf das ministerielle Endprodukt warten wir nun mehr oder minder gespannt.

Eine Zukunftskommission soll die "Schule neu denken", Standards definieren (was ist das?) und im Übrigen Lehrpläne entwürfeln. Doch was soll raus? In Physik die Mechanik, die als Verkehrsphysik doch ein wenig zum Bildungsgut gehören sollte? Elektromagnetische Felder und Wellen, wo uns die Handy-Strahlung Sorgen bereitet? Die Wärmelehre, Grundlage der Meteorologie und Klimakunde, wenn uns ein davonlaufender Treibhauseffekt die Kosten der Raumheizung reduziert? Quanten- und Materialphysik, die als Basis moderner Technik an zu sehen sind? Bleibt nur mehr Kosmologie, denn über den Ursprung der Welt kann man sich aus populären Zeitschriften informieren.

Dem Inputmodell der Steuerung der Schule, also der Vorgabe von inhaltlichen Stoffangaben, soll das Outputmodell folgen,

wo festgehalten wird, welche Kompetenzen und vielleicht auch welches grundlegende Wissen erworben worden sein soll. Für mich ist der Unterschied nicht erkennbar. Außer durch die Praxis, dass zu allgemein gehaltenen Lehrplänen zentrale Tests kommen, die den tatsächlichen Lehrplan definieren und einigen Spezialisten eine gesicherte Beschäftigung bieten, siehe Großbritannien.

Und nun aus Sorge um die Kinder Physik in Unter- und Oberstufe gekürzt! Schlimm besonders in der Unterstufe! Physik in der zweiten Klasse zum Ein-Stundenfach reduziert! Chemie ließ sich kaum mehr kürzen! Die Überlastung durch Physik war sicher nicht gegeben.

Die Fortbildungswoche 2003,

die 57. seit ihrer Gründung 1947, hat wieder viele Lehrkräfte - auch Nicht-Mitglieder - angezogen. 430 Anmeldungen zum Exkursions- und Seminarprogramm zeigen die Beliebtheit der Veranstaltung, der große Hörsaal für Experimentalphysik war stets gut besetzt, beim Vortrag von V. Obendrauf über Seifenblasen war er natürlich voll besetzt.

Zur Eröffnung gaben uns nicht nur der Vizerektor für die Lehre an der Universität Wien, Prof. Mettinger, und Herr Sektionschef Heuritsch die Ehre, es sprach auch Prof. Jürgen Sahm von der TU Berlin als Vorsitzender der *International Commission on Physics Education* der International Union für Pure and Applied Physics. (Einer der Vorgänger von Herrn Sahm in diesem Amt war Prof. Sexl.) Als weiterer Gast war Dr. Ton Ellermeijer vom Institut für Naturwissenschaftsdidaktik der Universität Amsterdam gekommen, der spontan einen Teil eines Plenarvortrags übernahm. (Mit Ton Ellermeijer besteht im Rahmen eines EU-Minervaprojekts ePhys eine intensive Zusammenarbeit mit meiner Arbeitsgruppe.)

PLUS LUCIS

Vor 10 Jahren erschien die erste Nummer - am Titelblatt eine Stundentafel für HTLs, an denen schon damals Physikstunden gekürzt wurden. Im Vorjahr schafften wir nur eine Ausgabe, und auch die vorliegende brauchte allzu lange zur Fertigstellung. Das Fehlen eines hauptamtlichen Redakteurs ist nur einer der Gründe, aber viel dringlicher ist: Wir suchen Ihren Praxisbericht, Ihre fachdidaktischen Überlegungen, kurz Aufsätze, die für viele Kolleginnen und Kollegen interessant sind und Denkanstöße liefern. Senden Sie Darstellungen gelungener Experimente - sowohl physikalischer als auch didaktischer! Schreiben Sie uns Ihre Meinung als Leserbrief!

Ich hoffe, dass Sie sich trotz aller ministerieller "Wohltaten" für die Jugend nicht entmutigen lassen, die naturwissenschaftliche Bildung Ihrer Schülerinnen und Schüler zu fördern.

Ihr Helmut Kühnelt

Betr.: Stundenkürzung

Die völlig unverständliche Absicht der Frau BM Elisabeth Gehrler, sowohl in der AHS-Unterstufe und der Hauptschule, sowie in der AHS-Oberstufe je eine Wochenstunde Physik zu streichen, führte zu heftigen, aber - wie zu befürchten ist - nutzlosen Protesten.

Die Österreichische Physikalische Gesellschaft hielt am 7.4. eine Pressekonferenz ab, bei der Prof. Skalicky, Rektor der TU Wien, sehr deutlich vor dieser Kürzung warnte. In ähnlicher Weise äußerten sich die steirischen Technikrektoren: Es müssten "Kinder und Jugendliche zu naturwissenschaftlich-technischen Belangen stärker hin- und nicht weggeführt werden."

Der Protest der ÖPG und des Fachausschuss Lehrkräfte an Höheren Schulen wurde im Ministerium deponiert, u.a. schrieb der ÖPG-Vorstand: "Die Physik liefert einen wesentlichen Beitrag zum Verständnis unseres Weltbildes, ist ein wichtiger Bestandteil unserer Kultur und ein wesentlicher Teil der Allgemeinbildung. Die Beschäftigung mit Physik fördert systemorientiertes und vernetztes Denken in jungen Menschen und lehrt Strategien für Problemlösungen zu entwickeln. Daher stellt die Ausbildung unserer Jugend in Physik eine wesentliche Grundlage für die Allgemeinbildung in einer modernen zukunftsorientierten Gesellschaft dar."

Der ÖPG-Fachausschuss Lehrkräfte an Höheren Schulen schrieb:

"Die OECD fordert verstärkte mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung und testet diese in den Studien PISA 2000, PISA 2003 (Mathematik) und PISA 2006 (Naturwissenschaften und Informatik-ontechnik). Als Maßstab werden nicht Spezialkenntnisse sondern eine breite Allgemeinbildung und die Fähigkeit zum Umgang mit Information herangezogen. Das Spitzenreiterland Finnland möchte seine Stellung im oberen Viertel behalten. Österreich setzt seinen Platz im oberen Mittelfeld aufs Spiel.

Die vor zwei Jahren in Kraft gesetzten und auf Kompetenzerwerb abgestimmten Lehrpläne mit Betonung des unverzichtbaren Kernstoffs werden in der 2. Klasse (und damit insgesamt) undurchführbar. Es wird ein 1-Stundenfach eingeführt, dessen pädagogische Wirkungslosigkeit evident ist. In Klassen mit Schülerzahlen über 30, wie sie heute in der AHS-Unterstufe üblich sind, kann im Lauf einer Stunde pro Woche kein Experimentieren der Schüler - im Lehrplan gefordert! - systematisch erfolgen. Dies ist umso bedauerlicher, als in diesem Alter die Neugierde der Kinder in naturwissenschaftlicher Richtung sehr groß ist.

Sie bedeutet eine Benachteiligung der Mädchen, da für viele von ihnen die Schule jener Ort ist, an dem sie technisch-naturwissenschaftliche Erfahrungen sammeln und Kompetenzen und Interesse entwickeln können. Österreich hat auf diesem Gebiet im internationalen Maßstab ein eklatantes Defizit. Es werden Maßnahmen zur Erreichung der gleichen Chancen von Frauen und Männern konterkariert.

Da in der Unterstufe schwer wiegende Entscheidungen zur künftigen Berufsorientierung fallen, wird sich die offensichtliche Abwertung des naturwissenschaftlichen Bereichs mit ent-

sprechender Verzögerung bei der Berufswahl auswirken. Länder, die wie z.B. Irland bisher den naturwissenschaftlichen Bereich in der Schule wenig gefördert haben, klagen über Mangel an qualifizierten Kräften vor allem im technischen Bereich."

Die Leitung des Projekts IMST² hat ebenfalls in einer sehr detaillierten Stellungnahme die geplante Stundenkürzung kritisiert und vor der Entmutigung jener aktiven und engagierten Lehrkräfte gewarnt, die durch fächerverbindenden Laborunterricht Synergien genutzt haben. Diese Bemühungen werden aber durch die Kürzungen in der Normstundentafel gefährdet.

Von den zahlreichen Protesten sei hier der Brief der Arbeitsgemeinschaftsleiter Physik an AHS abgedruckt:

An
Frau BM Elisabeth Gehrler
Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kunst
Minoritenplatz 5
1010 WIEN

23.4.2003

Die österreichischen Physiklehrerinnen und Physiklehrer an AHS stellen mit Bestürzung die geplante starke Kürzung der Physikstunden fest und wollen ihre Bedenken durch folgende Argumente untermauern:

- *Wettbewerbsnachteile für unsere Jugend - insbesondere der Mädchen - werden durch die Stundenkürzung vorprogrammiert. Die stark eingeschränkten Möglichkeiten zur Auseinandersetzung mit Physik und angewandter Physik senken die Motivation, technische Berufe zu ergreifen.*
- *Massive Einschränkung der Studierfähigkeit für naturwissenschaftlich-technische Studien, wie auch für das Medizinstudium.*
- *Die nicht zukunftsorientierten Einsparungen führen zu einer Abwertung des Bildungsgutes. Insbesondere führt eine Stundenreduktion innerhalb der Naturwissenschaften zu einer nachhaltigen Gefährdung des Hochtechnologiestandortes Österreich. (Zitat von Doz. P. Krempel, AVL Graz)*
- *Nur ein florierender Wirtschaftsstandort bildet die Basis für die zweifellos notwendige Förderung von bildenden und musischen Künsten, als auch der Weiterentwicklung des medizinischen Fortschrittes.*

Wir fordern deshalb die Rücknahme dieser folgenschweren Kürzungen.

Gezeichnet von den Landesarbeitsgemeinschaftsleitern für Physik an AHS.

*OStR Mag. Theodor Duenbostl (Wien) eh.
Prof. Mag. Walter Rigger (Vorarlberg) eh.
OStR Mag. Günther Lechner (Tirol) eh.
Prof. Mag. Dr. Erich Reichel (Steiermark) eh.
Prof. Ing. Mag. Georg Lindner (Salzburg) eh.
Prof. DI Mag. Erik Diewald (Oberösterreich) eh.
Dir. Mag. Rupert Zeitlhofer (Niederösterreich) eh.
Prof. Mag. Josef Gröchenig (Kärnten) eh.
Prof. Mag. Walter Grafl (Burgenland) eh.*

pluskurs naturwissenschaften

Günter Alfanz und Martina Nagl

Was verbirgt sich hinter der Bezeichnung *pluskurs*? Den Ursprung für diesen Freigegegenstand bildete eine Initiative des Landesschulrates für Niederösterreich zur Förderung von begabten und hochbegabten Kindern und Jugendlichen.

Nun was macht "(Hoch)begabung" aus? Diese so einfach gestellte Frage lässt sich bei längerer Betrachtung gar nicht so einfach beantworten. Kann "Begabung" mit "Fähigkeit" oder mit "besonderer Fähigkeit" gleichgesetzt werden? Welche Rolle spielen die Begriffe "Hochbegabung", "Wunderkind", "Genie", "Talent"? Beim Studium von unterschiedlichster Fachliteratur findet man über 100 Definitionen. In vielen Definitionsversuchen bezieht sich der Begriff "Hochbegabung" nicht nur auf eine, wie oft landläufig vertreten, intellektuelle Hochbegabung (= hoher IQ). Vielmehr sind Motivation und Kreativität wesentliche Bestandteile von "Hochbegabung". In der wissenschaftlichen Literatur dient oft das "Drei-Ringe-Modell" das auf J. S. Renzulli zurückgeht, als grundlegendes Modell zum Begriffsverständnis. Motivation, Kreativität und hohe Intelligenz für sich jeweils alleine betrachtet, machen noch nicht Hochbegabung aus. Um Begabungen - welcher Form auch immer - zu vollen Leistungen entwickeln zu können, sind angemessene Möglichkeiten des Lernens, des Trainings und der Umsetzung in die Praxis notwendig. Diese Ent-

faltungsmöglichkeiten werden wiederum durch in der Person liegende Bedingungen - sogenannte intrapersonale Katalysatoren - bzw. durch das Umfeld beeinflusst. Zu den intrapersonalen Katalysatoren zählt man unter anderem Motivation (Interesse, Ausdauer, Initiative) oder auch die Persönlichkeitsstruktur selbst (Selbstvertrauen, Selbstsicherheit, Selbstwertgefühl, Charakterstärke, Offenheit, Teamfähigkeit,...).

Unter dem "Umfeld" ist jener weite Kreis an Personen zu verstehen, die den Heranwachsenden umgeben, der Kulturkreis, in dem er heranwächst, und die besonderen Ereignisse und Erfahrungen, die er macht.

Das Modell von Renzulli wurde von Franz J. Mönks mit personalen Sozialisationsinstanzen erweitert. Es geht demnach bei "(Hoch)Begabtenförderung" um die Identifikation, Förderung und Anregung

- der unterschiedlichen Intelligenzen: linguistisch, logisch-mathematisch, räumlich, musikalisch, motorisch, intrapersonal, interpersonal (vgl. H. Garner: Creating Minds),
- der kreativen Potentiale,
- der Persönlichkeitsentfaltung des interessierten, (hoch)begabten Jugendlichen in Hinblick auf die oben erwähnten intrapersonalen Katalysatoren.

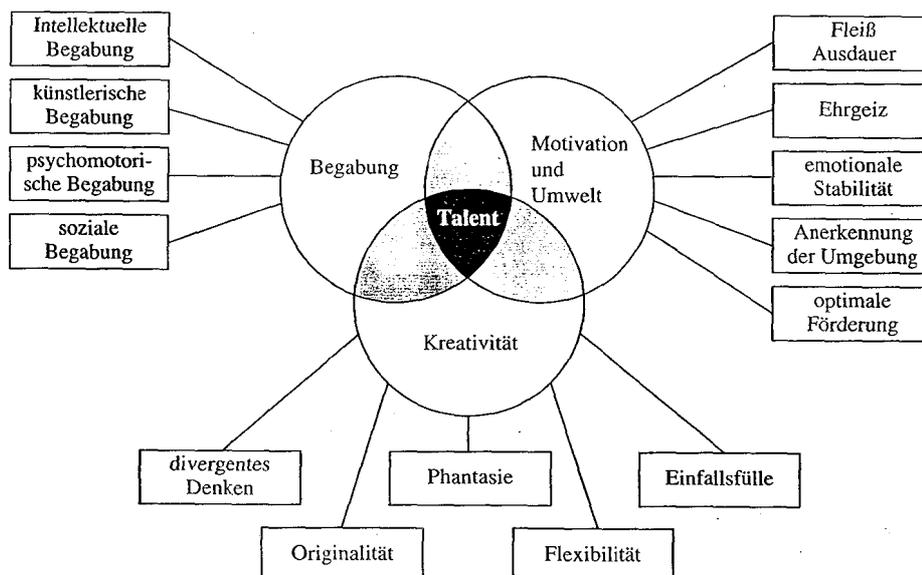


Abb. : Modell von Mönks (nach Oswald 1998)

Mag. Günter Alfanz (M, PH, INF) und Mag. Martina Nagl (CH, M),
Gymnasium der Erzdiözese Wien in Sachsenbrunn, 2880 Kirchberg am
Wechsel

Was unterscheidet einen guten von einem begabten Schüler?

guter Schüler	begabter Schüler
kennt die Antwort	stellt Fragen
ist interessiert	ist sehr neugierig
ist aufmerksam	ist physisch und psychisch beteiligt
hat gute Ideen	hat verrückte Ideen
arbeitet hart	spielt herum, bringt gute Leistungen
beantwortet die Frage	diskutiert Details
steht an der Spitze der Gruppe	steht oft außerhalb der Gruppe
hört mit Interesse zu	zeigt starke Emotionen
lernt leicht	kennt das Thema
benötigt 6 bis 8 Wiederholungen	benötigt 1 bis 2 Wiederholungen
verstehet Idee	konstruiert abstrakt
ist mit Gleichaltrigen befreundet	bevorzugt Ältere
verstehet die Bedeutung	initiiert Projekte
akzeptiert alles	ist misstrauisch
kopiert akkurat	kreiert Neues
nimmt Informationen auf	manipuliert Informationen
arbeitet mechanisch	arbeitet erfinderisch
denkt Schritt für Schritt	denkt komplex
ist dabei	beobachtet tiefgreifend
ist zufrieden mit seiner Leistung	ist sehr selbstkritisch

Klauser (1992) schreibt in diesem Zusammenhang: *Betrachtet man nun hochbegabte Individuen und solche, die hohe Leistungen erbringen, so gilt auch hier, dass hohe Begabung und hohe Leistung am häufigsten gemeinsam vorkommen, aber nicht ausschließlich. Man muss vielmehr annehmen, dass es Hochbegabte gibt, die aus irgendwelchen Gründen keine hohen Leistungen bringen, und ebenso muss man annehmen, dass es Leute mit exzeptionellen hohen Leistungen gibt, die keineswegs hochbegabt sind.* Gute Schulleistungen sind daher ein Indiz, aber bei weitem noch kein Beleg für Hochbegabung. Sehr oft sind für diese hohen Leistungen überdurchschnittliche Motivation und Interesse verantwortlich. Gute Schulnoten sind daher weder ein notwendiges noch ein hinreichendes Indiz für das Vorliegen von Hochbegabung. Aussagekräftigere Indikatoren sind außerschulische Interessen und Aktivitäten sowie Kreativität oder Problemlösungskompetenz.

Charakterliche Persönlichkeitsmerkmale und mögliche daraus hervorgehende Verhaltensprobleme

Persönlichkeitsmerkmal	mögliche Verhaltensprobleme
Schnelle Informationsaufnahme und -verarbeitung.	Wird ungeduldig, wenn andere langsamer sind; Routinelernen und Wiederholen werden abgelehnt; Erlernen von Grundlagen wird als überflüssig erfahren.
Forschendes Verhalten und intellektuelle Neugier; intrinsische Motivation; der Sache auf den Grund gehen.	Stellt "unverschämte" Fragen; dickköpfig; widersetzt sich Vorschriften; scheint unzählige Interessen zu haben; erwartet Ähnliches von anderen.
Kann begrifflich, abstrakt und zusammenfassend denken; es macht Spaß, Probleme zu lösen und intellektuell aktiv zu sein.	Details werden für unwichtig gehalten; bezweifelt den Nutzen des Regelunterrichts; sieht den Sinn von Übung und Wiederholung nicht ein.
Ordnet und strukturiert gerne Menschen und Dinge: Neigung zum Systematisieren.	Entwirft komplizierte Regeln oder Systeme; wird als dirigistisch, dominant oder unwirsch erfahren.
Kreativ und erfinderisch; liebt es, Dinge "ganz anders" zu tun.	Was schon bekannt ist, braucht nicht aufs neue getan zu werden; andere erfahren dies als unangepasst und negatives Verhalten.

Welche möglichen Verhaltensprobleme können charakterlichen Persönlichkeitsmerkmale von begabten Kindern und Jugendlichen mit sich bringen?

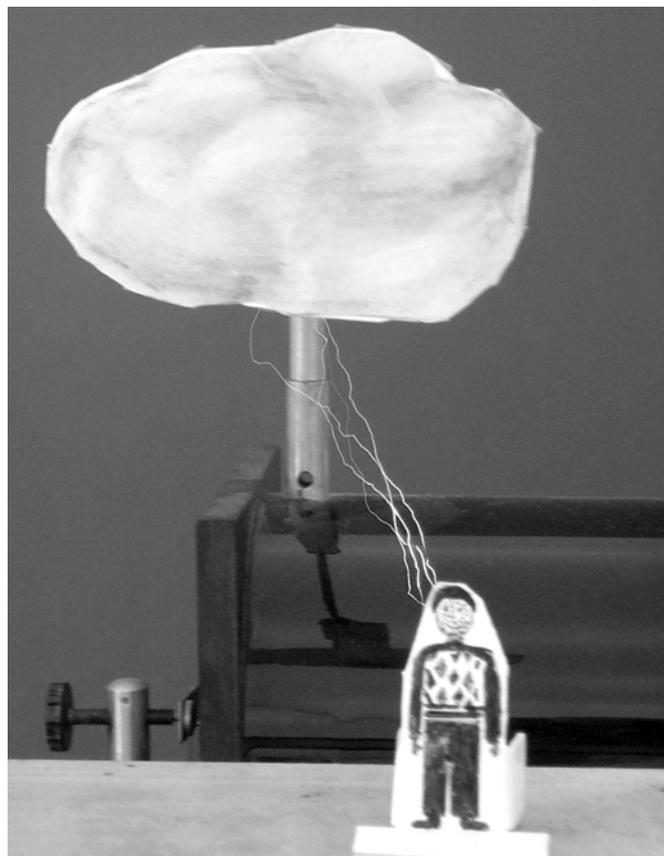
Großer Wortschatz und kann gut formulieren; großes Wissen über verschiedene Sachgebiete.	Gebraucht verbales Talent, um unangenehmen Situationen aus dem Wege zu gehen; Schule und Altersgenossen werden als langweilig erfahren; wird von anderen als "Besserwisser" gesehen.
Sehr intensive Konzentration; große Aufmerksamkeitspanne für Gebiete, die als interessant erfahren werden; zielgerichtetes Verhalten und Ausdauer.	Duldet keine Unterbrechung; in Perioden mit erhöhter Aufgabenzuwendung werden Pflichten und Menschen vernachlässigt; wird als dickköpfig erfahren.
Empfindlich und großes Einfühlungsvermögen; verlangt danach, von anderen akzeptiert zu werden.	Empfindlich gegenüber Kritik und Abweisung durch Altersgenossen; erwartet, dass andere gleiche Werte vertreten, Verlangen nach Anerkennung; Gefühl der Verfremdung, "anders zu sein".

Hohes Maß an Energie, Aufmerksamkeit und Aktivitätsdrang; Perioden mit extrem hoher Anspannung.	Nichtstun, Inaktivität führen zu Frustration, Aktivitätsdrang kann andere stören; kann als hyperaktiv und dadurch störend erfahren werden; fortwährende Suche nach neuen Anregungen.
Hohes Maß an Selbständigkeit; bevorzugt individuelles Arbeiten; großes Selbstvertrauen.	Kann Anregungen von seiten der Eltern und Klassengenossen als "unnötig" abweisen; legt unkonventionelles Verhalten an den Tag.
Viel Sinn für Humor.	Erkennt die Absurditäten von Situationen; Humor wird von Erwachsenen und Klassenkameraden oft nicht als solcher erkannt; kann möglicherweise zum Klassenclown werden, um Aufmerksamkeit zu bekommen.

Wie versuchen wir die Förderung an unserer Schule?

Aus der Tradition der Schule heraus ergibt sich ein weites Spektrum der Förderung von Begabungen. Vor allem auf dem Bereich der musischen Fähigkeiten ist das Angebot breit (Chor, Blaskapelle, Kammermusikorchester oder Bühnenspiel). So wurden beispielsweise seit dem Schuljahr 1962/63 über 190 kleinere und größere Theaterstücke zur Aufführung gebracht. Der Bogen spannt sich von Sophokles' "Philoktet" über Schiller, Raimund, Nestroy und Frisch bis zu Arrabals "Picknick im Felde". Neben der musischen Bildung wurde viel Wert auf die körperliche Ertüchtigung gelegt.

Seit dem Schuljahr 1998/99 wird der Freigegegenstand "pluskurs" angeboten. Damit soll den Schülerinnen und Schülern auf dem Gebiet der Naturwissenschaften bzw. Latein die Gelegenheit geben werden, ihre persönlichen Interessen und individuellen Begabungen zu entdecken und ihre Fähigkeiten, Fertigkeiten sowie Kenntnisse in besonderer Weise zu entwickeln, zu entfalten, zu erweitern und zu vertiefen. Die Bezeichnung "pluskurs" wollen wir nicht auf die intellektuelle Hochbegabung alleine verstanden wissen, sondern es gibt ein Mehr an plus: mehr an Interesse, mehr an zeitlicher Belastung, mehr an Motivation, mehr an Wissen. Ein besonderes Augenmerk wurde auf den fächerübergreifenden und fächerverbindenden Charakter des Freigegegenstandes gelegt. So wurden unter der Anleitung von zwei Betreuern, auf die Bezeichnung "Lehrer" wird in diesem Zusammenhang bewusst verzichtet, die Gegenstände Chemie und Physik zusammengeführt. Die Schülerinnen und Schüler können einen Einblick in das projektartige Arbeiten gewinnen. Prinzipiell sollen die Schüler alleine oder in kleinen Gruppen unter Anleitung einer Betreuerin bzw. eines Betreuers *ein* Thema während der Dauer des Freigegegenstandes selbstständig bearbeiten. Im Schuljahr 2000/01 haben wir versucht, den Themenkreis "Wetter" umfangreich zu durchleuchten. Schlagworte wie Gewitter, Wetterlage, Atmosphäre, optische Erscheinungen, Wolken, Niederschläge oder Klimadaten prägten unsere Arbeiten. Insgesamt haben 17 Schüler und Schülerinnen aus der Unterstufe teilgenommen.



Modellversuch zur Gefährdung durch Blitzschlag

Die Leistungen, die die Schüler und Schülerinnen in diesem Jahr erbracht haben, waren durchaus beachtlich. Dennoch wollten wir die Probleme, die aufgetreten sind, nicht verhehlen. Die Schüler und Schülerinnen hatten zum Teil erhebliche Probleme mit der Sichtung der enormen Datenflut aus Lexikas, CD-ROMs und vor allem aus dem Internet. Die Technik des Exzerprierens war in den wenigsten Fällen bekannt geschweige denn eingeübt, das Zusammenfassen der Texte daher nicht immer leicht. Durch die lange Projektdauer (September bis Juni) sank auch die Motivation einzelner Schüler stark. Um den verschiedenen Schülerinteressen entgegenkommen zu können und die Belastung der beteiligten Lehrer nicht ins Unermessliche steigen zu lassen, hat sich an unserer Schule in letzter Zeit ein sich mit Latein abwechselnder Zyklus eingependelt: Folgende Themen wurden bisher angeboten:

1998/99: Sonne, Mond und Sterne (PH, M), Das Leben in einer antiken Stadt (LAT, GSK)

1999/2000: Vom Mythos zum Logos oder Vom G'schichtl zum Wissen (LAT,GR, M, PH)

2000/01: Wetter (PH, M, CH, INF)

2001/02: Die Odyssee des Odysseus (LAT, GR, D) (Eine dramaturgische Fassung mit verschied. Theater Techniken und verschied. Spielorten im Schulgebäude)

2002/03: Physik und Chemie in der Küche (PH, M, CH, INF)

Ein wichtiges Element des Kurses ist die Präsentation der Ergebnisse. Neben einer umfangreichen Ausstellung, konnten die Teilnehmer auch eine CD-ROM mit allen Ergebnissen präsentieren. Sie ist wie eine Internetseite aufgebaut, und man kann sich mit Hilfe einer Vielzahl von Links durch eine Unmenge an Informationen und Wissenswertes durchklicken.

Es ergaben sich mehrere Möglichkeiten, um in die Öffentlichkeit zu gehen. Erstmals wurden die Ergebnisse am 13. Juni 2001 im Rahmen einer Abendveranstaltung in der Schule mit anschließender Eröffnung der Ausstellung den Eltern, Lehrern und der interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Besonders gefreut hat uns das Interesse der Schulaufsicht. Im Jahr 2002 konnten wir im Rahmen der Fortbildungswoche des Vereins zur Förderung des chemischen und physikalischen Unterrichts bzw. mit Unterstützung des Schulponsors im Rahmen der Science Week unsere Ergebnisse vorstellen.



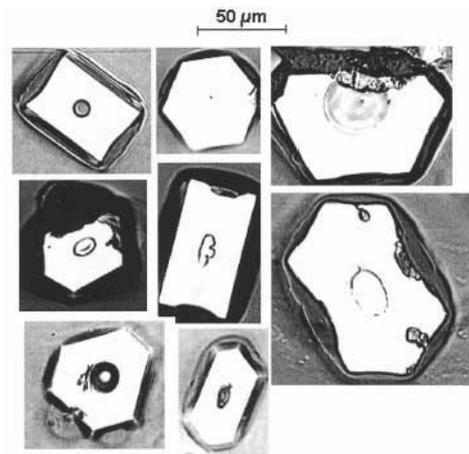
Der Pluskurs mit seinen Betreuern

Literatur

- Hany, E. A. (1987): *Modelle und Strategien zur Identifikation hochbegabter Schüler*. Unveröffentlichte Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München
- Klauser, K. J. (1992): Zur Diagnostik von Hochbegabung. In: Hany, E. A. & Nickel, H. (Hrsg.): *Begabung und Hochbegabung*. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Verlag Hans Huber
- Landesschulrat für Niederösterreich (Hrsg.) (1998): *Begabten- und Hochbegabtenförderung*. Beilage zum Verordnungsblatt Nr. XI des Landesschulrates für Niederösterreich
- Mönks, F. J. & Ypenburg, I. H. (1998): *Unser Kind ist hochbegabt*. München: Ernst Reinhardt
- Oswald, F. (1998): Warum Begabtenförderung? - Ihr Sinn besteht in der Entwicklung einer humanen Gesellschaft. In: *Beilage zum Verordnungsblatt Nr. XI des Landesschulrates für Niederösterreich*

Hurrican: Plankton in Eiswolken

Aller Anfang ist schwer, besonders für Regentropfen und Eiskristalle. Bekanntlich benötigen sie Kristallisations- und Kondensationskeime - Salzkristalle und Wüstenstaub - für ihre Entstehung. Im September 1997 zog ein Wirbelsturm an der pazifischen Westküste von Panama nach Kalifornien. Während er in Kalifornien und Arizona Regen brachte, zeigten sich hinter den Rocky Mountains nur mehr hohe Cirruswolken, deren Eiskristalle zu prächtigen Haloerscheinungen führten. Ein Forschungsflugzeug sammelte Eiskristalle aus der hohen Troposphäre über Oklahoma. Die Kristallplättchen weisen verschiedene Formen auf, einige scheinen an Plankton gewachsen zu sein, das vom Sturm aus dem Meer hochgewirbelt wurde. (s. <http://www.gsfc.nasa.gov>).



Abendrot

In der FAZ vom 17. 4. 2003 findet sich unter Wetterlexikon:

Wie entsteht das Abend- und Morgenrot? Beide Erscheinungen entstehen durch Streuung der Sonnenstrahlen an Wassertropfchen oder Staubteilchen in der Atmosphäre. Dabei werden die übrigen Anteile der Lichtfarben (blau, ... grün) herausgefiltert und der rote Anteil bleibt übrig.

Zugegeben, auf dem verfügbaren Platz wird eine bessere Erklärung schwierig sein. Aber diskutieren Sie mal mit Ihren Schülerinnen und Schülern, warum es kein Mittagrot gibt, was sie unter "herausfiltern" verstehen (vermutlich Absorption statt Streuung) und was sie unter "Sonnenstrahlen" verstehen.

Unter "Wassertropfchen und Staubteilchen" werden sie sich wohl auch etwas größere Objekte vorstellen als jene, die für das Himmelsblau und Morgenrot verantwortlich sind. Die sog. Rayleighstreuung, die Streuung von Licht an Partikeln, tritt dann auf, wenn die Partikelgröße die Lichtwellenlänge unterschreitet. Dies trifft für Luftmoleküle und Aerosole (unter einem halben Mikrometer Teilchengröße) zu. Dann verhalten sich die Partikel wie Hertzsche Dipole, werden durch das Licht zum Schwingen angeregt, emittieren die absorbierte Energie in alle Richtungen und schwächen daher das Licht in Einfallrichtung. Da der Effekt umso stärker ist, je kleiner die Wellenlänge ist, wird vor allem der blaue Anteil gestreut und fehlt im einfallenden Licht.

Computerunterstütztes Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht eines Gymnasiums

Brigitta Aspetsberger

Die Datenerfassung bei chemischen und physikalischen Versuchen und der automatische Datentransfer an einen grafikfähigen Taschenrechner für ein anschließendes mathematisches Modellieren und Interpretieren der erhaltenen Messdaten werden durch die elektronischen Messsysteme CBL & CBR von Texas Instruments sehr erleichtert.

Seit vier Jahren wird das CBL in Verbindung mit dem TI-92+ am BRG Landwiedstraße in Linz im Regelunterricht in Chemie, in Talentförderkursen und für ein EU-Projekt mit Partnerschulen aus Belgien, Finnland und Griechenland eingesetzt. Über die verschiedenen Experimente, die Anforderungen an die Schüler und die beim Einsatz im Unterricht gemachten Erfahrungen wird in diesem Beitrag berichtet.

1. Einleitung

Fächerübergreifendes Denken, das Verstehen und Anwenden von physikalischen und chemischen Gesetzen sowie das Beschreiben und Modellieren von Vorgängen durch mathematische Formeln und Funktionen sind wichtige Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Experimente, von Schülern durchgeführt, wirken sehr motivierend auf die Schüler und helfen diese Ziele zu erreichen. Doch auch das Experimentieren an sich und im speziellen die Erhebung von möglichst vielen exakten Daten - dies ist für ein Modellieren durch Funktionen unbedingt notwendig - bereiten oft selbst wieder viele Schwierigkeiten und so werden Schülerexperimente nicht in dem Ausmaß eingesetzt, wie man es sich wünschen könnte.

Grafische Taschenrechner wie der TI-92 von Texas Instruments stellen eine große Hilfe beim Veranschaulichen von Messdaten und Funktionsgraphen dar. Zusätzlich verfügt der TI-92 auch über ein Statistikpaket und es besteht die Möglichkeit, numerische Daten durch Ausgleichskurven anzupassen. Hat man also einen Satz von Messdaten vorliegen, so können diese sehr gut mit dem TI-92 bearbeitet und aufbereitet werden. Die Schwierigkeit besteht also nur mehr darin, möglichst viele Werte aus einem tatsächlich durchgeführten Experiment in den TI-92 einzugeben.

Eine elektronische Datenerfassung mit Hilfe verschiedener Messsonden und ein automatischer Transfer der Messdaten auf den Rechner werden durch das CBL (Calculator Based Laboratory) und den CBR (Calculator Based Ranger) - beides Geräte im Taschenrechnerformat von Texas Instruments - durchgeführt. An das CBL können verschiedene Messsonden, wie z. B. eine Spannungssonde, eine Temperatursonde, eine

pH-Sonde oder eine Drucksonde, angeschlossen und bei chemischen, biologischen und physikalischen Versuchen zur Datenerfassung eingesetzt werden. Das CBR dient zur Bewegungsmessung und benötigt keine weiteren Sonden.

Seit vier Jahren werden am BRG Landwiedstraße in Linz Projekte durchgeführt, in denen nicht nur das Experimentieren im Vordergrund steht, sondern auch großer Wert auf das Entwickeln, Entdecken und Nachvollziehen von physikalischen, chemischen und mathematischen Gesetzmäßigkeiten gelegt wird (siehe Aspetsberger 1999, 2000). CBL und CBR kommen in Verbindung mit dem TI-92+ sowohl im Regelunterricht in Chemie, in Talentförderkursen und im Rahmen eines EU-Projekts mit Partnerschulen aus Belgien, Finnland und Griechenland zum Einsatz.

Das Nutzen neuer Technologien und neuer Kommunikationsmöglichkeiten spielt eine zentrale Rolle in der Ausbildung unserer Schüler. Die Schulung fächerübergreifenden Denkens und eine Einführung in die Teamarbeit waren weitere "Nebeneffekte" der Projekte. Am Ende ihrer Gymnasialausbildung konnten die Schüler im Rahmen des Abiturs das Wissen und "Know how", das sie durch dieses Projekt erlangt hatten, unter Beweis stellen.

2. Experimente

Einerseits sollen die Schüler durch Experimentieren die Gesetze aus Chemie und Physik besser verstehen lernen, andererseits solle aber auch eine Verbindung zur Mathematik hergestellt werden. Fächerübergreifendes Denken und Handeln ist ein wesentliches Ziel unseres Projekts. Für ein mathematisches Modellieren ist ein Vorliegen von guten numerischen Werten erforderlich. Dies bedeutet aber, dass die Versuche nicht nur qualitativ sondern vielmehr auch quantitativ auszuwerten sind. Exaktes Arbeiten und Genauigkeit bei der Versuchsdurchführung und Auswertung sind weitere Aspekte des Projekts.

Anregungen und mitunter sehr genaue Anleitungen fanden wir bei Holmquist, Laughbaum, den Handreichungen von Texas Instruments und den Beilagen zum CBL und CBR. [s. Literaturliste]

Die im Folgenden angeführten Beispiele wurden von den Schülern in Gruppen zu zwei bis drei Schülern durchgeführt.

2. 1. Wärmelehre

Als einführendes Beispiel zum Erlernen der Handhabung und Funktionsweise des CBL führten wir ein einfaches Experiment bzgl. endo- und exotherme Prozesse aus. Auf Grund der

Mag. Brigitta Aspetsberger, Bundesrealgymnasium Landwiedstraße 82, 4020 Linz, email: aspetsberger@ef1.at

Erfahrungen, die wir mit sechs verschiedenen Schülergruppen erzielt hatten, stellte es sich als günstig heraus, ein Beispiel genau vorzuführen und alle Schritte und Einstellungen am CBL genau zu erklären. Für diesen einfachen Versuch benötigten die Schüler nur die Temperatursonde, die mit dem CBL automatisch mitgeliefert wurde. Inhaltlich mussten die Schüler Temperaturänderungen an Hand von Graphen erkennen.

In einem zweiten Versuch mussten die Schüler den Gefrierpunkt des Wassers bzw. die Schmelztemperatur des Eises bestimmen. Dazu ließen sie eine kleine Menge Wasser in einer Epruvette gefrieren und anschließend wieder auftauen. Wichtig war das Erkennen der Gefrier- bzw. der Schmelztemperatur an Hand der Graphen. Interessant war, dass die Messgeräte nicht genau 0°C anzeigten, sondern geringe Fehler aufwiesen. Dieser Umstand und der vernünftige Umgang mit vielen Nachkommastellen war eine wesentliche Erfahrung für die Schüler.

In einem dritten Versuch wurde die Schmelzwärme von Eis bestimmt. Wesentlich in diesem Versuch war eine sorgfältige Versuchsdurchführung.

2. 2. Gasgesetze

Zur Untersuchung des Gesetzes von Boyle-Mariotte benötigten die Schüler einen Drucksensor, der gesondert zum CBL bestellt werden musste. Mit Hilfe des beweglichen Kolben einer Spritze, die dem Sensor beigelegt war, konnten die Schüler verschiedene Volumina erzeugen und den jeweiligen Druck mit dem Drucksensor messen. Die erhaltenen Volumen-Druck Paare wurden anschließend gezeichnet und auf ein indirektes Verhältnis hin untersucht.

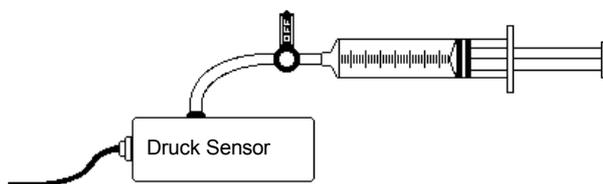


Abb. 1: Drucksensor und Spritze für die Behandlung des Gesetzes von Boyle Mariotte (aus Holmquist)

Für das Gesetz von Gay-Lyssa wurde ein Erlenmeyerkolben mit einem Gummistopfen verschlossen und an den Drucksensor angeschlossen. Daraufhin wurde der Erlenmeyerkolben und die in ihm eingeschlossene Luft in Wasserbädern auf verschiedene Temperaturen erwärmt und der jeweilige Druck gemessen. Die erhaltenen Temperatur-Druck Paare wurden wieder grafisch dargestellt und durch eine Ausgleichsgerade angepasst.

2. 3. Kolorimetrie und Titration

Gemäß dem Beerschen Gesetz ist die Absorption einfallenden Lichtes proportional zur Konzentration einer Lösung. Um die unbekannte Konzentration einer Nickelsulfatlösung nach dem Beerschen Gesetz zu bestimmen, erstellten die Schüler eine Verdünnungsreihe und bestimmten die Absorption des einfallenden Lichtes von diesen Lösungen mit bekannten Konzentrationen mit Hilfe eines Kolorimeters. Aus dem Absorptionswert der unbekannt Lösung konnte auf die Konzentration geschlossen werden.

Beim Mischen von unterschiedlich starken Säuren und Basen konnten mit einer pH-Wert Sonde die unterschiedlichen Titrationskurven leicht erstellt werden. Anschließend wurden sie von den Schülern untersucht und interpretiert.

2. 4. Bewegungslehre

Bewegungen lassen sich sehr einfach mit dem CBR (Calculator Based Ranger) von Texas Instruments untersuchen. Sowohl die Erstinstallation am TI-92 als auch die Handhabung waren denkbar einfach. Dieser Umstand und die Verfügbarkeit von fertigen Anwendungsprogrammen, die leicht aufgerufen werden können, waren für das Experimentieren sehr von Vorteil.

Als Einstiegsbeispiel führten die Schüler die bereits vorbereitete Versuchssequenz "Match the graph" durch, bei der die Schüler verschiedene Weg-Zeit bzw. Geschwindigkeit-Zeit Graphen "nachgehen" mussten. Dieser Versuch eignete sich nach Bärbel Barzel auch hervorragend für das entdeckende Lernen bei der Einführung von Funktionen.

Als weiteres Experiment wurde die gleichmäßig beschleunigte Bewegung eines Balles untersucht, der eine schräge Rampe hinunterrollte, und ein Zusammenhang zwischen der Beschleunigung und der Steigung der Rampe erforscht.

Die Untersuchung der Bewegung eines hüpfenden Basketballs wurde wiederum durch ein bereits fertiges Programm unterstützt.

Schließlich konnten auch Schwingungen von Feder- bzw. Fadenpendel gemessen und analysiert werden, wobei auch der Einfluss des Luftwiderstandes berücksichtigt wurde.

In Lehrerfortbildungskursen wurden noch weitere Experimente bearbeitet. So konnte der Abkühlvorgang einer Flüssigkeit (siehe Schmidt) über einen längeren Zeitraum hinweg beobachtet und durch eine Funktion modelliert werden. Der Spannungsabfall, der beim Entladen eines Kondensators auftrat, konnte über eine Spannungssonde, die direkt mit dem CBL mitgeliefert wurde, gemessen und graphisch dargestellt werden. Mit einem Mikrophon konnten akustische Phänomene, wie das Entstehen von Schwebungen, gemessen und schließlich auch analysiert werden.

3. Anforderungen

Für das Experimentieren mit dem CBL und dem TI-92 im naturwissenschaftlichen Unterricht benötigten die Schüler Fähigkeiten und Fertigkeiten in verschiedenen Bereichen bzw. wurden eben gerade diese Fähigkeiten geschult und trainiert (siehe auch Aspetsberger 2000).

3. 1. Mathematische Fähigkeiten

Eine der wesentlichsten mathematischen Voraussetzungen für die Schüler war, funktionale Zusammenhänge aus den experimentellen Daten erkennen zu können. Zu diesem Zweck benötigten die Schüler Wissen über Funktionen aus den verschiedensten Klassen, z. B. lineare, reziproke, rationale, trigonometrische und exponentielle Funktionen. Sie mussten wissen, wie der typische Verlauf der jeweiligen Graphen war bzw. wie eben die Gestalt dieser Graphen von den Werten der vorkommenden Parametern abhingen.

Besonders häufig standen bei den Experimenten die Daten im direkten bzw. indirekten Verhältnis zueinander. So benötigten sie Wissen, wie sie diese Verhältnisse an Hand der Daten bzw. der Gestalt der Graphen erkennen und schließlich ihre Vermutungen auch rechnerisch überprüfen konnten. So konnte z. B. das indirekte Verhältnis zwischen dem Druck p und dem Volumen V eines eingeschlossenen Gases beim Versuch von Boyle Mariotte dadurch überprüft werden, dass das Produkt $p \cdot V$ annähernd gleich blieb. Stehen andererseits Daten im direkten Verhältnis zueinander, so liegen die entsprechenden Datenpunkte auf einer Geraden, die durch den Ursprung läuft, und der Quotient der Daten bleibt konstant.

Diese an und für sich sehr einfachen und elementaren Zusammenhänge wurden beim Experimentieren unmittelbar erlebbar und waren bei weitem nicht so gefestigt und präsent, wie man hätte vermuten können.

Regressionskurven zu den experimentellen Daten wurden zwar vom Taschenrechner bestimmt, die Schüler mussten aber zumindest den Typ festlegen und die erhaltenen Parameter interpretieren können. Ebenso mussten sie die statistischen Begriffe wie Mittelwerte, Streuung, Varianz und Korrelation deuten können.

Um die bei den Experimenten erhaltenen Daten am Rechner weiter verarbeiten zu können, war ein sicherer Umgang mit dem TI-92 von Bedeutung. Speziell Fähigkeiten für das Wechseln zwischen den verschiedenen Fenstern, um die Daten in der jeweils günstigsten Form darstellen zu können, die Eingabe von Funktionstermen, um die Daten durch Funktionen anpassen zu können, die Wahl der Fensterparameter, um die Funktionsgraphen im Grafikfenster geeignet darstellen zu lassen, und das Arbeiten im Data/Matrix-Editor, um die erhaltenen experimentellen Daten auch numerisch verarbeiten zu können, waren von großer Bedeutung.

Es scheint aber, dass ein Zusammenhang zwischen diesen rein technischen Fähigkeiten und den mathematischen Fähigkeiten, wie dem Interpretieren und Manipulieren von Daten in den verschiedensten Darstellungsformen, besteht.

3. 2. Verbale Fähigkeiten

Eine vorrangige sprachliche Fähigkeit bestand für die Schüler darin, nach schriftlichen Anleitungen Experimente ausführen zu können. Es war erstaunlich, wie schwierig es für Schüler war, einen Text zu lesen und ohne zusätzliche Anweisungen des Lehrers ein Experiment Schritt für Schritt durchzuführen.

Ein weiteres Problem lag im Dokumentieren der Ergebnisse. Die Schüler mussten lernen Protokolle zu schreiben. Im Speziellen fiel es ihnen schwer, den chemisch/physikalischen Hintergrund ausführlich zu beschreiben und die erhaltenen Resultate zu interpretieren.

3. 3. Praktische und soziale Fähigkeiten

Schließlich mussten die Schüler über praktische und soziale Fähigkeiten verfügen bzw. sie erwerben, wenn sie in Gruppen an Experimenten arbeiteten. Welche praktischen Fähigkeiten von Nöten waren bzw. welche geschult wurden, können wir nicht genau sagen, aber es zeigte sich, dass sich die einzelnen Schüler unterschiedlich geschickt beim Experimentieren anstellten. Es gab einige Schüler, die am Beginn des Projekts

Schwierigkeiten mit der Durchführung von Experimenten hatten, auftretende Probleme am Ende des Projekts jedoch anstandslos meistern konnten.

Das Arbeiten im Team erforderte soziale Kompetenzen. So war es wichtig, mit den anderen Gruppenmitgliedern zu kommunizieren bzw. sich in die Gruppe einzugliedern. Unerfahren in Teamarbeit mussten die Schülerinnen und Schüler als Gruppe je nach Fähigkeiten ihre Aufgaben aufteilen. Die Entscheidung, wer mit wem zusammenarbeitete bzw. wer welche Aufgaben zu erledigen hatte, wurde den Schülern überlassen.

Das Arbeiten in Gruppen an Experimenten forderte und förderte die multiplen Intelligenzen (Howard Gardner) der einzelnen Schüler.

4. Erfahrungen

Die Schüler waren sehr motiviert und mit großem Eifer bei der Sache. Einige von ihnen verbrachten mehr Zeit im Labor beim Experimentieren als vorgeschrieben war und sie nutzten noch Pausen und unterrichtsfreie Zeit, um die Experimente fertig zu stellen bzw. bessere Ergebnisse zu erhalten.

Auch Schüler, deren Leistungen in Mathematik an und für sich nicht sehr zufrieden stellend bzw. die wenig an Naturwissenschaften interessiert waren, sahen für sich eine neue Chance und arbeiteten begeistert mit. Besonders Mädchen waren stolz auf ihre guten Messergebnisse und freuten sich darüber, schönere Kurven als die Burschen bekommen zu haben.

Alle Schüler schätzten das selbständige Arbeiten während des Experimentierens und fühlten sich frei vom "Druck des Lernens". Ebenfalls begrüßten sie ein "learning by doing", wie die Schüler in Gesprächen, bei Schülerbefragungen und im Rahmen eines Fragebogens, der am Ende des Projekts von den Schülern ausgefüllt werden musste, mehrmals bestätigten.

Einen weiteren Vorteil des Experimentierens mit einem rechnergestützten Messsystem sahen die Schüler darin, dass für sie die chemischen und physikalischen Gesetze viel anschaulicher wurden. Schon allein der Umstand mit elektronischen Messgeräten zu arbeiten, war für sie wichtig, da sie für ihr zukünftiges Leben lernen müssen mit technischen Geräten umgehen zu können.

Damit die Schüler möglichst unabhängig voneinander arbeiten konnten, wurden ihnen ausführliche Arbeitsunterlagen zur Verfügung gestellt. Hier stellte sich aber die Frage wie ausführlich die Experimente und vor allem die einzelnen Schritte mit dem Taschenrechner und dem Messsystem beschrieben werden mussten. Bei den ersten Experimenten waren sehr genaue Beschreibungen von Nöten. Später aber waren zu genaue Ausführungen eher hinderlich, da die Schüler die Texte schließlich auch durchlesen mussten. Der Umfang der Anleitungen hing stark vom Wissensstand der Schüler ab.

Nicht nur das Lesen der Anleitungen war ein wichtiger Aspekt beim Experimentieren, sondern auch das Schreiben von Berichten im Anschluss daran. Die Schüler mussten das Schreiben von Protokollen erst erlernen. Obwohl dies für die Schüler schwierig war, akzeptierten sie die Notwendigkeit eine Dokumentation zu erstellen.

Da bei Protokollen auch der chemische bzw. physikalische Hintergrund von den Schülern beschrieben werden musste,

steigerte sich auch bei ihnen das Verständnis für die einzelnen Gesetze. Manche Schüler äußerten sogar den Wunsch Experimente wiederholen zu dürfen, um bessere Resultate zu erzielen, da sie nun nach dem Schreiben des Protokolls viel besser wussten, worauf sie zu achten hatten.

Die Schüler benötigten nur kurze Zeit, um sich mit dem CBL vertraut zu werden. Wir führten ein Beispiel gemeinsam aus und erklärten die nötigen Schritte und Einstellungen. Das Programm CHEMBIO ist für viele Versuche anwendbar. Dies erleichtert die Handhabung enorm, da man so nicht für jeden Versuch ein eigenes Programm starten muss. Leider ist das Programm CHEMBIO nicht fehlertolerant. So kann es vorkommen, dass man nach einem Eingabefehler das Programm wieder neu starten muss.

Generell aber ist es von großem Vorteil, wenn die Schüler schon Erfahrung in der Bedienung des verwendeten grafikfähigen Taschenrechners haben. Mit dem CBL werden nur die Daten erhoben und gegebenenfalls grafisch veranschaulicht. Für eine weitere Bearbeitung wie z. B. das funktionale Modellieren benötigt man dann einen Taschenrechner - in unserem Fall war dies der TI-92. Für das Arbeiten in den verschiedenen Editoren und das rasche Wechseln zwischen den einzelnen Fenstern, das Zeichnen von Graphen, das Arbeiten mit Datenmatrizen und dem Erstellen von Regressionskurven waren grundlegende Vorkenntnisse bzw. eine gründliche Schulung unerlässlich. Man kommt zwar auch ohne Schulung aus, muss dann dafür aber ausführlichere Anleitungen schreiben und die Selbständigkeit und das "Sich-Selbst-Zurechtfinden" der Schüler, die für das Experimentieren sehr wichtig sind, werden stark eingeschränkt.

Für die Durchführung von Experimenten im Unterricht ist es sehr vorteilhaft, wenn man mit kleinen Schülergruppen arbeiten kann. Teilungen von großen Klassen sind wünschenswert, aber wahrscheinlich nicht immer durchführbar. Die Schüler benötigen nur bei den ersten Einführungsexperimenten eine intensive Betreuung. Aber auch später, wenn sie schon selbständig arbeiten, ist eine "helfende Hand" mitunter erforderlich. Der Aspekt, dass Schüler auf sich allein gestellt aus ihren Fehlern lernen sollen, kann nur bedingt zur Anwendung kommen, da die Schüler aus Zeitgründen die Experimente nicht beliebig oft wiederholen können.

Auch die Rolle des Lehrers änderte sich. Musste noch bei den ersten Experimenten Vieles vom Lehrer erklärt und vorgeführt werden, bestand seine Aufgabe später eher darin, die Schüler zu betreuen und ihnen bei auftretenden Schwierigkeiten helfend beizustehen. Da die Experimente aus verschiedenen Bereichen (Physik, Chemie, Biologie, Mathematik) stammten, war eine Zusammenarbeit von Lehrern im Team von Vorteil.

Schwierigkeiten bereitete den Schülern die Erkenntnis, dass die Messgeräte kalibriert werden mussten und die von ihnen angezeigten Werte mitunter fehlerhaft sein konnten. Ebenso verleitete die digitale Anzeige dazu, sinnlose Dezimalstellen gedankenlos zu protokollieren. So war es für einige Schüler verwirrend, dass sie für den Gefrierpunkt des Wassers nicht exakt 0°C angezeigt bekamen. Anderen wiederum war dies "egal" und sie mussten erst lernen, Resultate kritisch zu hinterfragen und zu interpretieren.

Die Schüler arbeiteten in Kleingruppen zu 2 bis 3 Personen und mussten lernen, im Team zu arbeiten. Dies begann bereits

bei der Gruppenbildung. Es wurde den Schülern überlassen, mit wem sie zusammenarbeiten wollten, und sie lehnten es ab, dass die Gruppen ständig durchmischte wurden.

Interessant war es auch zu beobachten, wem in der Gruppe welche Aufgaben zugeteilt wurden. Wer für die Durchführung der Experimente und wer für das Schreiben des Protokolls zuständig war, oder ob sich die Gruppenmitglieder ständig abwechselten. Entscheidend aber war, dass alle Gruppenmitglieder dieselbe Note für ein Projekt bekamen. Dies machte es sehr schwierig, eine gerechte Beurteilung der individuellen Leistungen der einzelnen zu erzielen.

Ein wesentlicher organisatorischer Faktor war die Zeit. Die Schüler benötigten ausreichend Zeit für die Vorbereitung und Durchführung der Experimente und schließlich auch für die Interpretation der Ergebnisse. Gerade letzteres war von großer Bedeutung. In unseren Kursen hatten wir nur jeweils eine Einheit von 50 Minuten für die einzelnen Experimente zur Verfügung. Dies stellte sich als zu knapp heraus, da so oftmals die Besprechung der Resultate auf die nächste "Stunde" verschoben werden musste. Dann aber - mitunter einige Tage später - war die Aktualität der Daten bereits verfliegen und der Bezug zu den einzelnen Experimenten musste mühsam wieder hergestellt werden. Günstig für die Durchführung von Experimenten scheinen "Doppelstunden" im Ausmaß von 100 Minuten zu sein. Dies hängt aber von der Art der Experimente ab.

Literatur

- Aspetsberger, Brigitta und Klaus: Integrating Math to Science Courses using TI-92 and TI-CBL. ICTCM, International Conference on Technology in Collegiate Mathematics, San Francisco, November 4-7, 1999
- Aspetsberger, Brigitta und Klaus: Experiences with CBL and the TI-92 in Austrian High School Classes. Integrating Math, Physics and Chemistry. 6th ACDCA Summer Academy, Portoroz, Slovenia, July 2-5, 2000.
- Aspetsberger, Brigitta und Klaus: Functional Modelling of Experimental Data in Science Courses. ICTCM, International Conference on Technology in Collegiate Mathematics, Atlanta, November 16-19, 2000
- Barzel Bärbel. : Selbsttätiges Lernen - neue Methoden, neues Glück. In: Herget, Weigand, Weth (Hg.) *Standardthemen des Mathematikunterrichts in moderner Sicht*. Franzbecker Verlag, 2000.
- Gardner H. : *Frames of Mind. The Theory of Multiple Intelligences*. Fontana Press, An Imprint of HarperCollins Publishers, London, Second Edition, 1993
- Holmquist D. D., Randall J., Volz D. L. : *Chemistry with CBL. Chemistry Experiments Using Vernier Sensors with TI Graphing Calculators and the CBL System*. Vernier Software, 8565 S. W. Beaverton-Hillsdale Hwy., Portland, Oregon.
- Laughbaum, Edward: Using Data Collection to Promote Mathematical Understanding. 6th ACDCA Summer Academy, Portoroz, Slovenia, July 2-5, 2000.
- Schmidt G. : *Mathematik erleben. Experimentieren, Entdecken, Modellieren und Veranschaulichen*. Texas Instruments 1995.
- Texas Instruments: *Einführung in die Verwendung des CBR mit 5 Schülerexperimenten*. Texas Instruments 1997.
- Texas Instruments: *CBL System. Experiment Workbook*. Texas Instruments 1997.

Ein permanent schwingendes Foucault-Pendel für Schulen

Roland Szostak

Ein Foucault-Pendel, das den ganzen Tag läuft und anschaulich die Erdrotation erlebbar macht, ist ein ideales Mittel, um als eine Art Gesprächscenter an einem Tag der Offenen Tür allgemeines Interesse an Physik zu wecken und zugleich mit den Eltern der Schüler über das Lehren von Physik ins Gespräch zu kommen. Die Fragestellung, die das Foucault-Pendel experimentell in anschaulicher Weise beantwortet, wird im Grundsatz sehr schnell verstanden. Ein solches Pendel muss gemeinsam mit den Schülern leicht installierbar sein und zuverlässig laufen. Ein schulgerechtes Pendel, das diese Bedingungen erfüllt und bei normaler Zimmerhöhe arbeitet, wird hier im Folgenden beschrieben.

1. Ein Experiment von historischem Rang

Kulturgeschichtlich kommt dem Foucault-Pendel eine bedeutende Rolle zu, weil sich erst nach dem historischen Versuch im Pantheon in Paris das heliozentrische Weltverständnis endgültig durchsetzte. Denn trotz der Leistungen eines Kopernikus, Galilei und Kepler sowie der überzeugenden Berechnung der Bewegungen der Himmelskörper durch die Newtonsche Mechanik brauchte es Jahrhunderte, bis ein unabhängiger Beweis für das heliozentrische System gelang. Erst 1837 konnte Bessel mit der Messung der Fixsternparallaxe dieses missing link präsentieren. Dies war allerdings nur unter Aufbietung der besten Hightec-Kunst seiner Zeit möglich und insofern nur wissenschaftsintern verfügbar.

Um diese Zeit war die Newtonsche Mechanik mit der Formulierung der Coriolis-Kraft gerade bis zur Beschreibung von Kräften in rotierenden Systemen herangereift. Poisson, bei dem Coriolis seine Dissertation verfasst hatte, stellte auf dieser Grundlage erste Überlegungen zum Nachweis der Erdrotation durch ein Pendel an, schätzte die Aussichten wegen des kleinen Effektes aber als schlecht ein. In Kenntnis der Überlegungen von Poisson führte Foucault 1851 seinen Versuch dennoch erfolgreich durch. Dieser wird in der Öffentlichkeit stark beachtet und schließt damit die Beweiskette zugunsten des heliozentrischen Systems. Im Pantheon zu Rom wiederholt Pater Secci das Experiment, worauf auch der Vatikan die Erdrotation anerkennt.

2. Hürden für die Realisierung in der Schule

Trotz dieses kulturhistorischen Stellenwertes und der prinzipiellen Einfachheit des Versuchs wird das Foucault-Pendel nur

Prof. Dr. Roland Szostak, Am Roggenkamp 23, 48165 Münster, ist emeritierter Hochschullehrer am Institut für Didaktik der Physik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. Er leitet den Arbeitskreis "Astronomie und Astrophysik in der Schule" der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, vertritt als National Representative die deutsche Sektion der EAAE (European Association for Astronomical Education) und ist Mitglied der Commission for Teaching Astronomy der IAU (International Astronomical Union). Nachdruck aus MNU 55 (2002), Heft 2, 74 - 79, mit frdl. Genehmigung des Verf.

vergleichsweise selten in den Schulen aufgebaut. Aus gutem Grund, denn in vielen Fällen halten die Pendel keine saubere Schwingungsebene ein, sondern bewegen sich elliptisch. Manche Pendel drehen dabei sogar rückwärts. Als weitere Hürde erweist sich die Meinung, dass ein solches Pendel möglichst lang sein müsste. Ein solcher Platz mag sich in etlichen Fällen in einem hohen Treppenhaus finden. Aber die Montage in schwindeliger Höhe ist mit einigen Gefahren verbunden.

Da die elliptische Bewegung erst einige Zeit nach dem Start manifest wird, werden Pendel ohne Antrieb im Unterricht bevorzugt. Pendel mit permanentem Antrieb sind im Handel auch kaum erhältlich. Die Entwicklung eines Antriebs in eigener Regie ist zudem mit erheblichem Aufwand verbunden. Für den eingangs beschriebenen Zweck brauchen wir jedoch ein permanent angetriebenes Pendel. Daher müssen dessen Probleme etwas näher diskutiert werden.

3. Bekämpfung der elliptischen Schwingung

Für ein permanent angetriebenes Pendel ist es unerlässlich, das Entstehen der elliptischen Bewegung zu verhindern. Diese entsteht zwangsläufig: Ein Fadenpendel besitzt zwei Schwingungsfreiheitsgrade, und diese sind miteinander gekoppelt, weil die Bewegung an eine Kugelfläche gebunden ist. Diese Kopplung ist umso stärker, je stärker die Krümmung der Kugelfläche, also je kürzer das Pendel ist. Deswegen überträgt sich die Schwingungsenergie der einen Komponente auf die andere bei kurzen Pendeln schneller. Das macht kurze Pendel so delikat.

Solange streng nur einer der beiden Schwingungsfreiheitsgrade angeregt ist, tritt die Kopplung nicht in Erscheinung. Darum bemühen sich entsprechende Starttechniken, z. B. durch Abbrennen eines Zwirnsfadens. Sobald die Querkomponente aber auch existiert – und diese entsteht, wenn nicht beim Start so doch unvermeidbar durch leichteste Störungen –, kommt es zur Kopplung dieser Schwingungen, wobei sich eine immer deutlichere Ellipse aufbaut.

Schon Viviani, ein Schüler Galileis, hatte 1661 beobachtet, dass sich ein Fadenpendel zunehmend in einer spiraligen Bahn dem Ruhepunkt nähert. Foucault hat offenbar diese Erfahrung auch gemacht. Denn bei seinen ersten Versuchen mit einem 2 m langen Pendel im eigenen Keller ändert er aus Gründen, die er nicht erklärt, sein Konzept und verkürzt die Messintervalle. Erst das längere Pendel mit 11 m im Observatoire de Paris ergab gute Resultate und führte zu dem großen Schritt in die Öffentlichkeit mit dem 67 m langen Pendel im Pantheon. Bei dieser Länge ist diese Kopplung dann so gering und das Aufkommen der elliptischen Schwingung so langsam, dass sie keine Rolle spielte.

Bei kurzen Pendeln, die wir bei normaler Raumhöhe aufhängen, ist die Kopplung indessen so stark, dass wir in kurzer Zeit

mit der elliptischen Bewegung konfrontiert sind. Wir müssen sie also bekämpfen. Eine gute Methode ist die Verwendung eines Charron-Ringes [1]. Dabei läuft das Seil etwa 10% unterhalb der Aufhängung durch einen Ring, an den es bei jeder Schwingung leicht anstößt. Bei diesem Anstoßen wird die unerwünschte Querkomponente durch Reibung jeweils bereits im Ansatz vernichtet. Der Durchmesser des Charron-Ringes wird zweckmäßig so gewählt, dass das Seil während der letzten 10 bis 20% seiner Auslenkung anstößt. Dieser Bereich erfasst den maßgeblichen Teil der Querbewegung, die ausgelöscht werden soll.

Andere Verfahren sind diesbezüglich schwieriger zu handhaben. Man könnte die Pendelkugel beispielsweise in einen weichen Schaumstoffring hineinschwingen lassen [2]. Dieses schöne und in seiner Funktion so einfache Verfahren eignet sich jedoch nicht für den schnellen Aufbau in der Schule, sondern eher für eine feste Installation z. B. in einem Museum oder Planetarium, weil der Schaumstoffwall axial gut einjustiert und auch die Amplitude entsprechend genau eingestellt werden muss. In einem anderen Verfahren wird die unerwünschte Querkomponente durch Wirbelströme in einem Kupferblech unterdrückt [3], über das die Pendelkugel an ihren Umkehrpunkten mit einem Magneten hinwegschwingt. Ein solches kreisring- bzw. konusförmiges Kupferblech ringsherum in recht genauem Abstand anzuordnen, ist eine aufwendige Justierarbeit, so dass dieses physikalisch sehr interessante Verfahren für die Schule auch ausscheidet.

4. Der Charron-Ring

Der Charron-Ring hat sich als eine einfache und unkritische Maßnahme bewährt. In unserer bewusst schulbezogenen Ausführung wird dieser Charron-Ring mit einem Wassereimer realisiert, der aufrecht an der Decke montiert wird und in dessen Boden wir ein kreisrundes Loch geschnitten haben (Abb. 1). Dieser Charron-Ring befindet sich bei einem raumhohen Pendel gerade in der richtigen Höhe mit etwa 10% der Pendellänge. Es muss nur darauf geachtet werden, dass sich das Seil bei ruhendem Pendel mittig in der Öffnung befindet. Natürlich darf der Eimer nicht wackeln. Dieser Charron-Ring dämpft die Elliptizität so gut dass wir keine besonderen Startvorkehrungen brauchen: Kugel mit beiden Händen etwa im äquatorialen Bereich fassen, auslenken und loslassen. Das ist alles. Die leichten Störungen beruhigen sich nach kurzer Zeit.

Versuche mit Charron-Ringen, die aufwendig in Werkstätten mit einem polierten Stahlring hergestellt sind, scheitern indes eher. Als Aufhängung dient zumeist auch ein Stahlseil. Bei der geringen Reibung dieser Materialien rutscht das Seil eher, als dass es durch Reibung gehemmt wird. Diese ist aber die Voraussetzung für das Funktionieren des Charron-Ringes. Ein Charron-Ring wie bei unserem Schulpendel funktioniert da besser. Diese Kräfte sind so klein, dass selbst Pappe dadurch nicht verschleißt.

Charron-Ringe versagen bei sehr langen Pendeln zudem auch, wenn bei ihnen der prozentuale Abstand vom Aufhängepunkt zu klein ist, so dass sich die Bewegungshemmung des Seils nicht hinreichend auf die seitliche Bewegung der Pendelmasse überträgt. Ein Charron-Ring in hinreichendem Abstand ergäbe eine aufwändigere Konstruktion. Es spricht insofern auch eini-

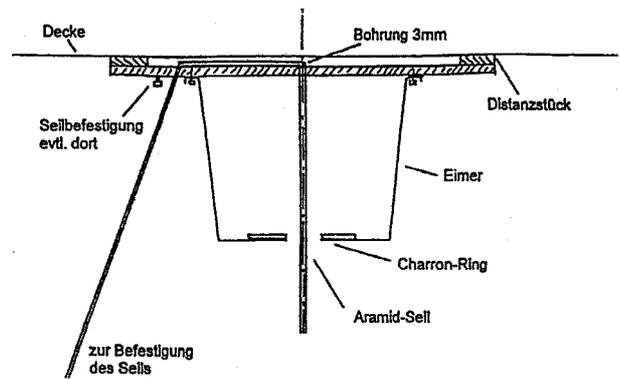


Abb. 1: Aufhängevorrichtung des Pendels an der Decke

ges dafür, ein Foucault-Pendel mit einem Wassereimer bei normaler Zimmerhöhe aufzuhängen.

5. Das Seil

Traditionell wird Klavierdraht für die Aufhängung empfohlen. Dieses sperrige Material ist einerseits unhandlich und besitzt zudem eine leichte eigene Krümmung, welche die so wichtige Axialsymmetrie der Aufhängung stört. Man könnte auf Stahllitze ausweichen. Diese benötigt jedoch beim Installieren des Pendels eine lange Entdrillungsphase, bei der es sich außerdem erheblich verlängert. Das könnte zwar durch eine mehrmalige nachträgliche Höheneinstellung behoben werden, wobei die Pendelkugel jeweils angehoben werden muss. Dabei aber verknäult sich die Stahllitze zu unauflösbaren Knoten. Und das macht die Katastrophe perfekt.

In unserer Schulversion wird ein bequem handhabbares Kunststoffseil verwendet. Kunststoffseile sind zwar reißfest, zeigen jedoch zumeist eine erhebliche Dehnung und eine sehr störende Nachdehnung. Neuerdings gibt es indes spezielle hochflexible, praktisch dehnungsfreie Kunststoffseile, die in der künftigen Fördertechnik, vom Fahrstuhl bis zum Bergwerk, Anwendung finden werden ([4], [5]). Ein solches, praktisch dehnungsfreies Aramidseil hat unser Schulpendel erst möglich gemacht.

Die Befestigung dieses Seils ist ebenso einfach wie banal: Es wird lediglich durch ein passgerechtes Loch in dem Brett hindurchgeführt (Abb. 1), an dem sich der Eimer mit der Charron-Öffnung befindet und mit dem dieser an der Decke befestigt wird. Es genügt, dieses Seil mit einem einfachen Knoten über dem Loch zu arretieren. Um auch die Höhenjustierung der Pendelkugel über dem Boden bequemer durchführen zu können, ist es zweckmäßig, das Seil ohne Knoten oben über das Brett seitlich herauszuführen und an einem Haken an der Wand zu befestigen. Wenn man die Kugel dabei leicht anhebt, kann die Höhenjustierung leicht und genau durchgeführt werden.

6. Die Pendelkugel

Bei unserem Schulpendel ist die Pendelkugel eine goldene Weihnachtsbaumkugel von 20 cm Durchmesser, die mit Sand gefüllt wird. In diese Kugel (Abb. 2) ist längs der vertikalen Achse ein Rohr eingelassen, an dessen oberem Ende das Seil befestigt ist und in dessen unterem Ende sich ein zylindrischer Permanentmagnet für den Antrieb befindet, der in seiner Höhe

einstellbar ist. Man kann die ganze Aktion im nächsten Jahr fast ohne Zeitaufwand wiederholen. Dazu braucht man nur die Kugel zu entleeren und hochzuziehen. Damit ist sie ohne Gefahr aus dem Verkehr gezogen. Um das Experiment dann wieder in Gang zu setzen, braucht man die Kugel nur herabzulassen und wieder mit Sand zu füllen. Alle weiteren Montage- und Justierarbeiten entfallen.

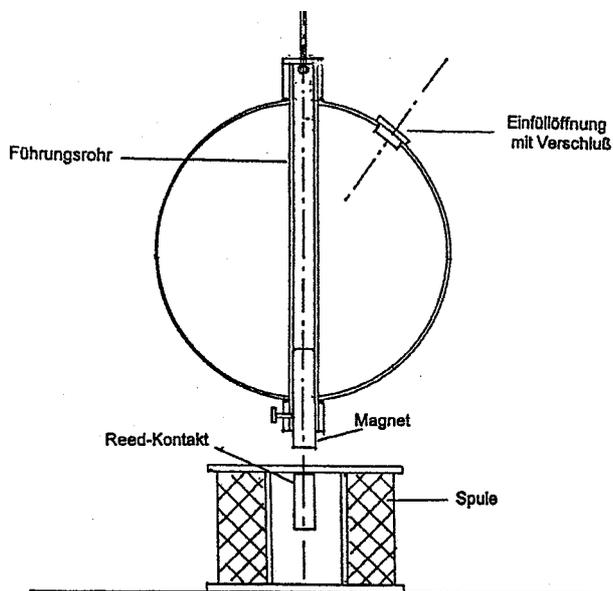


Abb. 2: Pendelkugel über der Antriebsspule

7. Der Antrieb

Für den Antrieb wird unter die Pendelkugel eine Spule auf den Boden gelegt, die sich bei jedem Pendeldurchgang kurzzeitig einschaltet (Abb. 2). Das Magnetfeld dieser Spule kann entweder die Kugel nach ihrem Nulldurchgang abstoßen oder bei ihrer Annäherung anziehen. Man kann auch beides kombinieren.

Elektronisch ist der erste Modus am einfachsten zu realisieren: Ein Detektor nimmt den Nulldurchgang wahr und schaltet den Spulenstrom ein, der sich wieder ausschaltet, wenn die Kugel den Bereich des Magnetfeldes der Spule verlassen hat. Das geschieht mit Hilfe einer Zeitkonstante, die ziemlich unkritisch ist. Im Falle des zweiten, des anziehenden Modus, muss der Spulenstrom rechtzeitig bei Annäherung der Kugel eingeschaltet und beim Nulldurchgang ausgeschaltet werden. Das Einschalten kann ebenso über eine Zeitkonstante geschehen, die aber genauer eingestellt sein muss und wegen der Schwingungsdauer von der Pendellänge abhängt.

Dem abstoßenden Modus ist aber der Vorzug auch deswegen zu geben, weil er die elliptische Bewegung zusätzlich dämpft: Wie Abb. 3 [3] zeigt, wird in seinem Fall die Bahnkrümmung einer elliptischen Bewegung verringert und die Ellipse abgebaut, während sich bei anziehendem Modus die Bahnkrümmung der elliptischen Bewegung und damit deren Bauchigkeit erhöht. Der abstoßende Modus ist außerdem vorteilhaft, weil er durch seine rückwärts drehende Tendenz die vorwärts gerichtete Präzession des "area-Effektes" (s.u.) abbaut, die ihre Ursache selbst in der Elliptizität hat.

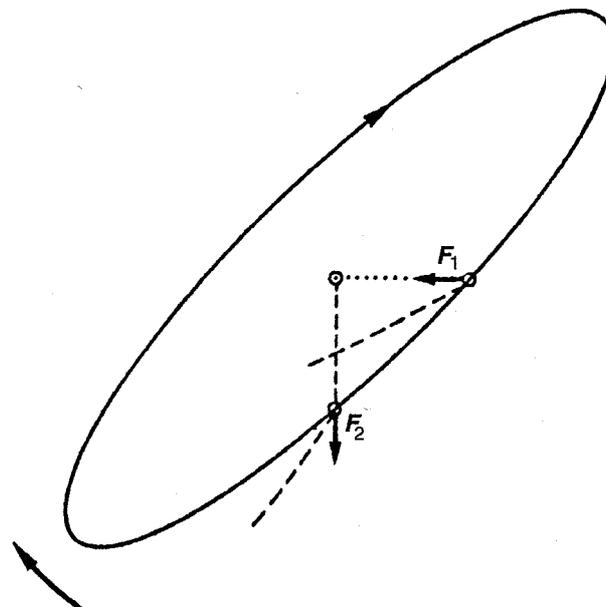


Abb. 3: Einfluss des anziehenden bzw. abstoßenden Antriebsmodus auf die elliptische Bewegung (aus [3])

8. Die Taktung

Der Antrieb benötigt ein Signal, das den Nulldurchgang des Pendels angibt. Ich habe ursprünglich eine Reflexionslichtschranke als Sensor verwendet, weil sich das von der Anschaulichkeit her nahe legt. Als nachteilig erwies sich dabei jedoch eine starke Abstandsempfindlichkeit. Das verlangte für die Höhenjustierung der Kugel eine Toleranz von wenigen Millimetern über der Spule. Außerdem spricht dieser Detektor nicht mehr an, wenn eine elliptische Komponente mit einer Queramplitude von mehr als 5 mm vorliegt, was bei einem nicht perfekten Start vorkommen kann. Außerdem kann es Störungen durch intensives Tageslicht geben. Man könnte auch die Signale einer Induktionsspule zur Taktung verwenden. Dann aber müsste den Schülern das Phänomen der Induktion bereits gut bekannt sein. Auch die Signalaufbereitung verlangt einige Kenntnisse über Verstärker.

Problemlos und zugleich sehr anschaulich ist indessen die Verwendung eines Reed-Kontaktes. Der Vorgang, wie sich zwei magnetische Zungen zu einem Kontakt schließen, wenn sie durch die Annäherung eines Magneten magnetisiert werden, wird sehr leicht eingesehen. Vorteilhaft kommt hinzu, dass der auf der Spulenchse angeordnete Reed-Kontakt in einem halbkugelförmigen Bereich von 2,5 cm Radius über der Spule anspricht. Insofern genügt es, den an der Kugel befindlichen Magneten auf einen Abstand etwa 1 bis 2 cm über der Spule einzustellen. Das ist eine bequem handhabbare Toleranz für die Höheneinstellung. Auch falls der Magnet anfänglich etwas seitlich vorbeischiebt, spricht der Reed-Kontakt verlässlich an.

9. Die Elektronik

Der Reed-Kontakt schaltet zunächst ein Relais ein, das die 2 A des Spulenstromes einzuschalten vermag. Durch ein RC-Glied wird dieser Strom nach etwa 0,2 Sekunden abgeschaltet. Dann etwa hat der vorbeischiebende Magnet den Bereich der

Spule verlassen. Schaltungstechnisch muss noch dafür gesorgt werden, dass der Kondensator anschließend entladen wird, um für die nächste Taktung bereit zu sein.

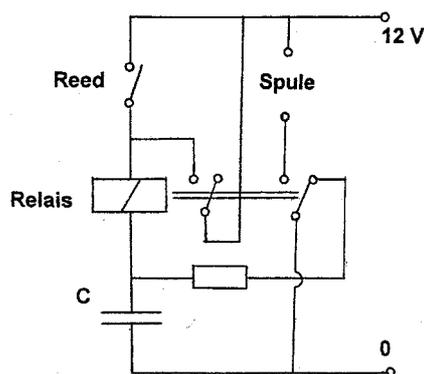


Abb. 4. Schaltbild des elektrischen Antriebs

Die Schaltung muss auch noch auf folgendes Rücksicht nehmen: Der Reed-Kontakt befindet sich notwendigerweise innerhalb der Spule. Durch den herannahenden Magneten wird er zunächst in der Richtung magnetisiert, die dieser Magnet besitzt. Das Magnetfeld des Spulenstroms ist jedoch entgegengesetzt dazu ausgerichtet, weil es die Kugel abstoßen soll. Dadurch wird der Reed-Kontakt zwangsläufig umgepolst. Dieser öffnet sich dabei kurzzeitig und klappert. Das muss schaltungstechnisch beseitigt werden. Die Schaltung in Abb. 4 erfüllt all diese Eigenschaften.

Für einen besonders handlichen Aufbau in der Schule ist es vorteilhaft, wenn die gesamte Steuerelektronik in die Spule integriert ist, so dass eine zusätzliche äußere Leitungsführung entfällt. Das ist bei der speziell für dieses Pendel entwickelten Spule der Fall.

10. Beobachtung der Drehung der Pendelebene

Mit sorgfältigem Peilen lässt sich die momentane Schwingungsebene feststellen. Diese kann man im einfachsten Fall mit Kreide auf dem Boden markieren. Beliebiger ist vor allem das Umwerfen von Klötzchen. Man muss dabei allerdings u. U. mit gewissen Störungen rechnen. Denn der stiftförmige Teil unter der Kugel wird diese Klötzchen nie zentral sondern immer nur tangential stoßen. Ein solches Klötzchen fällt auch nicht immer beim ersten Anstoß um. Die dabei ausgetauschten Kräfte wirken in Richtung der Coriolis-Kraft, stören also gerade das, was wir beobachten wollen. Die Coriolis-Kraft entspricht aber in unserem Fall nur etwa dem Gewicht einer Briefmarke. Man wird dieses Verfahren also mit Vorsicht betrachten.

Ein berührungsloses und praktisch rückwirkungsfreies Verfahren bieten Reed-Kontakte, die als Sensoren im Bereich der Umkehrpunkte des Pendels aufgestellt werden. Durch das darüber schwingende Pendel wird eine jeweils zugeordnete Leuchtdiode eingeschaltet. Auf diese Weise wird das Fortschreiten der Pendelebene angezeigt. Wenn z. B. alle sechs Minuten die nächste Leuchtdiode eingeschaltet wird, leuchten nach einer Stunde etwa zehn solcher Leuchtdioden. Man kann, wenn man will, auch daraus überschlägig die Drehgeschwindigkeit ermitteln. Diese Art der Anzeige eignet sich besonders

für die Präsentation bei regem Publikumsverkehr, bei dem man sich während der Gespräche mit den Eltern nicht durch Messverrichtungen in Labormanier ablenken lassen muss. Wenn man Klötzchen umfallen ließe, müsste man außerdem jeweils etwa 30 Minuten bis zum nächsten Ereignis warten, weil sie nicht enger stehen können, ohne sich gegenseitig umzureißen.

Vollständigkeitshalber sei noch erwähnt, dass die Drehgeschwindigkeit der Pendelebene mit $\sin\varphi$ vom Breitengrad φ abhängt. In Deutschland ist $\sin\varphi = 0,75$ bis $0,8$. Die Pendelebene dreht dort um 360° also nicht in 24 Stunden, sondern in gut 30 Stunden. Das sind knapp 40% der Winkelgeschwindigkeit eines Stundenzeigers. Man muss also etwas Geduld aufbringen, um die Drehung der Pendelebene ohne diese Mittel zu verfolgen.

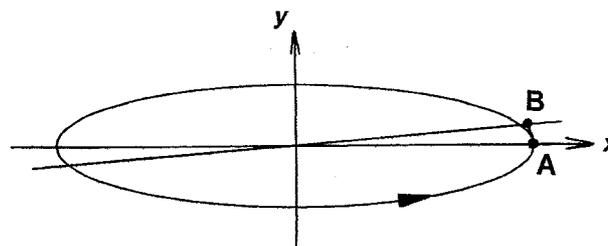


Abb. 5: Entstehung der Präzession durch unterschiedliche Schwingungsdauer der beiden Komponenten

11. Warum drehen manche Pendel rückwärts?

Verantwortlich dafür ist die elliptische Bewegung des Pendels. Man stelle sich zum Verständnis dessen eine elliptische Bewegung – von oben betrachtet wie in Abb. 5 – vor und betrachte den Beginn dieser Bewegung in A: Da die Schwingungsdauer T eines Pendels, wenn auch nur geringfügig, mit der Winkelamplitude φ_0 gemäß $T = T_0 (1 + 1/4 \sin^2(\varphi_0/2) + \dots)$ zunimmt, benötigt die Schwingung längs der x-Achse für eine volle Periode etwas mehr Zeit als die y-Komponente mit der kleinen Amplitude. Nach einer vollen Periode T der Hauptschwingung ist die Nebenschwingung also schon über ihr Periodenende T_0 etwas hinaus gelangt, d. h. die nächste Hauptschwingung beginnt im Punkt B. Die Ellipse hat sich somit in ihrer Achslage etwas gedreht, und zwar in Vorwärtsrichtung. In diesem Zusammenhang zeigt der Charron-Ring eine zusätzliche günstige Eigenschaft: Während das Seil an dem Charron-Ring anliegt, wird die Pendellänge verkürzt. Dadurch verringert sich anteilig die Periodendauer der Hauptkomponente und damit auch diese Präzession.

Diese Drehung hat also ihre Ursache in der genannten Nichtlinearität als einer inhärenten Eigenschaft des Fadenpendels und ist unabhängig davon, ob die Erde sich dreht oder nicht. Da die Ellipse aus kleinen zufälligen Störungen heraus entsteht, entwickelt sich der Drehsinn dieser Ellipse ebenso zufällig entweder rechts- oder linksherum. Diese Präzession überlagert sich der Drehung der Pendelebene, die durch die Erdrotation erzeugt wird, entweder verstärkend oder entgegengesetzt. Im zweiten Fall kann dies dazu führen, dass die resultierende Drehung sogar rückwärts verläuft, wenn die Präzession größer ist als die Drehung durch die Erdrotation.

Hierzu eine größenordnungsmäßige Abschätzung: Diese Präzession beträgt $\Omega = 3ab\pi/4l^2T$ ([6], [7]) und wird wegen der

Proportionalität zu $ab\pi$ mit den Ellipsenachsen a und b als "area-Effekt" bezeichnet (l : Pendellänge).

Sie ergibt sich unmittelbar aus der oben beschriebenen nichtlinearen Zunahme der Periodendauer mit der Amplitude. Da die Präzession proportional zu $1/l^2$ ist, muss sie bei kurzen Pendeln besonders beachtet werden. Wegen $T \sim 1/l^2$ erhöht sich diese Empfindlichkeit auf $\Omega \sim l^{-5/2}$. Verglichen zu einem 20 m langen Pendel ist also ein 3 m langes Pendel bei gleicher Amplitude a etwa hundertmal anfälliger für diese Störung.

Für ein Pendel von 3 m Länge und einer Amplitude von 0,5 m ist diese Präzession bereits ebenso groß wie die durch die Erdrotation auf unserem Breitengrad, wenn die kleine Ellipsenachse einen Wert von nur 1,5 mm (!) hat. Das vermittelt eine Vorstellung davon, wie wichtig es ist, die elliptische Bewegung erfolgreich zu unterdrücken.

12. Das Foucault-Pendel ist kein Messinstrument

Wenn man bei diesem Pendel allein den Einfluss des area-Effektes auf 10% begrenzen will, dann darf die kleine Halbachse der Ellipse nicht mehr als 0,15 mm betragen! Weitergehende Maßnahmen zur Eindämmung des area-Effektes bei besonders kurzen Pendel hat R. Crane eingehend diskutiert [6], deren Anwendung aber den Rahmen eines praktikablen Schulpendels übersteigt.

Ungleichmäßigkeiten im Lauf des Tages müssen in diese Problematik eingeordnet werden. Diese treten insbesondere auf, wenn die axiale Justierung nicht genügend genau vorgenommen wurde. Hacker weist darauf hin [8], dass eine seitlich ablenkende Kraftkomponente entsteht, wenn der Pendelmagnet infolge dieser ungenauen Justierung nicht symmetrisch durch das Magnetfeld hindurchschwingt. Entsprechend den Überlegungen zu Abb. 3 wird dadurch eine Artefaktdrehung der Pendelebene hervorgerufen. Dieser Effekt verschwindet, wenn die Pendelebene im Laufe des Tages soweit gewandert ist, dass der Pendelmagnet symmetrisch durch das Magnetfeld hindurchschwingt, und baut sich danach wieder allmählich auf. So kommt es zu einem ungleichmäßigen Fortschreiten der Pendelebene im Laufe des Tages. Eine sehr sorgfältige axiale Positionierung der Spule unter dem ruhenden Pendel ist also für den gleichmäßigen Gang eine wichtige Voraussetzung, für die man sich genügend Zeit nehmen muss.

Die genannten extremen Empfindlichkeiten machen deutlich, dass man die Genauigkeit eines Foucault-Pendels nicht überschätzen und nicht strapazieren darf. Auch die Kleinheit der Coriolis-Kraft im Vergleich zu vielen möglichen störenden Einwirkungen legt dies nahe. Man sollte also zufrieden sein, wenn die Drehung der Pendelebene auf 20% genau herauskommt. Weitere eventuelle Ungleichmäßigkeiten im Lauf des Tages müssen in diese Problematik eingeordnet werden. Entscheidend für unseren Zweck ist, dass das Phänomen der Erdrotation vor Augen geführt wird. Die Verwendung der beschriebenen Leuchtdiodenreihe erleichtert dies. Bei Interesse für weitere technische Einzelheiten wende man sich an den Autor.

13. Noch ein Tipp zur Präsentation

An einem Tag der offenen Tür herrscht viel Trubel und manchmal Gedränge. Um zu vermeiden, dass Schüler versehentlich

in das Pendel hineinlaufen, hat es sich überzeugend gut bewährt, das Pendel über einer Platte als einer Art Podest schwingen zu lassen. Dort lassen sich auch gut erklärende Texte anbringen. Übrigens: Wenn die Schüler das Pendel selbst installiert haben, werden sie es außerdem vehement gegen Eingriffe und Beschädigungen schützen.

Literatur

- [1] F. Charron: Sur un perfectionnement du pendule de Foucault et sur l'entretien des oscillations. *Astronomie (Bull. Soc. Astron. Fr.)* 45 (1931) 457.
- [2] C. A. Schwengeler. Univ. Bern, priv. Mitteilung.
- [3] G. Mastner et al. : Foucault pendulum with eddy-current damping of the elliptical motion. *Rev. Sci. Instrum.* 55 (1984) 1533.
- [4] J. W. Paelke: Pocketlift - With 208 m (682') Vertical Lift. *Bulk Solid Handling, Intern. Journ.* 3 (2000) 331.
- [5] K. Mrusek: Nach gut hundert Jahren löst sich der Lift vom Stahlseil. *FAZ* 6. Mai 2000.
- [6] R. Crane: Short Foucault pendulum: A way to eliminate the precession due to the ellipticity. *Am J. Phys.* 49 (1981) 1004.
- [7] M. G. Olsson: Spherical pendulum revisited. *Am. J. Phys.* 49 (1981) 531.
- [8] G. Hacker: Das Foucault-Pendel als Schaukastenexperiment. *MNU* 59 (1997) 471.

Foucault-Pendel zum Ausleihen

Der Verein hat ein Foucault-Pendel von Prof. Szostak erworben. Es kann gegen eine kleine Leihgebühr für schulische Veranstaltungen entliehen werden. Für die freie Aufstellung in einer Halle wurde statt der Deckenbefestigung eine Stahlrohrstativ angefertigt. Zusätzlich wird lediglich ein Labornetzteil benötigt, das 2 A Gleichstrom bei 12 V liefert. Interessenten mögen sich an die Redaktion wenden.

Quark-Videos

Videos der folgenden Sendungen von Quarks & Co können bei der Redaktion entlehnt werden:

Wetter, Relativitätstheorie - einfach erklärt, Faszination Fliegen, Castor - Kernenergie & Co, Reise durch Magen und Darm, Fundgrube Müll, Herz, Blick in den Körper, Kleine Krabbler, Antibiotika. Unterlagen zu den Sendungen des WDR finden Sie im Internet unter <http://www.quarks.de>.

Die zwei berühmtesten Naturkonstanten

Unterrichtsversuche und geschichtliche Anmerkungen

Leopold Stadler

1. Einleitung

Leicht zu erraten – es sind die Gravitationskonstante sowie die Lichtgeschwindigkeit gemeint. Erstere kennzeichnet die weit-aus schwächste der vier Wechselwirkungskräfte, letztere stellt immerhin die größte aller physisch möglichen Geschwindigkeiten (von Teilchen oder Signalen) dar.

Der experimentellen Behandlung im Schulunterricht standen lange Zeit die extremen Größenordnungen dieser Konstanten im Wege:

$\gamma = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$, $c = 2,997 \cdot 10^8 \text{ m/s} \approx 3 \cdot 10^5 \text{ km/s}$. Dies bedeutet beispielsweise: zwei nebeneinander sitzende Schüler ziehen einander mit ca. $112 \mu\text{N}$ an; das Licht benötigt quer durchs Klassenzimmer etwa 25 ns oder für die Strecke Stephansdom – Kahlenberg $27 \mu\text{s}$. Andererseits: ein Funksignal zu einer Raumsonde, welche soeben Neptun passiert, ist gut 40 Minuten unterwegs.

2. Die Massenanziehung

Als Isaac Newton 1727 starb, war er davon überzeugt, dass es niemals möglich sein werde, sein Gravitationsgesetz nachzumessen – wegen der extremen Schwäche der Massenanziehung zwischen zwei wägbaren Körpern.

Heute können alle meine Schüler beobachten, wie zwischen zwei Bleikugeln eine winzige Anziehungskraft wirkt. Damit ist auch erreicht, dass das "Gewicht" als Sonderfall eines allgemeinen Phänomens begriffen wird – eine Einsicht, die in unserem Alltag nicht zu gewinnen ist.

Die Entwicklung, welche zwischen diesen beiden Aussagen steht, sei an einigen markanten Daten aufgezeigt:

- Isaac Newton (1643–1727) durchschaut 1666 als erster das Wesen der irdischen Schwerkraft; 1686 formuliert er das zugehörige Kraftgesetz: $F_g = \gamma \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2$ (gilt exakt für zwei Kugelmassen mit $\rho = \rho(r)$); er hatte es aus der Forderung abgeleitet, dass es so beschaffen sein müsse, dass daraus die Kepler'schen Gesetze (1609, 1619) der Planetenbewegung folgen müssen.
Über die Größe "seiner" Konstante γ hatte Newton durch-aus richtige Vorstellungen; er hatte für die Erdkugel eine mittlere Dichte von ca. 5 g/cm^3 angenommen und auch einen neuen, guten Wert für den Erdradius zur Verfügung. Daraus konnte Newton die Erdmasse und somit γ berechnen.
- Henry Cavendish (1731–1810) veröffentlichte 1798 Ergebnisse von Messungen, welche er mit einer von John Michell (†1793) übernommenen Drehwaage ausgeführt hatte.

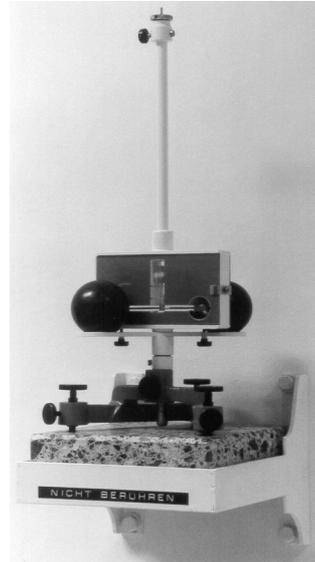


Abb. 1: Drehwaage

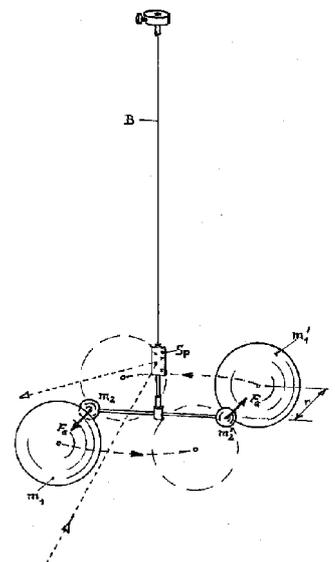


Abb. 2: Funktionsprinzip der Drehwaage

Technische Daten

Massen (aus chem. reinem Blei)	$m_1 = 1,5 \text{ kg}$, $m_2 = 15 \text{ g} = m_1/100$
Torsionsband (aus Be-Bronze)	$l \approx 25 \text{ cm}$, $A = 0,15 \text{ mm} \times 0,01 \text{ mm}$
kleinster Abstand der Kugelmitten	$r = 4,63 \text{ cm}$
Schwingungsdauer	$T = 586,5 \text{ s} \approx 10 \text{ min}$
Winkelrichtgröße	$D^* = 8,8 \cdot 10^{-9} \text{ Nm/rad}$
Trägheitsmoment des Gehänges	$J = 7,7 \cdot 10^{-5} \text{ kgm}^2$
Länge des Lichtzeigers	$L = 6,77 \text{ m}$, daher
opt. Vergrößerung durch den Lichtzeiger	$v = 270$
Endausschlag (Mittelwert aus 10 Messungen)	$a = 20,7 \text{ cm}$

Cavendish hatte damit als Methode der Messung kleinster Kräfte die Torsion dünner Drähte in die Präzisionsphysik eingeführt. Sein Ergebnis von $\gamma = 6,71 \cdot 10^{-11} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$ war für damalige Möglichkeiten eine hervorragende Leistung.

- Charles Vernon Boys (1855–1944) unternahm in London im Juni 1889 erstmals den Versuch, die Massenanziehung als Vorlesungsexperiment vorzuführen. Da er gelernt hatte, sehr feine Quarzfäden herzustellen, kam er mit kleinen Massen (700 g/15 g) aus. Cavendish hatte sich noch mit 158 kg bzw. 0,73 kg abgemüht.
- Für den anspruchsvollen Physikunterricht hat sich weltweit eine von Prof. Paul Schürholz entwickelte Drehwaage durchgesetzt; alle Details sind optimiert und bedienungsfreundlich ausgeformt. *)

*)Einerseits wächst die Empfindlichkeit einer Gravitationsdrehwaage, je kleiner ihre Abmessungen sind, andererseits wird dabei die Eigenenergie des Systems so klein, dass Störungen nicht mehr zu beherrschen ist.

Beschreibung: Unser Exemplar steht erschütterungsfrei und staubgeschützt auf einer Wandkonsole (Entwurf Verf., Herstellung Verf. und Schweißerei) auf einer Steinplatte im Physiksaal (Abb. 1). Um die Drehbewegung beobachten zu können, ist zusätzlich ein kleiner Oberflächenplanspiegel (Sp) montiert, er lenkt das Licht eines fokussierbaren Lasers zu einer Skala an der gegenüberliegenden Wand, wodurch 270-fache Vergrößerung erzielt wird. Ein für alle mal justiert arbeitet die Drehwaage tadellos und ist problemlos zu bedienen.

Das Funktionsprinzip ist einfach und aus Abb. 2 zu entnehmen. Zwei gleiche, kleine Bleikugeln (m_2, m_2') sind an einem \perp -förmigen "Gehänge" befestigt; das ganze hängt an einem feinen Bändchen (B) aus Beryllium-Bronze. Es kann noch sicher das Gewicht dieser Körper tragen, gleichzeitig ist es extrem torsionsempfindlich.

Im Ruhezustand besteht ein Gleichgewicht zwischen dem Drehmoment der zwei Massenanziehungskräfte (F_G) und dem Gegenmoment des verdrehten "Fadens". Nach Schwenken der zwei großen Massen in die symmetrische Lage sind die zwei Massen-Anziehungskräfte und somit ihr Drehmoment umgepolt; das Bändchen entdrillt sich daraufhin und versucht, sich gegengleich zu verwinden. Dieses geschieht in Form einer extrem langsamen, gedämpften Torsionsschwingung, welche nach etwa einer Stunde zur Ruhe kommt.

Bedenkt man, wie winzig die Kräfte (0,7 nN) bzw. das Drehmoment ($7 \cdot 10^{-11}$ Nm) sind, erscheint es fast als Wunder, dass sich überhaupt "etwas tut".

Qualitative Vorführung: man legt die großen Massen um und beobachtet einen Schwingungsaussschlag, welcher nach kaum fünf Minuten über 30 cm erreicht.

Für die quantitative Auswertung – Bestimmung der Gravitationskonstante – stehen zwei Methoden zur Verfügung: die Vermessung der Anfangsbeschleunigung oder die Auswertung des Endausschlages. Erstere hat zwei Vorteile: sie benötigt wenig Zeit und setzt nur einfache, bereits unterrichtete Formeln voraus. Nachteilig ist, dass wegen der beginnenden Entdrillung die Beschleunigung anfängt nachzulassen, während wir mit $a = \text{konst.}$ rechnen; dadurch wird γ systematisch zu klein.

Messbeispiel: Der Lichtzeiger benötigt $t = 51,4$ sec für die ersten $x = 3$ cm bzw. $\Delta r = x/v = 3/270$ cm (ab Massenumlegung):

$$F = m_2 \cdot a, \quad \Delta r = \frac{a}{r} \cdot t^2 \Rightarrow$$

$$2 \cdot \gamma \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_2 \cdot \frac{2 \Delta r}{t^2},$$

$$\gamma = \frac{xr}{vm_1 t^2} = \frac{0,03m(0,0463m)^2}{270 \cdot 1,5kg(51,4s)^2} =$$

$$6,01 \cdot 10^{-11} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$$

Die Endausschlagmethode benötigt zum Auswerten Kenntnisse über Torsionsschwingungen sowie eine Stunde Zeit bis zur Ablesung; sie eignet sich daher kaum für die Unterrichtsstunde.

Nach genauer Kalkulation einiger Korrekturen, deren größte der schwächende Einfluss der diagonalen Massenanziehung

$m_1 \sim m_2'$ bzw. $m_1' \sim m_2$ (etwa 7,4%) ist, ergibt sich, dass die Rohwerte um 6,0% zu vergrößern sind; damit verbessert sich das obige Ergebnis auf $6,37 \cdot 10^{-11} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$. Die Endausschlagmethode plus Korrekturen führen an die Grenze der Leistungsfähigkeit des Gerätes, $\gamma = 6,62 \dots 6,72 \cdot 10^{-11} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$.

3. Die Lichtgeschwindigkeit

Galileo Galilei (†1642), u. a. Entdecker der vier großen Jupitermonde mit Hilfe seines kurz vorher erfundenen und auch selbst gebauten Fernrohres, konnte die Frage nicht entscheiden, ob Licht "unendlich rasch" ist oder ob es sich extrem schnell ausbreitet.

Heute können meine Schüler beobachten, wie die Laufzeit des Lichts innerhalb des Lehrsaales zur Messung seiner Geschwindigkeit***) ausreicht. Auch zu diesem Kontrast einige historische Zeitmarken:

- Ole Christensen Romer (1644–1710) beobachtete 1675/76 als kgl. dänischer Hofastronom ein Jahr lang die Umläufe der großen Jupitermonde und bemerkte periodische Schwankungen der Umlaufzeiten; nun "fiel bei ihm der Groschen": Ursache mußte die wechselnde Distanz Jupiter-Erde und in Folge die variierende Laufzeit des Lichtes bis zu seinem Fernrohr sein! Daraus ermittelte Romer erstmals die richtige Größenordnung von c – er erhielt ca. 230000 km/s, also 23 % zu wenig.
- 1727: James Bradley (1692–1762) bestätigt und verbessert Romers Ergebnis nach der Methode der Aberration des Lichtes auf Grund der Eigenbewegung der Erde 20,6" im Zenith, $c = 295000$ km/sec.
- 1849: Feinmechanik und Optik waren leistungsfähig genug geworden, dass Amand Hypolyte Fizeau (1819–1896) erstmals in einem terrestrischen Versuch ("Zerhacken" des Lichtstrahls mittels rotierendem Zahnrad) c bestimmen konnte (Lichtweg $\approx 8,6$ km!). Sein Ergebnis: 313900 km/s. Bereits ein Jahr später,
- 1850 experimentiert J. B. Léon Foucault (1819–1868) nach einem Vorschlag von Dominique Francois Arago (1786–1853) aus d. J. 1838 mit einem rasch rotierenden Planspiegel, der im Brennpunkt eines langbrennweitigen Hohlspiegels steht. Ergebnis: 300900 km/s
- 1878 verbessert A. Abraham Michelson (1852–1931) diese Methode (s.u.) und verkürzt dabei den Lichtweg derart, dass auch die Lichtgeschwindigkeit in durchsichtigen Medien bestimmt werden kann.
- Moderne Verfahren arbeiten mit Kerr-Zellen, Hohlraumresonatoren oder Mikrowelleninterferometern ($c = f \cdot \lambda$).

Egal ob Geschoss-, Schall- oder Lichtgeschwindigkeit, beim Unterrichtsversuch ist die direkte Methode über Weg und Zeit allen indirekten Verfahren didaktisch überlegen. Für die Demonstration der Lichtgeschwindigkeit in Luft ist die Methode nach Fizeau und Michelson am besten geeignet, da man mit Lichtwegen im Lehrsaal auskommt und alle Größen leicht überprüfbar sind.

Abb. 3 zeigt den Strahlengang, adaptiert vom Verf. zugunsten minimaler Gesamtlänge. Prinzip: Es wird jene Laufzeit er-

***Der Unterschied der Lichtgeschwindigkeit c im Vakuum und jener in Luft kommt nur bei Präzisionsmessungen zum Tragen; es ist $c = 1,00027 c_v$

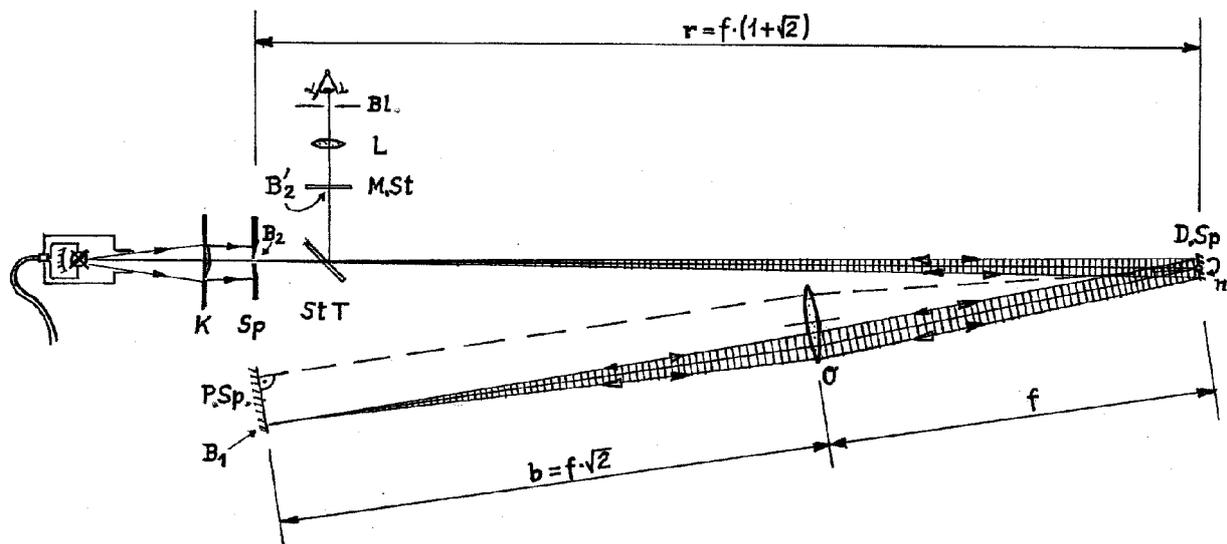


Abb. 3: Strahlengang des Michelsonschen Drehspiegelversuchs

fasst, welche das Licht benötigt, um vom Drehspiegel ($D.Sp$) zum Bild B_1 am Planspiegel ($P.Sp$) und zurück zum Drehspiegel zu gelangen (ca. 68 ns); diesen findet das Licht um einen kleinen Winkel weitergedreht vor, so dass das sekundäre Bild B_2 etwas zur Seite geschwenkt erscheint.

Eingerichtet wird der Strahlengang natürlich bei stillstehendem Drehspiegel; dieser wird so zurechtgedreht, dass das reflektierte Licht die Mitte der Objektivlinse ($f = 4,2 \text{ m}$) trifft und im Zentrum des Oberflächenplanspiegels ein reelles, verkleinertes Bild B_1 des Spaltes entsteht.

Der Drehspiegel wirkt als Aperturbblende und befindet sich im dingseitigen Brennpunkt des langbrennweitigen Objektivs (O). Daher trifft der Mittelstrahl des Lichtbündels rechtwinkelig auf den großen Planspiegel und das Licht läuft in sich zurück, um im Spalt (Sp) ein weiteres Bild B_2 zu erzeugen. Um letzteres beobachten zu können winkelt ein Strahlenteiler ($St.T.$) den halben Lichtstrom zur Seite und liefert auf einem Glasstreifen mit eingeritzter mm-Skala ($M.St.$) ein sekundäres Bild B_2' . Dieses kann man durch eine Lupe (L) von einer Irisblende (Bl) aus betrachten und seine Lage auf $0,1 \text{ mm}$ genau ablesen. Wie diese optische Anordnung realisiert aussieht, ist im Photo der Abb. 4 dargestellt.

Wesentliche Leistung dieses "telezentrischen Strahlenganges" (nach Michelson) ist, dass bei langsamer Rotation des Drehspiegels trotz der Bewegung des Lichtbündels und des Bildes B_1 das zweite Spaltbild B_2, B_2' in Ruhe bleibt! Vom Spiegel $P.Sp$ aus gesehen, bewirkt die Spiegeldrehung eine Art "Leuchtturm-Effekt": solange das reflektierte Lichtbündel über den Durchmesser des Objektivs huscht, bewegt sich auch das Bild über den gleich großen Planspiegel. Ein Beobachter sieht bei sehr kleiner Drehzahl das Bild B_2 flackern. Bei hoher Drehzahl (bis 570 U/sec) findet das vom Planspiegel zurückgekehrte Licht (Laufzeit $\Delta t = 2r/c$) den Drehspiegel um $\Delta\varphi$ verdreht vor ($\Delta\varphi = \omega \Delta t = 2\pi nr/c = 4\pi nr/c$). Das Bild B_2' wird um $2\Delta\varphi$ zur Seite geschwenkt: $x = 2r\Delta\varphi = 8\pi nr^2/c$.

Laut Abb. 3 ist $g = f(2 + \sqrt{2})$, $b = f\sqrt{2}$, $r = f(1 + \sqrt{2})$, daher gilt $c = 8\pi n^2(3 + 2\sqrt{2})/x$.

Man erhält sehr einfach eine genau bekannte Drehzahl, indem man die Tonhöhe, welche der rotierende Spiegel abgibt, mit einer Stimmgabel auf Normal-a ($f = 440 \text{ Hz}$) abgleicht.

$$c = 8\pi 440s^{-1}(4,2m)^2(3 + \sqrt{2}) / 0,0038m = 2,99 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Erstens ist dieser Wert hervorragend, zweitens das Verfahren verständlich sowie alle Werte leicht zu kontrollieren, und vor allem: das Liferlebnis, diese unvorstellbar große Geschwindigkeit überlisten zu haben, ist durch kein Lehrbuch und keine Simulation zu ersetzen. Der Beobachter blickt durch die Lupe und regelt die Spannung für den Motor des Spiegels hoch. Das Ohr vernimmt die mit n steigende Tonhöhe, das Auge sieht das Spaltbild proportional zu ihr auswandern.

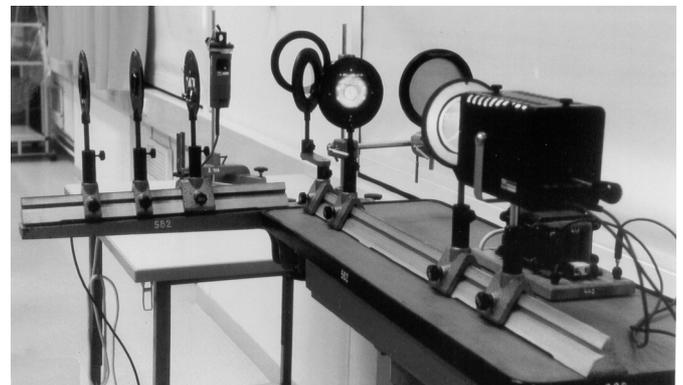


Abb. 4

Darüber hinaus spielt c im Gesamtbereich der Physik eine viel fundamentalere Rolle als der Laie vermuten würde; sie ist in Zusammenhängen zwischen Größen enthalten, welche mit der Ausbreitung von Licht oder elektromagnetischen Wellen nichts zu tun zu haben scheinen. Dazu zwei Beispiele:

Das Produkt von magnetischer Feldkonstante μ_0 und elektrischer Feldkonstante ϵ_0 beträgt $\mu_0\epsilon_0 = 1/c^2$; die berühmte Masse-Energie-Beziehung lautet $E = \Delta m c^2$.

Adsorptionsphänomene

Heinz Schmidkunz

Allgemeine Bemerkungen

Wir alle kennen den Ärger mit einem Fleck auf dem Tischtuch, auf dem Hemd oder auf einer Bluse. Meistens haften Farbstoffe aus Lebensmitteln, Eiweiß oder andere natürliche Verbindungen (z. B. Pflanzensaft) sehr fest an dem Gewebe, so dass solche Flecken nur schwer zu entfernen sind. Diese Erscheinungen sind der Adsorption zuzuordnen, die immer dann vorliegt, wenn z. B. Gase oder feste Stoffe, die in einer Flüssigkeit gelöst sind, bei Berührung mit einer festen Phase von dieser durch Oberflächenkräfte festgehalten werden [1]. Man unterscheidet zwischen Chemiesorption (die Bindungsenergie ist gleich oder höher als 41,8 kJ/mol) und Physisorption (die Bindungsenergie ist kleiner als 41,8 kJ/mol). Bei Adsorptionsphänomenen handelt es sich um eine reine Anlagerung, wobei meistens chemische Bindungskräfte ausgeschlossen werden können. Hier wirken sogenannte van der Waalsche Kräfte, häufig sind das elektrostatische Wechselwirkungen im atomaren oder molekularen Bereich, die bereits vorhanden sind oder erst durch Induktion entstehen, wenn sich Teilchen stark nähern. Die feste Phase, an der sich die Adsorption vollzieht, wird auch als Adsorptionsmittel oder als Adsorbens bezeichnet, den adsorbierte Stoff hingegen nennt man auch Adsorbat.

Voraussetzung für eine Adsorption ist eine große Oberfläche des Adsorbens. Zu den klassischen Adsorptionsmitteln zählen vor allem Aktivkohle, Aluminiumoxid, Zeolithe, Silicagel, Cellulose und Stärke. Adsorptionskräfte sind temperaturabhängig, es ist eine wichtige Erkenntnis, dass sich beim Erwärmen die Adsorptionskräfte vermindern. Ein Gramm Aktivkohle adsorbiert bei 0°C 15 cm³ Stickstoff, bei -188°C sind es dagegen 155 cm³. Bei etwa 300°C verflüchtigen sich alle adsorbierten Stoffe vom Adsorptionsmittel. Dieser Vorgang wird auch als Desorption bezeichnet. Durch Erwärmen lassen sich also adsorbierte Stoffe wieder vom Adsorbens ablösen.

In der Chemie macht man sich die Erscheinung der Adsorption z. B. beim Färben von Textilien zu Nutze, denn hier hat man die Absicht, einen bestimmten Farbstoff fest an den Fasern eines Textils zu binden. Aber auch die Adsorption eines bestimmten Stoffes aus einem Stoffgemisch ist bedeutungsvoll, wenn es darum geht, diesen Stoff aus dem Stoffgemisch abzutrennen, um ihn z. B. als Reinstoff gewinnen zu können. Eine breite Anwendung hat die Adsorption daher bei der Chromatographie erfahren.

Natürlich waren Adsorptionsphänomene auch für die Wissenschaftler interessant. Die Chemiker Freundlich und Langmuir beschäftigten sich auch theoretisch mit diesem Phänomen und suchten nach einer Funktion, um die Adsorption auch mathematisch, quantitativ erfassen zu können, was Herrn Langmuir schließlich mit einer Beziehung zwischen der adsorbierten Menge und der Konzentration eines gelösten Stoffes bei kon-

stanter Temperatur auch gelang (siehe Lehrbücher der Physikalischen Chemie).

Aus dieser Funktion geht hervor, dass bei geringer Konzentration des gelösten Stoffes die adsorbierte Menge direkt proportional dieser Konzentration ist. Man kann davon ausgehen, dass dann alle aktiven Stellen am Adsorptionsmittel mit einer monomolekularen Schicht des ursprünglich gelösten Stoffes besetzt werden. Bei hohen Konzentrationen wird dagegen schnell ein Sättigungswert erreicht (teilweise Bildung einer zweiten Adsorptionsschicht) d. h., eine weitere Adsorption ist dann nicht mehr möglich.

Die Adsorption mit Aktivkohle

Aktivkohle ist ein besonders effektives, preiswertes und häufig eingesetztes und gut regenerierbares Adsorptionsmittel. Auch im Unterricht bietet es vielfache Einsatzmöglichkeiten. Gewonnen wird Aktivkohle aus pflanzlichen (Holz) oder tierischen Rohstoffen (Blut, Knochen). Angeboten wird sie in pulverförmiger oder granulierter Form. Charakteristisch ist die große Oberfläche, die von 300 bis 1000 m² pro Gramm betragen kann. Eine technische Bedeutung hat der Einsatz der Aktivkohle bei der Entfernung von Farb- und Geruchstoffen bei der Raffination von Speiseöl, Entfernung von Schadstoffen aus Trinkwasser oder bei der Beseitigung von unerwünschten Gasen aus Abluftanlagen erlangt. Aktivkohle ist auch ein unentbehrliches Adsorptionsmittel in Gasmasken. Selbst in der Medizin wird die Substanz z. B. zur Entgiftung des Magens (Kohlekompressen) eingesetzt. Allgemein kommt diesem Filtermaterial als Adsorptionsmittel eine universelle Bedeutung zu. Im Sinne des Umweltschutzes und der Nachhaltigkeit können auf diese Weise z. B. Lösemitteldämpfe aus der Abluft eines Betriebes entfernt bzw. zurückgewonnen werden. Die Vorgänge der Adsorption und der Regenerierung des Adsorptionsmittels lassen sich am besten als Kreisprozeß darstellen, wie es in der Abbildung 1 zu sehen ist.

Dieser Darstellung kann entnommen werden, daß bei der Adsorption des Lösemittels Wärmeenergie frei wird [2]. Die Luft wird also gereinigt und gleichzeitig erwärmt sich das System (die Wärmeenergie kann evtl. auch genutzt werden). Wird der Aktivkohle später Wärmeenergie zugeführt, so kann das Lösemittel in reiner Form zurückgewonnen werden und die Aktivkohle wird gleichzeitig regeneriert.

Auf ähnliche Weise kann Quecksilber aus der Luft entfernt und in reiner Form zurückgewonnen werden. Gleichmaßen wird die Aktivkohle regeneriert. Ein solcher Einsatz der Aktivkohle wird z. B. beim Recycling von alten Leuchtstoffröhren und Sparlampen angewandt, denn in den Leuchtstoffröhren ist immer etwas elementares Quecksilber zur Verbesserung der Lichtausbeute vorhanden. In Abbildung 2 werden die Vorgänge schematisch aufgezeigt.

em. Univ.Prof. Dr. Heinz Schmidkunz, Universität Dortmund

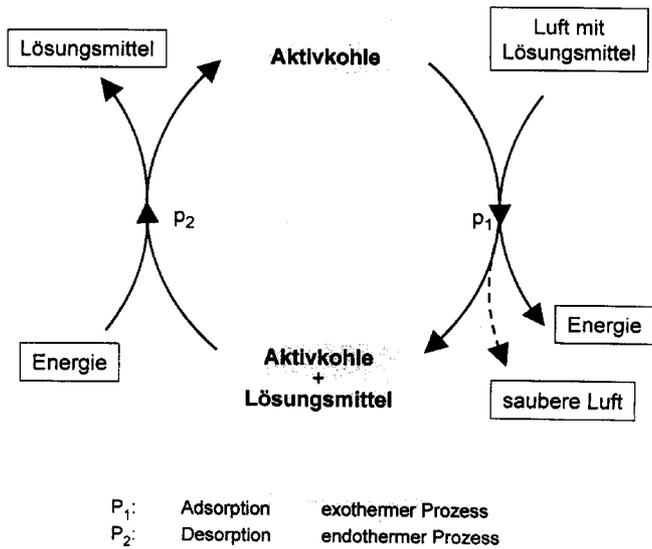


Abb. 1: Adsorption und Desorption von Lösungsmitteln

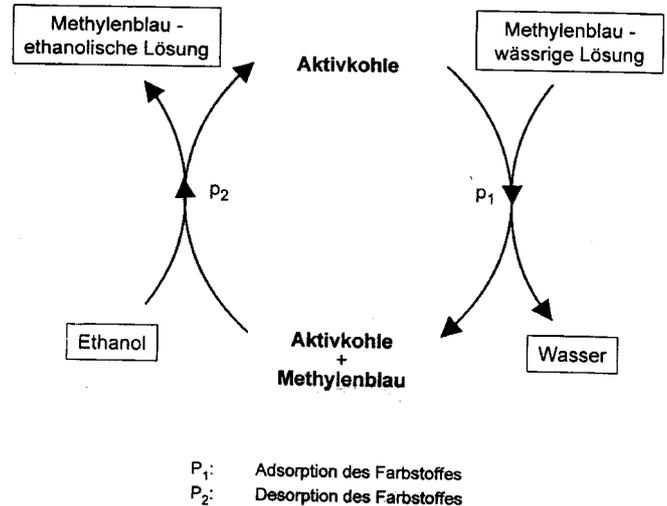


Abb. 3: Adsorption und Desorption von Methylenblau an Aktivkohle

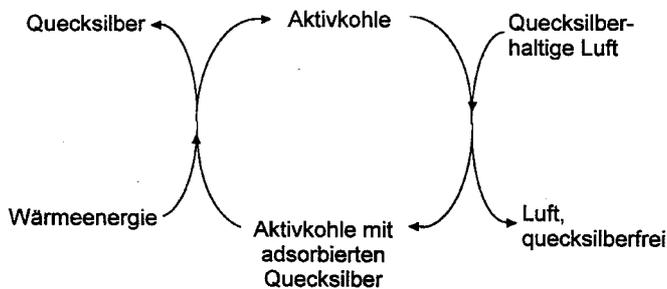


Abb. 2: Gewinnung von Quecksilber aus der Abluft

Für den Unterricht bieten sich einige schöne Modellexperimente an. Die Adsorption von Farbstoffen ist natürlich besonders eindrucksvoll. So kann eine wässrige Lösung von Methylenblau durch Aktivkohle vollständig entfärbt werden. Man stellt dazu eine 0,25%ige wässrige Lösung des Farbstoffs her, rührt in 100 ml der Lösung einen Teelöffel gekörnte Aktivkohle ein und filtriert. Man erhält ein farbloses, klares Filtrat. Von der Aktivkohle kann der Farbstoff mit Ethanol oder Aceton wieder abgelöst (desorbiert) werden [3]. Dazu übergießt man einfach die Aktivkohle im Filter mit Ethanol oder Aceton. In der Literatur wird auch vorgeschlagen, die Aktivkohle bereits vorher in den Filter zu geben und direkt darauf die Farblösung zu gießen. Der Abbildung 3 zeigt diese Vorgänge der Adsorption und Desorption sinnvoll als Kreisprozess. Verwendet man Aktivkohlepulver, dann wird der Farbstoff sehr fest gebunden, so dass er kaum mehr mit gängigen Lösemitteln desorbiert werden kann.

Ein ebenfalls starkes Adsorptionsmittel ist das Aluminiumoxid. Es ist sogar in der Lage, Methylenblau zu adsorbieren, das in Aceton gelöst ist. Man rührt einen Teelöffel Aluminiumoxid in etwa 100 ml einer 0,25%igen Aceton-Lösung von Methylenblau und filtriert nach einigen Minuten. Der Farbstoff ist nun vollständig aus dem Aceton entfernt worden. Ein stark polares Lösemittel ist nun wieder in der Lage, den am Aluminium adsorbierten Farbstoff wieder abzulösen. In diesem Fall genügt dazu einfach Wasser. Man kann auch hier so verfahren, wie es in der Literatur [4] beschrieben wird, man

füllt das Adsorptionsmittel in den Filter und gießt zuerst die Farbstofflösung und dann das Wasser darüber. In der Abbildung 4 sind die beschriebenen Vorgänge als Kreisprozess aufgezeigt.

Die Kombination der beiden Versuche bietet Gelegenheit zu einer Diskussion. Aktivkohle ist ein unpolares, aber effektives Adsorptionsmittel. Methylenblau zeigt eine geringe Polarität, wird aber von Aktivkohle festgehalten. Ethanol und Aceton sind polare Adsorptionsmittel, die in der Lage sind, den Farbstoff auf Grund ihrer Polarität wieder abzulösen. Aluminiumoxid ist aber bereits stark polar, so dass es den Farbstoff selbst aus dem Aceton herausholt bzw. adsorbiert. Das stärkere polare Lösemittel Wasser ist nun seinerseits in der Lage, den Farbstoff vom Aluminiumoxid abzulösen.

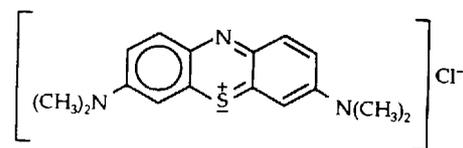
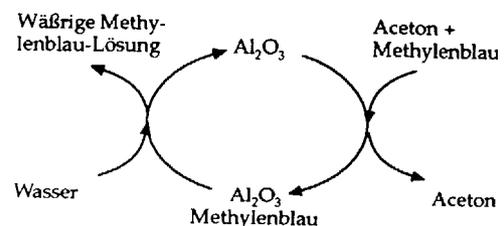


Abb. 4: Adsorption und Desorption von Methylenblau an Aluminiumoxid

Die experimentelle Ermittlung einer Adsorptionsisotherme mit Aktivkohle

Wie schon eingangs erwähnt wurde, sind Adsorptionsphänomene temperaturabhängig. Quantitative Betrachtungen lassen sich daher nur bei einer konstanten Temperatur durchführen. Wenn man bei Zimmertemperatur arbeitet, so erfüllt man diese Forderung allerdings weitgehend.

Man geht von 500 ml einer 0,25%igen Lösung von Methylblau in Wasser aus. Jeweils 50 ml dieser Lösung werden nebeneinander mit je 100 mg, 200 mg, 300 mg usw. bis 700 mg Aktivkohle versetzt, gerührt und filtriert. Es werden also sieben Gruppen benötigt, die diese Versuche parallel durchführen [5].

Eine Aufgabe besteht jeweils darin, die nach der Adsorption mit Aktivkohle noch in Lösung befindliche Farbstoffmenge zu messen. Das kann auf zweierlei Art geschehen. Man bestimmt die Farbstoffmenge photometrisch oder man stellt sich eine "Farbstoffgel" her. Für beide Bestimmungsmethoden ist eine Verdünnungsreihe der eingesetzten Farbstoffkonzentration erforderlich. Photometrisch kann dann experimentell eine Eichkurve erstellt werden, mit deren Hilfe dann die geforderte Bestimmung graphisch möglich ist. Einfacher verfährt man mit einer Verdünnungsreihe (Farbengel). Das Auge ist recht empfindlich für den Vergleich von Farbintensitäten. Man vergleicht also die im Versuch sich ergebene Farbstofflösung mit den Farbabstufungen der Verdünnungsreihe (ein Teil der Farbstofflösung und 9 Teile Wasser ergeben eine Verdünnung von 1:10) und bestimmt auf diese Weise die Konzentration des Farbstoffs. Je umfangreicher die Verdünnungsreihe ist, desto genauer ist die Bestimmung. Wir gehen bei diesen Experimenten von einer 0,25%igen Lösung des Farbstoffes aus, d. h., dass in 100 ml 250 mg Methylblau gelöst sind. Da wir aber mit jeweils 50 ml der Lösung arbeiten, so haben wir 125 mg des Farbstoffes in diesem Volumen.

Aus den Messungen lässt sich folgende Tabelle erstellen:

Gruppe	Aktivkohle in mg	Farbstoff in Lösung in mg	Farbstoff adsorbiert in mg	Farbstoff adsorbiert in %
0	0	125	0	0
1	100	91,6	33,4	26,7
2	200	64,3	60,7	48,6
3	300	45,5	79,5	63,6
4	400	30,4	94,6	75,7
5	500	17,5	107,5	86,0
6	600	8,8	116,2	93,0
7	700	1,3	123,7	99,0

Aus der Tabelle ist zu ersehen, dass mit 200 mg Aktivkohle bereits fast 50% des Farbstoffes in der Lösung adsorbiert werden, mit 400 mg sind es 75% und mit 700 mg sogar 99%.

Mit den Werten der Tabelle lässt sich nun die Adsorptionisotherme graphisch erstellen.

Dem Diagramm der Abbildung 5 ist zu entnehmen, dass die Kurve bis etwa 200 mg fast linear verläuft. Das bedeutet, dass hier alle freien Plätze auf der Oberfläche des Adsorbens auch besetzt werden. Bei höheren Aktivkohleportionen ist das offensichtlich nicht mehr der Fall, weil die Farbstoffkonzentration im Verhältnis zur Aktivkohlemenge kleiner geworden ist. Die Linearität zwischen Aktivkohlemenge und Konzentration des Farbstoff ist also dann gegeben, wenn die Farbstoffkonzentration im Verhältnis zur Aktivkohlemenge relativ groß ist.

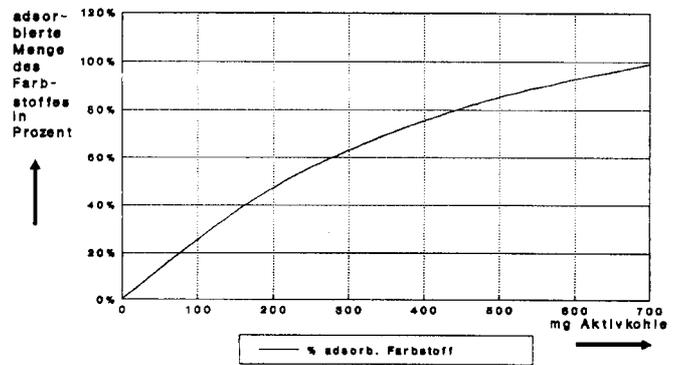


Abb. 5: Adsorptionisotherme von Methylblau an Aktivkohle

Man kann nun fragen, wieviel Gramm Farbstoff unter den Bedingungen der Proportionalität zwischen Aktivkohle und Farbstoffkonzentration von 500 mg des Adsorbens maximal adsorbiert werden können. Da man hier von der Beziehung a proportional zu c ausgeht, kann man eine graphische Bestimmung vornehmen. Dazu verlängert man den linearen Teil der Kurve (Linie von 0 bis 200 mg Aktivkohle) nach rechts. Diese Linie erreicht bei 500 mg die 120% Marke. Das bedeutet, dass unter den genannten Bedingungen 120% (150 mg) der hier vorgegebenen Farbstofflösung (0,25%) adsorbiert würden. Natürlich ist das mit der genannten Lösung nicht möglich, denn es könnten maximal lediglich 100% adsorbiert werden, weil einfach nicht mehr Farbstoff in der Lösung ist. Man erreicht allerdings diese Werte, 120%, also 150 mg, wenn man von einer genügend konzentrierten Lösung ausgeht. Experimentell ist der Nachweis leicht zu führen, wenn man in 50 ml einer 1%igen Methylblaulösung 500 mg Aktivkohle einrührt und anschließend filtriert.

Zum Schluss sei noch erwähnt, dass man mit Aktivkohlepulver einen Pfefferminztee völlig entfärben kann. Es ist für die Schülerinnen und Schüler sehr eindrucksvoll, wenn nach dem Einrühren von Aktivkohle und nach dem Filtrieren dieses Gemisches reines, klares Wasser als Filtrat erscheint. Allerdings lässt sich der Farbstoff mit den üblichen Lösemitteln (Aceton, Propanol, Cyclohexan, Dichlormethan) nicht mehr desorbieren. Auch mit Aluminiumoxid kann der Tee entfärbt werden. Nach dem Waschen mit Wasser kann der Teefarbstoff mit Ethanol oder Aceton (zumindest teilweise) wieder vom inzwischen gelben Adsorbensmittel abgelöst werden.

Literatur

- [1] Römpp Chemie Lexikon, Band 1, Thieme Verlag Stuttgart 1989
- [2] Schmidkunz, H., Ritter, S.: Wärmeenergie durch Adsorption von Wasser, in: *Chemie und Schule*, Heft 3/2000, Salzburg 2000
- [3] Häusler, K., Rampf, H., Reichelt, R.: *Experimente für den Chemieunterricht*, Oldenbourg Verlag München 1991
- [4] Wollrab, A.: *Chromatographie*, Reihe Unterrichtshilfen, Aulis Verlag Köln 1991
- [5] Schmidkunz, H., Lindemann, H.: *Das Forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren*, Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben 1999

Peter Salcher und Ernst Mach

Schlierenfotografie von Überschall-Projektilen

Wie diese Bilder unsere Sinne erweiterten und in welcher Weise sie ein Beispiel für wissenschaftliche Zusammenarbeit im Habsburgerreich sind

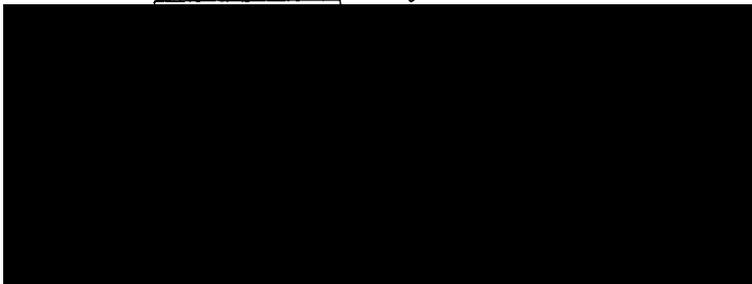
W. Gerhard Pohl

In diesem Aufsatz soll an Peter Salcher erinnert werden, der auf Anregung Ernst Machs eine fototechnische Meisterleistung vollbrachte. Über die Briefe, die Mach während dieses Projektes an Salcher schrieb, wird demnächst gesondert berichtet werden. Der berühmte Physiker und Philosoph Ernst Mach schreibt in seinem Aufsatz "Über Erscheinungen an fliegenden Projektilen" [1]:

Da unter Umständen das Schießen, und was daran hängt, in unserem heutigen Leben eine sehr wichtige, wo nicht die wichtigste Sache ist, werden Sie vielleicht Ihr Interesse für eine Stunde einigen Versuchen zuwenden wollen, welche zwar nicht in kriegerischer, wohl aber in wissenschaftlicher Absicht unternommen worden sind, und welche über die Vorgänge beim Schießen einige Aufklärung geben.

Nach dieser Einleitung beschreibt Ernst Waldfried Josef Wentzel Mach, geboren 1838 in Chirlitz (heute: Chrlice) bei Brünn (Brno), gestorben 1916 in Vaterstetten bei München, seine Versuche, fliegende Geschosse und von diesen ausgehende Druckwellen der Luft sichtbar zu machen. Angeregt wurde er zu diesen Versuchen durch einen Vortrag des belgischen Ballistikers Louis Henri Frederic Melsens (1814-1886), den er 1881 in Paris hörte. Melsens sprach die Vermutung aus, die von rasch fliegenden Geschossen mitgeführte, verdichtete Luft sei für einen Teil der Schussverletzungen verantwortlich. [2]

0



*Abb. 1: Versuchsanordnung von Mach und Wentzel, 1886
F: Flaschenbatterie; O: Objektiv; P: Projektil; K: Kamera; I: Unterbrechungsstelle 1, Auslösefunke; II: Unterbrecherstelle 2, Belichtungsfunke
Die Versuchsanordnung von Mach und Salcher war analog aufgebaut, jedoch wurde die Schlierenmethode verbessert, die Dichteunterschiede durchsichtiger Medien sichtbar macht und die Salcher von seinem Studium bei Toepler [15] in Graz kannte.*

Im Jahre 1886 berichtete Mach über seine Versuche, mit seinem Studenten J. Wentzel diese Luftverdichtungen fotografisch sichtbar zu machen [3] (Abb. 1). Grund für den Misser-

folg war die geringe Projektilgeschwindigkeit (höchstens 240 m/s). Die vermuteten Luftverdichtungen sollten erst bei Überschallgeschwindigkeit (> 340 m/s) auftreten. Die Idee, wie man ein Projektil trotz seiner hohen Geschwindigkeit fotografieren könnte, hatten schon Mach und Wentzel. Sie verwendeten einen Lichtblitz, der vom fliegenden Projektil ausgelöst wird. Durch die plötzliche Entladung einer Leydener Flasche entsteht ein hell leuchtender Funke von $1/800000$ s Dauer, der das fliegende Projektil auf die Platte brennt. Der missglückte Versuch in Prag [1] veranlasste Mach, sich mit Peter Salcher, einem bekannten Experten für Ballistik und Fotografie in Verbindung zu setzen. Er schrieb an Salcher, Professor an der k. k. Marineakademie Fiume (heute Rijeka) am 25. Jänner 1886:

Hochgeehrter Herr Professor!

Mein alter Freund Peterin sagt mir, dass Sie geneigt wären, mich in Ausführung eines Versuches gütigst zu unterstützen, wofür ich Ihnen ausserordentlich dankbar bin.

Es handelt sich darum, die verdichtete Luftmasse, welche ein kleines Projektil von 500-600 m/sec Geschwindigkeit mitführt, optisch nachzuweisen bez. dieselbe zu photographieren. Da die Fixirung von Schallwellen mit nur geringen Schwierigkeiten gelingt, so muss auch das auszuführen sein, da ja die Verdichtungen so erheblich sind, dass ganz bedeutende mechanische Wirkungen durch dieselben hervorgerufen werden.

Ich konnte im Zimmer kein Resultat erzielen, weil ich ja da nur kleine Projektile und Geschwindigkeiten anwenden konnte.

In der Abhandlung, welche ich unter Kreuzband mitsende, ist die betreffende Stelle roth angestrichen. Ich bitte also, sich diese Abhandlung anzusehen, und mir dann gütigst mitzutheilen, ob Sie sich auf den Versuch einlassen würden.

In Wien standen 1883 Ihre und meine Ausstellungsobjekte nahe beieinander; doch hatte ich nicht das Vergnügen Sie dort kennenzulernen. [5]

Prag 25t Januar 1886

Ihr ergebenster E. Mach

Im Buch von Hoffmann und Berz [4] ist auch ein kurzer Lebenslauf von Peter Salcher abgedruckt. Ich bin unabhängig von diesem Buch vor einigen Monaten im Nachlaß meiner Großmutter Anna Pohl, geb. Rieder (1882-1978), einer Cousine Peter Salchers, auf dessen Lebenslauf gestoßen und zwar in dem Buch "Zwölf Generationen der Geschlechter Salcher - Kreuzener Linie und von Am-Pach auf Grienfelden", verfasst 1934 von Ing. Egbert Salcher (1883-1965), damals Ministerialrat (zuletzt Sektionschef) im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien). Dort steht im Kapitel "Ahnenreihe des Geschlechtes Salcher":

Dr. W. G. Pohl, Langfeldstr. 85, 4040 Linz, email: g.pohl@utanet.at

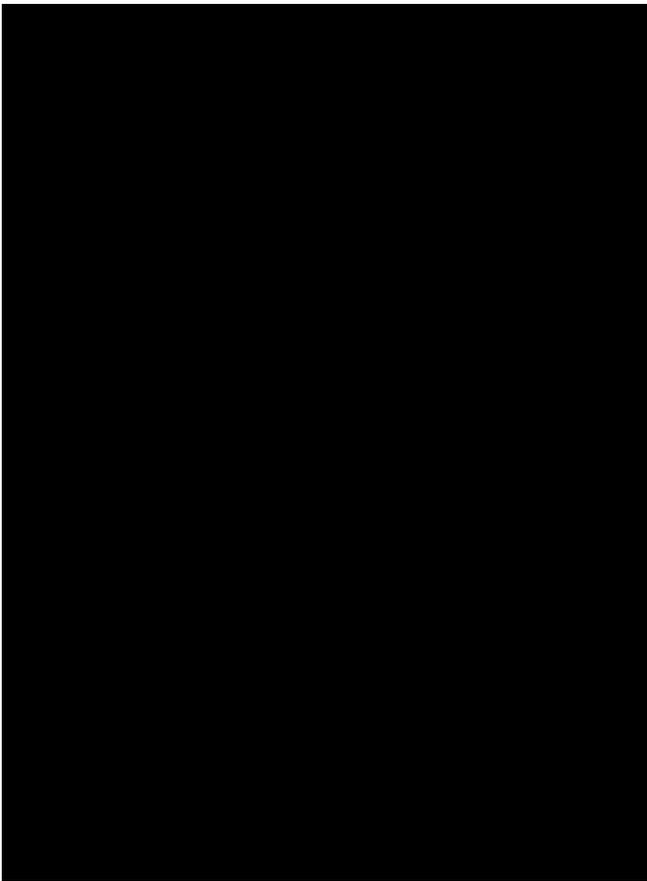


Abb. 2: Peter Salcher um 1890
(mit freundlicher Erlaubnis Mag. Doris Brandner)

X. Dr. phil. Peter Salcher (Abb. 2), kais. und kön. Hofrat, Studienreferent und Professor der k. u. k. Marine-Akademie in Fiume. Geboren in Kreuzen in Kärnten am 10. August 1848; besuchte die Volksschule in Kreuzen, absolvierte 1861-68 das k. k. Obergymnasium in Klagenfurt, studierte hierauf an der philosophischen Fakultät der k. k. Universität Graz, wo er 1872 zum Doktor der Philosophie promovierte. Im Jahre 1873 erfolgte nach einer halbjährigen Probepflichtleistung am k. k. I. Staatsgymnasium in Graz die Ernennung zum Professor an der k. k. Staatsoberrealschule in Triest. Wirkt dann 35 Jahre hindurch, vom 18. August 1875 bis 1909 als Professor der Physik und Mechanik an der k. u. k. Marine-Akademie in Fiume, wo er ab 1880 auch die Leitung der Meteorologischen Station übernimmt, und 1903 zum Studienreferenten ernannt wird.

Ritter des Franz Josef-Ordens, Inhaber der Militär-Verdienst-Medaille, der Goldenen Maria Theresia-Medaille für hervorragende Leistungen auf dem Gebiete der Photographie, der Ehrenmedaille für die Mitarbeit auf dem Gebiete der Physik an der Millenniumsausstellung in Budapest. Korrespondierendes Mitglied der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien, der Australian Academy of Sciences; gewähltes Mitglied der Société Française de Physique in Paris; Ehrenbürger von Hermagor. Ab 1. November 1909 im Ruhestand in Fiume, 1910-14 in Triest, dann in Susak. Gestorben am 4. Oktober 1928 in Susak, am 6. Oktober 1928 in der Familiengruft zu Fiume beigesetzt. "Dieser hochbedeutende Bildner zahlloser Seeoffiziersgenerationen war ein Gelehrter von hohen Qualitäten, ein grundgütiger, vornehmer Edelmensch"/Linienschiffkapitän Bruno Dittrich in seinem Nachruf in der Wiener Wehrzeitung am 16. November 1928/. Aus der Fülle seiner wissenschaftlichen Arbeiten sind besonders bemerkenswert:

Auf ballistisch-photographischem Gebiete die im Jahre 1886 zum ersten Male durchgesetzten photographischen Aufnah-

men der von einem fliegenden Geschöß erzeugten Luftwellen. Diese unter Mitwirkung von Univ. Prof. E. Mach gemachten Studien sind in den Sitzungsberichten der Kais. Akademie der Wissenschaften in Wien in den Jahren 1887 und 1889, Band 95 u. 98 der phil. 6 Klasse niedergelegt unter dem Titel: "Photographische Fixierung der durch Projektile in der Luft eingeleiteten Vorgänge", und: "Über die in Pola und Meppen angestellten ballistisch-photographischen Versuche". Diese artistisch grundlegenden Untersuchungen zur direkten Beobachtung ballistischer Erscheinungen fanden Eingang in der k. u. k. Kriegsschule und wurden u. a. auch im Lehrbuch "Ausgewählte Kapitel der Technik" von Oberst Niesolowski aufgenommen.

Auf dem Gebiete photographischer Luftstrahlen-Untersuchungen gelang ihm im Jahre 1889 die Entdeckung von Wellen und Wirbel in ausfließender Druckluft. Diese unter Mithilfe von E. Mach, bzw. J. Whitehead erreichten Arbeiten sind in den Sitzungsberichten der Kais. Akademie der Wissenschaften in Wien 1889, Band 98 der phil. 6 Klasse, und in den Annalen der Physik u. Chemie, 1890, N. F. Band 41 niedergelegt unter dem Titel: "Über den Ausfluss stark verdichteter Luft", und: "Optische Untersuchungen der Luftstrahlen". Diese als Schlierenmethode [7] bezeichnete Entdeckung erscheint u. a. auch im Konvers. Lexikon von Brockhaus aufgenommen.

Die Verfassung selbstständiger Werke, u. zw. die: "Elemente der theoretischen Mechanik", Wien 1881 bei C. Gerold, Wien; "Physik und Mechanik" in 2 Teilen, Wien 1891 u. 1895 in der Hof- u. Staatsdruckerei in Wien; das "Handbuch der Oceanographie" in 2 Teilen, Wien 1883, als Mitverfasser des physikalisch-meteorologischen Teiles. Diese drei Werke dienten als Lehrbücher für die k. u. k. Marine-Akademie. Weiters: "Das Klima von Fiume-Abbazia", verlegt bei G. Dase, Fiume 1894; die "Geschichte der k. und k. Marine-Akademie", bei C. Gerold in Wien 1902; "Die Wasserspiegelbilder", in Halle a. S. 1903.

Die Erstellung physikalischer Apparate, u. zw. des Wurf- und des Kreisbewegungsdiagrammen, bei Max Kohl in Chemnitz ausgeführt, in der 77. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Meran am 26. September 1905 unter dem Titel: "Das Zusammensetzen gleichzeitiger Bewegungen und zwei dazu dienende Apparate" vorgetragen, und in den Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Band 7, Nr. 14/21, Braunschweig 1905 niedergelegt. Weiters die in den Beiblättern zu den Annalen der Physik und Chemie, Band 7, Leipzig 1883 bekanntgegebenen "Änderungen am Weber'schen Magnetometer".

Kleinere Abhandlungen und Aufsätze auf dem Gebiete der Physik, Meteorologie, der Photographie, u. a. m. in verschiedenen Fachzeitschriften. So u. a. in den Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens in Wien: "Beiträge zur maritimen Physik", "Wissen u. Können in der Heranbildung der Seeoffiziere". In der Zeitschrift für den Physikalischen und Chemischen Unterricht, Berlin bei J. Springer "Ein Versuch über intermittierendes Sieden", "Wie lassen sich die Bewegungen der Himmelskörper demonstrieren?", "Beiträge zu den physikalischen Schülerarbeiten". In den Monatsschriften für die physikalisch-diätetischen Heilmethoden, München: "Die Radioaktivität des Meerwassers im Golfe von Fiume und Umgebung", gemeinsam mit Dr. med. Tripold in Abbazia; und noch viele andere. Vermählt in Graz am 12. August 1874 mit Adrienne von Am-Pach auf Grienfelden, geboren in Leoben am 28. Juni 1853 als

Tochter des Bezirkshauptmannes Wilhelm Ritter von Am-Pach auf Grienfelden.

Kinder: Richard Salcher (1875-1956), Ada (1877-1881), Paul (1879-1946), Egbert (1883-1965), Irma (1881-1945).

In der Salcher-Chronik ist auch die Urenkelin von Peter Salcher erwähnt, Frau Mag. Doris Brandner. Sie besitzt eine Reihe von Briefen Ernst Machs an ihren Urgroßvater Peter Salcher, die ich demnächst gemeinsam mit DI Dr. Günter Salcher veröffentlichen werde. Aus diesen Briefen kann man den Verlauf der Entstehung der Arbeit von Mach und Salcher [8] schön verfolgen. Somit ist die Äußerung Ch. Hoffmanns [9] überholt, die lautet:

Auf diese Weise gehen im Zeitraum zwischen Februar 1886 und März 1887 Dutzende von Briefen zwischen Prag und Fiume hin und her, von denen allerdings nur die von Salcher an Mach überliefert sind. Das schmälert den Wert der Quelle, auch wenn oft die Fragen und Antworten Machs implizit mitgegeben sind. . . .

Durch die im Besitz von D. B. befindlichen Mach-Briefe können nun wenigstens einige der Fragen und Antworten explizit nachgelesen werden. Dies bleibt einer ausführlicheren, in Arbeit befindlichen Veröffentlichung vorbehalten. Hier können nur einige Beispiele angeführt werden. Neben der schon erwähnten Originalarbeit von Mach-Salcher [8] sind gute Zusammenfassungen in Josef Maria Eders "Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik" [10] zu finden. Dort sind z. B. auch die Versuche mit Kanonenprojektilen erwähnt, die Salcher in Pola und Ernst Mach mit seinem Sohn Ludwig auf dem Krupp'schen Schießplatz in Meppen am 18. August 1888 ausgeführt haben.

Dieser Hinweis erscheint geeignet, daran eine Erklärung des für diesen Artikel gewählten Untertitels zu knüpfen. Warum die Fotos von Salcher unsere Sinne erweitern, ist unmittelbar einsichtig: kein Mensch kann ein fliegendes Gewehrprojektil oder eine gerade abgefeuerte Kanonenkugel sehen. Die Fotos, die mit einem Lichtblitz von etwa $1/800000$ s Dauer aufgenommen wurden, frieren sozusagen die Bewegung der fliegenden Projektilen ein. Die Versuche müssen im Dunkeln durchgeführt werden, da kein mechanischer Fotoverschluß eine ähnlich kurze Belichtungszeit erlaubt, wie ein schneller elektrischer Funke.

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts beginnt sich die erfolgversprechende Zusammenarbeit zwischen Forschern immer mehr durchzusetzen. Sie ist eng verknüpft mit der Entwicklung neuer Technologien. In unserem Fallbeispiel wurde erst durch die fotografische Technik eine Zusammenarbeit des Theoretikers in Prag mit dem Praktiker in Fiume möglich. Denn was Peter Salcher auf die Fotoplatte bannte, konnte er zunächst selbst begutachten und anschließend an Ernst Mach schicken. Dessen Interpretation kam nach Fiume zurück. Der geschwindigkeitsbestimmende Schritt bei dieser Zusammenarbeit war die Dauer der Postsendungen von Fiume nach Prag und zurück. Man denkt meist nicht daran, dass damals die uns selbstverständlichen schnellen Fernkommunikationsmittel noch nicht allgemein zugänglich waren. Die Telegraphie begann sich ab der Mitte des 19. Jahrhunderts zu entwickeln, die Telephonie ab dem Ende des 19. Jhdts. und die Fernschreiber etwa

während der Zeit um den 1. Weltkrieg. Das erste Ortsfernsprechnetz Deutschlands wurde 1881 in Mühlhausen (Elsaß) eingerichtet. 1890 gab es in Deutschland erst 258 Vermittlungsstellen für den Ortsverkehr. In Meyers großem Konversations-Lexikon von 1908 steht unter "Telegraphenagenturen":

. . . die T. sendet jede zur allgemeinen Verbreitung bestimmte Meldung an ihre Abonnenten sowie an alle anderen T. gleichzeitig und in gleicher Form. Dementsprechend rufen politische Nachrichten auf dem ganzen Erdball gleichzeitig ihre Wirkung hervor. Was in London eine politische Wirkung ausübt, beeinflusst gleichzeitig die öffentliche Meinung der übrigen Völker sowie ihre Regierungen.

Im Bereich der Politik war damals schon ein schnelles Mitteilungsnetz um die Erde gespannt. Für wissenschaftliche Mitteilungen waren Telegraph und Telephon, wenn überhaupt vorhanden, zu teuer oder ungeeignet. Die Netzwerke, die damals zwischen Forschern bestanden, waren langsam. Aus diesem Grunde entwickelte sich die Wissenschaft im 19. Jahrhundert wesentlich langsamer als im 20. und auch Forscher an isolierten, kleinen Instituten hatten die Chance, Neues in Ruhe zu entwickeln. Besonders schwierig war die Verbindung nach Übersee. Regelmäßige Seepost nach New York gab es erst seit 1890. Dabei dauerte der Schiffstransport verglichen mit den Eisenbahnen auf dem Festland besonders lange. Das erste praktisch verfügbare Transatlantikkabel wurde 1866 gelegt. Die erste drahtlose Verbindung (ca. 1910) beschleunigte den Austausch wissenschaftlicher Informationen ungemein. Nach dem 2. Weltkrieg wurden die Kontakte zwischen Europa und den USA immer intensiver, der Informationsaustausch immer schneller. Man könnte sagen, dass die Entwicklung im wirtschaftlichen Bereich, die unter dem Namen "Globalisierung" derzeit in aller Munde ist, im wissenschaftlichen Bereich längst vollzogen ist. In beiden Fällen führt dies dazu, dass den größten Erfolg jene Länder haben, denen die größten technologischen und monetären Mittel zur Verfügung stehen.

Um die Arbeit von Mach-Salcher, die ihre Entstehung der guten Vernetzung der Kronländer in der Habsburger Monarchie verdankt, anschaulicher zu machen, bediene ich mich der Abbildungen, die Ernst Mach in seinem schon erwähnten Aufsatz [1] verwendete. Abbildung 3 zeigt die Fotografie eines Geschosses, das mit dem österreichischen Mannlichergewehr abgefeuert wurde, die Abb. 4 ist die zugehörige schematische Darstellung. Zu dieser schreibt Mach:

Wenn ich nicht sagen würde, was das Bild vorstellt, so könnten Sie wohl glauben, dass es das Bild ist eines rasch auf dem Wasser dahinfahrenden Bootes, aus der Vogelperspektive aufgenommen. Vorn sehen Sie die Bugwelle ww, hinter dem Körper eine Erscheinung kk, welche dem Kielwasser mit seinen Wirbeln sehr ähnlich sieht. In der That ist der helle, hyperbelähnliche Bogen am Scheitel des Projectils eine Luftverdichtungswelle, die ganz analog ist der Bugwelle eines Schiffes, nur dass erstere keine Oberflächenwelle ist. Sie entsteht im Luftraume und umgibt das Projectil glockenförmig von allen Seiten. "

Dieses Zitat zeigt, wie anschaulich Mach auch für den Laien erklären konnte. Allerdings stammt die Idee, das Projektil mit einem Boot zu vergleichen von Salcher, der 1886 an Mach schrieb [11]: "Der ganze Vorgang scheint viel Ähnlichkeit mit der Wellenbewegung zu haben, die ein fahrendes Schiff her-

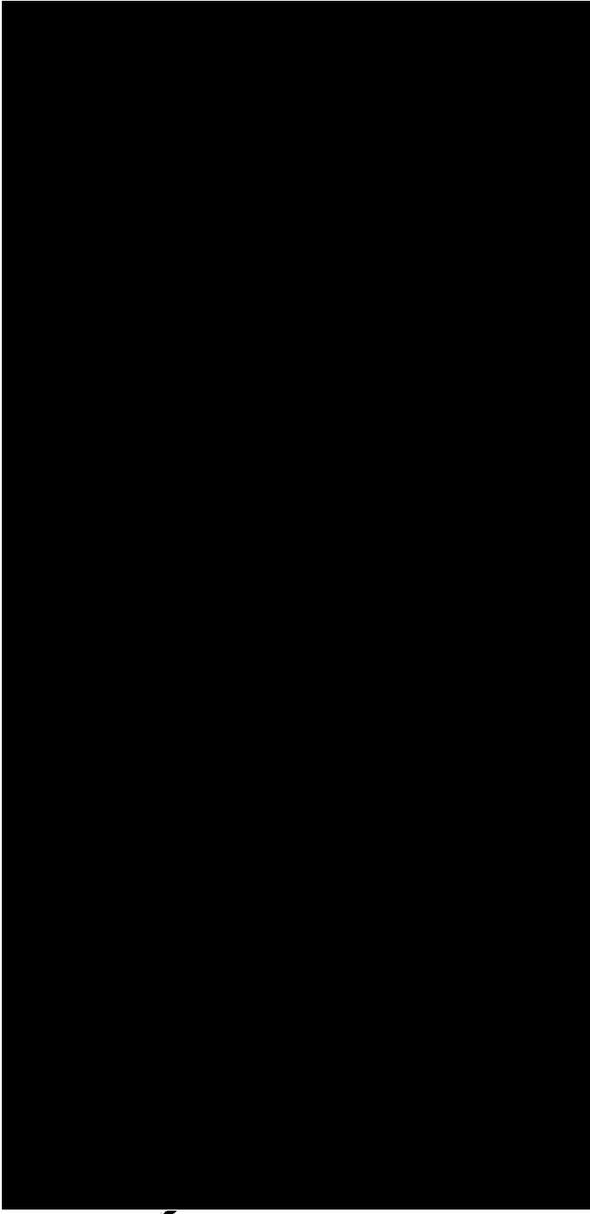


Abb. 4: Schematische Darstellung der fotografischen Beobachtung
(kk Wirbelzone hinter dem Projektil, ww Luftverdichtungswelle)

vorruff. " Diese Analogie zu erkennen, ist natürlich für einen Professor der Marine-Akademie naheliegend.

Ernst Mach ist durch die Mach-Zahl (Verhältnis der Geschwindigkeit eines Objektes, z. B. eines Projektils oder eines Abfangjägers zur Schallgeschwindigkeit) in der Sprache der Technik auch heute noch präsent.

Mach wurde, wie schon erwähnt, 1838 bei Brünn geboren, besuchte die Schule in Untersiebenbrunn (Marchfeld) und trat im Revolutionsjahr 1848 in das Gymnasium Seitenstetten [12] ein. Neben dem Gymnasium lernte er auch das Schreinerhandwerk, wodurch er Verständnis für das Handwerk und Achtung vor den Arbeitern bekam und später aktiv mit der österreichischen Sozialdemokratie verbunden war. Die Unzulänglichkeit des ihm erteilten Gymnasialunterrichtes hat ihn wahrscheinlich dazu gebracht, sich neben seinen rein physikalischen Forschungen sehr ausführlich mit der Vermittlung der Naturwissenschaften an die heranwachsende Jugend zu beschäftigen. Aus diesem Grunde sind Arbeiten von Mach für den Bereich, dem PLUS LUCIS verbunden ist, von besonderer Bedeutung. Die Veröffentlichung der Forschungen von Mach und Salcher

in dieser Zeitschrift rechtfertigt eine kurze Beleuchtung von Machs pädagogischen Bemühungen. In seiner "Autobiographie" [13] äußert sich Mach zu seiner Mittelschulzeit:

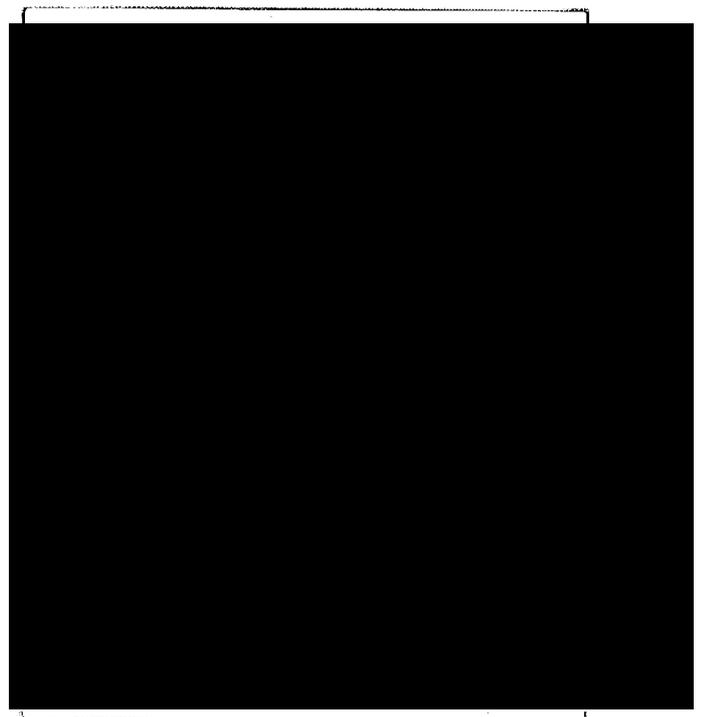
Obwohl das gymnasiale Erziehungswesen damals im ganzen klerikalreaktionär angelegt war, gab es damals doch Männer genug, an welchen die Spuren der liberalen Aera Kaiser Josef II nicht spurlos vorbei gegangen waren und welche in diesem Sinne ihren Lehrberuf auffassten. Das einzig Unangenehme waren die ewigen religiösen Exerzitien, welche übrigens das Gegenteil von dem erzielten, was sie beabsichtigten.

Diese Erfahrungen motivierten möglicherweise Mach später zu seiner Tätigkeit als Lehrbuchautor, Lehrplanverfasser und Vermittler wissenschaftlicher Erkenntnisse für den Laien. Recht deutlich beschreibt Mach seine Gefühle bezüglich der damals üblichen Didaktik der Naturwissenschaften [14]:

Ich kenne nichts Schrecklicheres als die armen Menschen, die zu viel gelernt haben. Statt des gesunden kräftigen Urteils, welches sich vielleicht eingestellt hätte, wenn sie nichts gelernt hätten, schleichen ihre Gedanken ängstlich und hypnotisch einigen Worten, Sätzen und Formeln nach, immer auf denselben Wegen. Was sie besitzen, ist ein Spinnengewebe von Gedanken, zu schwach um sich darauf zu stützen, aber kompliziert genug, um zu verwirren.

Es ist nicht verwunderlich, dass Machs 1887 in Prag verfaßtes Unterrichtswerk "Grundriss der Naturlehre für die unteren Classen der Mittelschulen" jahrelang (bis 1893) in Österreich nicht behördlich approbiert wurde. Die Wirkung seines Dortmunder Vortrages [14] war dagegen in Deutschland so groß, dass Machs Schulbücher dort eingeführt wurden und weite Verbreitung fanden.

Ab 1887 war Mach Mitherausgeber der "Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht" (das erste Heft erschien im Oktober 1887 in Berlin). Auf diese Zeitschrift bezieht sich wohl eine Correspondenz-Karte, die Mach im August 1887 an Peter Salcher in dessen Kärntner Urlaubsort Hermagor schrieb (Abb. 5):



H. H. Pr! Würden Sie an einer Zeitschrift für physik[alischen] (Mittelschul)-Unterricht mitarbeiten? Herzlich grüßend
Prag, 30. Aug 1887 Mach

Eine Antwort Salchers ist vermutlich in den Mach-Nachlässen (Deutsches Museum München, Ernst-Mach-Archiv, Freiburg i. Br.) zu finden. Dies soll später erforscht werden. Jedenfalls hat Salcher das Angebot Machs angenommen, wie der oben angeführte Absatz "Kleinere Abhandlungen und Aufsätze" zeigt.

Mach hat seine Physik nie im "Elfenbeinturm" betrieben. Einerseits forschte er ausgehend von praktischen Problemen, andererseits hinterfragte er seine Forschungen philosophisch. Mit zunehmendem Alter wurde die Philosophie immer wichtiger für ihn und so folgte er 1895 einem Ruf an die Universität Wien als Professor der Philosophie. In seinen populären Vorträgen in Wien griff er immer wieder technische Probleme aus dem Bereich seiner früheren physikalischen Forschungen auf und äußerte kritische Gedanken zu deren Anwendung. Dies zeigen die folgenden Zitate aus o. a. Veröffentlichung [1], mit denen ich schließe:

Die Menschen fühlen sich heutzutage verpflichtet, zuweilen für recht fragwürdige Ziele und Ideale sich gegenseitig in kürzester Zeit möglichst viele Löcher in den Leib zu schießen. Und ein anderes Ideal, welches zu dem vorgenannten meist in schärfstem Gegensatze steht, gebietet ihnen zugleich, diese Löcher von kleinstem Caliber herzustellen, und die hergestellten möglichst rasch wieder zu stopfen und zu heilen. . . .

Wer Gelegenheit hat, die heutigen Geschütze und Geschosse in ihrer Vollkommenheit in der Gewalt und Präcision ihrer Wirkung kennen zu lernen, der muß gestehen, dass in diesen Objecten eine bedeutende technische und eine hohe wissenschaftliche Leistung verkörpert ist. Man kann sich diesem Eindruck so sehr hingeben, dass man zeitweilig ganz vergisst, welchem furchtbaren Zwecke diese Vorrichtungen dienen.

Besonderen Dank schulde ich meiner Frau und meinem Freund Dr. Rudolf Werner Soukup für die kritische Durchsicht des ersten Entwurfes dieses Artikels. Sie haben mir geholfen, viele Verbesserungen durchzuführen.

Anmerkungen

- [1] Ernst Mach, Über Erscheinungen an fliegenden Projectilen. *Separatum ex Ver. nw. Kenntn.*, Wien 1898. Ich danke Herrn Univ. Prof. Dr. Franz Pichler, Johannes Kepler Universität Linz, der mich auf diese Arbeit hinwies.
- [2] L. H. F. Molsens, *Sur les plaies produites par les armes a feu*. Societe royale des sciences medicales, Bruxelles 1872.
- [3] E. Mach und Josef Wentzel: *Kaiserl. Akademie der Wissensch., Math. Naturw. Classe*, Bd. 92, 1885, Wien 1886, 625-638. Die abgebildete Versuchsanordnung wurde schon früher beschrieben: E. Mach und J. Wentzel, *Anzeiger der Kaiserl. Akademie der Wissensch., Wien, Math. Naturw. Classe*, Bd. 21, Wien 1884, 121-122.
- [4] Dieser Brief Machs wurde schon teilweise veröffentlicht: *Über Schall, Ernst Machs und Peter Salchers Geschossto-*

tografien, Hg. Christoph Hoffmann und Peter Berz, Wallstein Verlag, Göttingen 2001, Seite 21

- [5] Dieser letzte Satz fehlt in der Transkription von Hoffmann und Berz. Ich konnte inzwischen feststellen, dass sich Mach auf die Internationale Elektrische Ausstellung, Wien 1883 bezieht. Dort stellten Mach unter der Nr. 270 und Salcher unter Nr. 275 aus. *Katalog der Internationalen Elektrischen Ausstellung in Wien 1883*, Wien 1883, Verlag der Ausstellungs-Commission. Ich danke Frau Dr. Juliane Mikoletzky, Leiterin des Archivs der TU Wien für diesen Hinweis.
- [6] Offensichtlich ein Irrtum, es handelt sich um die Math. Naturw. Classe. Die Formulierung "unter Mitwirkung von Univ. Prof. E. Mach" erweckt den Eindruck, dass Salcher den Hauptanteil an der Arbeit hatte, was nur für den experimentellen Teil gilt. Umgekehrt wird in alten Physikbüchern (z.B. O. D. Chwolson, *Lehrbuch der Physik*, Vieweg Verlag Braunschweig 1902, 1. Bd. Seite 522) Salcher vollständig weggelassen, obwohl ihm die Fotos gelangen, die Mach zunächst nicht zustande brachte. Später hat E. Mach mit seinem Sohn Ludwig die Methode Salchers noch perfektioniert.
- [7] Die Schlierenmethode wurde von August Toepler, einem Lehrer Salchers an der Grazer Universität, erfunden [15].
- [8] Ernst Mach und Peter Salcher, "Photographische Fixirung der durch Projectile in der Luft eingeleiteten Vorgänge", *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften (Wien) Math. -Naturw. Classe* Bd. 95, II Abth., 1887, S. 764-780.
- [9] Christoph Hoffmann, "Mach-Werke", in *Fotogeschichte* Heft 60, 1996, Jonas Verlag Marburg, S. 3-18
- [10] Josef Maria Eder Hg., *Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik 1888*, Verlag Wilhelm Knapp, Halle a. S., 1888, S. 287-290 und 1891, S. 166-167. Ich danke Frau Dr. Grüning, Albertina Wien, für den Hinweis auf diesen Artikel und jenen in [9].
- [11] Peter Salcher an Ernst Mach, Brief vom 10. Dez. 1886, Ernst-Mach-Archiv, Freiburg i. Br.
- [12] Rudolf Haller & Friedrich Stadler, Hg., *Ernst Mach, Werk und Wirkung*, Verlag Holder-Pichler-Tempsky, Wien 1988
- [13] E. Mach, "Autobiographie" (1913) in J. T. Blackmore: *Three Autobiographical Manuscripts by Ernst Mach*, in *Annals of Science* 35, 1978, 401-418
- [14] *Der relative Bildungswert der philologischen und der mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer der höheren Schulen*. Vortrag gehalten vor der Delegirtenversammlung des deutschen Realschulmännerversands zu Dortmund am 16. April 1886, Prag: Tempsky/Leipzig: Freytag 1886, Seite 21.
- [15] August Toepler - the first who visualized shock waves, P. Krehl, S. Engemann, *Shock Waves* (1995), 5: 1-18, Springer Verlag Berlin 1995. (Diese Literaturstelle verdanke ich Herrn DI Dr. Günter Salcher, Hermagor.)

Wien blickt himmelwärts - das Neue Wiener Planetarium

Peter Habison

Seit Ende 2002 besitzt Wien eines der technisch modernsten Planetarien der Welt - der vorliegende Artikel gibt einen Überblick über die Modernisierung dieser bekannten Wiener Institution. Nach einer kurzen historischen Einleitung spannt sich der Bogen vom Umbau über die neue Technik zur Produktion der Shows sowie den laufenden und geplanten Veranstaltungen und Projekten.

Wie alles begann

In Wien hat der Blick zum "künstlichen" Himmel eine lange Tradition. Bereits im Jahr 1927 wurde vor dem heutigen Museumsquartier das erste Projektionsplanetarium (Modell II von Carl Zeiss) außerhalb des Erfinderlandes Deutschland für die Ausstellung "Wien und die Wiener" errichtet. Die Vorstellungen wurden regelrecht gestürmt und so folgte bereits 1931 ein dauerhafter Aufbau des Planetariums am Praterstern. Geleitet wurde es vom bekannten Astronomen Oswald Thomas, der speziell für seinen Atlas der Sternbilder große Bekanntheit erlangte. Der zweite Weltkrieg setzte den Vorführungen ein jähes Ende und das Planetarium überstand die Zeit bis 1945 nicht. Erst in der Wiederaufbauphase Österreichs konnte ein vollständig neues Gebäude im Jahre 1964 neben dem berühmten Wiener Riesenrad eröffnet werden. Ausgestattet mit einem Projektormodell Nr. IV von Carl Zeiss Oberkochen zeigte es vier Jahrzehnte lang Kindern und Erwachsenen die Faszination des Sternenhimmels. Hermann Mucke leitete das Planetarium seit seiner Eröffnung mit großem Engagement und Erfolg. Dank seiner Initiativen entwickelte es sich zum Zentrum astronomischer Volksbildung in Österreich mit Beteiligung an zahlreichen wissenschaftlichen Projekten. Die Zeit verging und so kam schließlich auch das damals neue Planetarium in die Jahre. Nach fast vierzig Jahren war das alte Gerät eines der am längsten in Betrieb befindlichen Projektormodelle der Welt. Es war also an der Zeit . . .

Hightech unterm Sternenzelt

. . . einer neuen Technikgeneration Platz zu machen. Astronomie ist eine moderne Hightech-Wissenschaft, die den uns umgebenden Raum erforscht und die unglaublichen Prozesse im All zu erklären versucht. Sie ist gleichzeitig eine physikalische Wissenschaft, die auf Beobachtungen beruht. Mit Ausnahme einiger Himmelskörper in unserem Sonnensystem können die Astronomen ihre Forschungsobjekte nicht berühren. Sie interpretieren die beobachteten Phänomene durch Anwendung unserer Kenntnis der Naturgesetze. Um neue astronomische Erkenntnisse zu erreichen, haben Astronomen und Techniker einige der ausgeklügeltsten Methoden und Instrumente erfunden, die sich Menschen je ausgedacht haben. Hochtechnologie

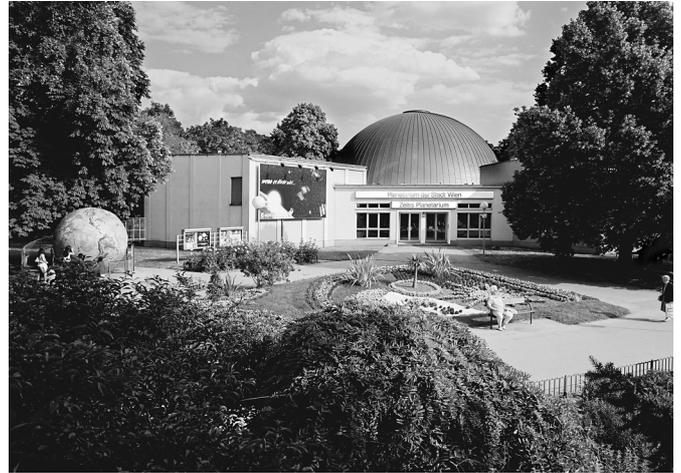


Abb. 1: Außenansicht der Wiener Planetariums, seit 2002 technisch eines der modernsten der Welt.

spielt daher in der Astronomie eine sehr bedeutende Rolle - so auch im Wiener Planetarium.

Fast vierzig Jahre nach der Eröffnung des zweiten Wiener Planetariums genehmigte die Stadt Wien im Sommer 2000 die umfassende Modernisierung der gesamten Kuppeltechnik sowie die Neugestaltung des Kuppelsaales. Die technische Umsetzung des Projektes begann im Sommer 2001. Als Hauptgerät wurde das "UNIVERSARIUM Modell IX" von Carl Zeiss installiert. Es stellt das derzeit modernste Planetariumsgerät der Welt dar. Erste grundlegende Neuheit ist die Entkopplung der Planetenprojektoren vom Hauptgerät. Die Bewegungen und Positionen der Planeten werden dabei nicht mehr wie in alten Geräten - einer astronomischen Uhr gleich - durch ein mechanisches Getriebe verwirklicht, sondern diese werden in einzelnen vor dem Hauptgerät befindlichen Planetenprojektoren frei an den künstlichen Himmel projiziert (siehe Abbildung 2). Die Steuerung und astronomisch korrekte Positionsberechnung übernimmt hierbei der Computer. Acht dieser Projektoren, welche auch Sonne und Mond mit einschließen, erlauben erstmals die freie Bewegung innerhalb unseres Sonnensystems - einem Erdaufgang auf dem Mars steht also nichts mehr im Wege. Aber auch Reisen durch Raum und Zeit sowie die Darstellung vergangener sowie zukünftiger Planetenkonstellationen in Minutenschnelle werden Realität. Selbst Sonnen- und Mondfinsternisse an beliebigen Orten auf der Erde sind "per Knopfdruck" realisierbar.

Die zweite revolutionierende Neuheit ist die Projektionstechnik der Sterne. Diese erfolgt über Glasfaseroptik in der Sternenkugel, dem sog. "Starball". Von einer zentralen Lichtquelle werden über 9000 Glasfasern an Sternmasken geführt und von dort an die Kuppel projiziert. Die Größe des Sternscheibchens an der Kuppel liegt unter einer Bogenminute und unterschreitet damit das Auflösungsvermögen des freien Auges. Da auch Nebel und Sternhaufen sowie die Milchstraße detailgetreu

DI Dr. Peter Habison leitet das Planetarium und die Sternwarten der Stadt Wien. email: admin@planetarium-wien.at

projiziert werden, wird das Unvorstellbare möglich: die Verwendung eines Feldstechers in einer Planetariumskuppel. Darüber hinaus kann auch die Helligkeit der Sterne besser und korrekter dargestellt werden. Streu-, Dämmerungs- und Zodiaklicht, sowie die Szintillation der Sterne sind simulierbar. Die Glasfasertechnik erlaubt eine nahezu vollkommen naturgetreue Abbildung des gestirnten Himmels.

Für Zwecke der Lehre besitzt das Universarium eine Vielzahl astronomisch/didaktischer Projektionen: Da wären zum Beispiel farbige und Veränderliche Sterne wie Aldebaran oder Mira, die Sternbildfiguren der Nord- und Südhalbkugel, die Ekliptik, der Tierkreis und eine Vielzahl astronomischer Koordinatensysteme. Darunter ist als Besonderheit die Präzession der Äquinoktien - die Verschiebung des Frühlingspunktes entlang der Ekliptik - anschaulich darstellbar.

Zusätzlich zum Universarium erhielt das Wiener Planetarium den Laserbildprojektor "ZULIP" (Zeiss Universal Laser Image Projektor). Dieser ist eine vollkommene technische Neuentwicklung von Laser Optic Systems mit Carl Zeiss Jena und wurde weltweit erstmals in einem Planetarium in Betrieb genommen. Die Quelle hierfür sind drei diodengepumpte Festkörperlaser mit einer Leistung von jeweils 3,5 Watt in den Farben Blau (446 nm), Grün (532 nm) und Rot (629 nm). Nach entsprechender Modulation wird das Laserlicht in eine Glasfaser eingekoppelt und an den Projektionskopf in der Kuppel geführt. Dort erfolgt über einen rotierenden Polygonspiegel und einen zweiten Galvanometerspiegel die Bildablenkung. Die Zuspiegelung des Signals erfolgt über alle gängigen Video Standards von VGA bis HDTV. Um neue Dynamik in der Planetariumskuppel zu schaffen ist der gesamte Projektionskopf in zwei Achsen frei drehbar sowie mit einem leistungsfähigen Zoom versehen.

ZULIP und das UNIVERSARIUM bieten dem Besucher neue Dimensionen multimedialer Effekte an einer Planetariumskuppel. Der Bogen spannt sich hierbei von bewegten 3D-Satellitenmodellen vor dem Sternenhintergrund über Planetenanimationen im Sonnensystem bis zu unterstützenden Videos und Bildern bei didaktischen Präsentationen.

Um beide Geräte jedoch voll zur Geltung zu bringen, benötigt das Planetarium eine Reihe von Zusatzsystemen. So wurde in eine digitale 5.1 Dolby Surround Anlage, ein steuerbares Lichtpult, ein neues 360 Grad Panorama sowie zwei All-Sky Projektionssysteme investiert. Auch die Zuspiegeltechnik über DVD, Videospiele, Computer, etc. wurden modernisiert. Die gesamte Steuerung übernimmt der sogenannte "Showdirector", ein Steuerprogramm, welches die Abläufe der Einzelkomponenten überwacht. Von dort aus werden die Befehle an das Universarium, an ZULIP und die anderen Komponenten des künstlichen Universums übergeben. Über den automatischen Betrieb hinaus sind alle Komponenten auch manuell steuerbar. Besonders dafür gebaute Steuerpaneele bieten die Möglichkeit, das Universarium, ZULIP sowie die Multimedia Komponenten in Live Vorträgen manuell zu bedienen.

Um den Besuchern astronomische Aussichten zu bieten, wurde schließlich noch der gesamte Kuppelraum neu gestaltet: Bestuhlung, Boden, Wände, Projektions- und Bedienbereich sowie das Kuppelzentrum wurden modernisiert. Zusätzlich musste ein neues Verwaltungs- und Reservierungssystem mit

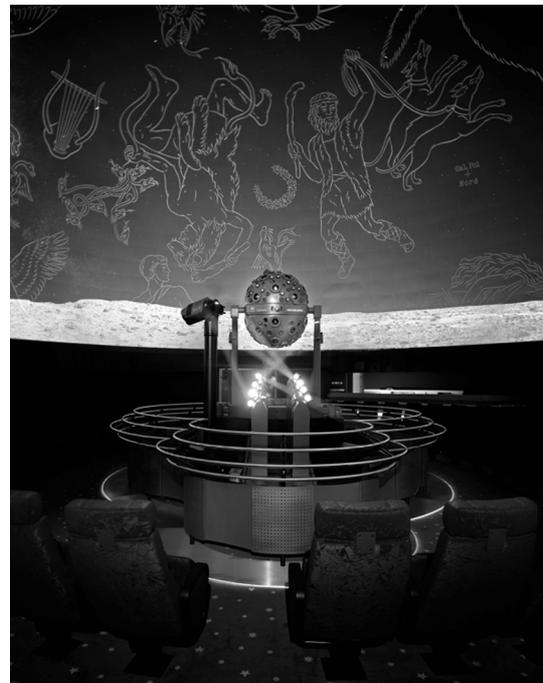


Abb. 2: Das Universarium mit Starball, den Planetenprojektoren im Vordergrund sowie dem Laserbildprojektor ZULIP (schwarze Säule links) im Betrieb mit eingblendeten Sternbildfiguren und Mars Panorama.

Schnittstellen zur neuen Homepage sowie einer Datenbank entwickelt werden.

Wo Sternenträume wirklich werden

Die komplexe Technik ist für Fachleute und Laien gleichermaßen beeindruckend, dient in Wahrheit aber einem höheren Zweck - der Präsentation der neuen Programme. Hier ist in besonderem Maße kreative und astronomisch-didaktische Arbeit gefragt, denn Planetariumsshows lassen sich nicht wie Filme einkaufen. Die einzelnen Planetarien weltweit sind technisch sehr unterschiedlich ausgestattet und einen technischen Showstandard für Planetarien gibt es nicht. Daher muss alles selbst konzipiert, erstellt oder speziell produziert werden.

Eine Planetariumsshow erfordert im Schnitt 1500 bis 2000 Arbeitsstunden. Alles beginnt mit einer Konzeptidee zur Show, welche in der Folge in Text und Drehbuch verwandelt wird. Daran schließt sich die Auswahl oder Komposition der Musik, das Sprechen der Texte sowie die Festlegung der Timeline mit Ton- und Musikschnitt für die Programmierung an. Jetzt werden die Bildinhalte, die Animationen sowie die Panoramen und All-Skys definiert und produziert. Alle Bilder werden digital aufbereitet und mittels speziellen Programmen für die Projektion mit 12 bzw. 6 Diaprojektoren berechnet und belichtet. Als nächstes folgt die Programmierung: UNIVERSARIUM, ZULIP und die restlichen Multimedia Komponenten müssen entsprechend der Timeline und dem Drehbuch zusammengefügt und in der Kuppel laut Dramaturgie zusammengestellt werden. Die Show ist nun fast fertig, es fehlt noch die Mischung des Tons, die automatische Lichtsteuerung sowie die Testphase in der Kuppel.

All dies erfordert neben Astronomie auch eine großes Maß an Multimediatechnik und Didaktik. Das Wiener Planetarium besitzt dafür ein Team von Mitarbeitern, welches sich intensiv mit diesen Fragen beschäftigt. Ziel ist es, das Wissen über den



Abb. 3: Der Kuppelraum mit Steuerpult und Steuercomputern, ZULIP Bild von Neptun sowie Panorama. Computer im Steuerpult von links nach rechts: Audio Rechner, Steuercomputer mit Programm "Showdirector", Rechner für die Ansteuerung des Universariums.

Kosmos in spannenden, lehrreichen und unterhaltsamen Programmen und Aktivitäten den Besuchern näher zu bringen. Dabei spielt die internationale Vernetzung mit moderner Multimedia- und Internet-Technologie eine entscheidende Rolle.

Kopf Hoch! - Astronomie für Alle

Die Astronomie ist ein untrennbarer Bestandteil unserer Kultur. Seit Jahrtausenden beobachten die Menschen den Himmel, studieren seine Zusammenhänge und ergründen die fundamentalen Fragen unserer Existenz im Kosmos. Sie ist deutlicher Ausdruck unserer angeborenen Neugier und des Strebens nach einem Verständnis unserer Umwelt. Sie verhilft zu einem besseren Verständnis unserer zerbrechlichen Natur und des außergewöhnlichen Zufalls, dass Leben auf unserer Erde möglich ist. Erst durch die Astronomie haben wir einzuschätzen gelernt, wie gefährdet unsere Position im Universum ist.

Astronomie ist im Besonderen eine Wissenschaft für die Öffentlichkeit. Mit spannenden und faszinierenden Bildern ist sie ein beliebtes Fach in allen Schulstufen. Vom Kindergarten an, über die Volksschule bis in die höheren Gymnasialstufen finden Themen wie der Mond, die Sonne, unsere Planeten oder die Sterne großes Interesse bei Lehrern und Schülern. Aber auch unzählige Amateurastronomen erfreuen sich an den Wundern des Himmels, indem sie Astronomie zu ihrem Hobby wählten. Sie unterstützen die Tätigkeit der Berufsastronomen, der Sternwarten und Planetarien. Es ist die Aufgabe des Planetariums, treibende Kraft hinter Programmen der astronomischen Bildung zu sein. Die Bildungsprogramme haben zum Ziel, unter Jugendlichen das Interesse an Naturwissenschaften im Allgemeinen und an Astronomie und Astrophysik im Speziellen zu wecken. International angelegt und durch Europas professionelle Astronomie- und Weltraumeinrichtungen ESO und ESA unterstützt, bilden diese Programme ein Netzwerk von Projekten, welches Astronomieaktivitäten fördert und die Zusammenarbeit zwischen den Ländern stärkt. Seit seiner ersten Gründung im Jahre 1927 hat das Wiener Planetarium Millionen Besuchern das Weltall näher gebracht und an unzähligen Projekten teilgenommen. Oswald Thomas und Herrmann Mucke ist es zu verdanken, dass das Wiener Plane-

tariums weit über Österreichs Grenzen hinaus bekannt ist. In Zukunft soll diese Tradition fortgesetzt und durch eine neues Konzept weiter ausgebaut werden.

Reaching for the Stars!

Die technischen und infrastrukturellen Neuerungen haben im Wiener Planetarium die Türen in ein neues Zeitalter weit aufgestoßen. Der neue Projektor, das Universarium, stellt eine völlig neue Art und Weise dar, wie ein Planetariumsgerät konstruiert, gebaut und betrieben wird. Durch diese Neugestaltung erhält das Planetarium ein Instrument in die Hand, das neue Wege in die Zukunft eröffnet. Das Planetarium soll ein Ort der Begegnung für Menschen jeden Alters sein, an dem unsere kosmische Umwelt in spannender Weise, unterhaltsam vermittelt wird. Durch die grundlegende Veränderung des Freizeitverhaltens der Menschen und das Eindringen der digitalen Welt in alle Bereiche des Lebens, steht das klassische Planetarium vor einer der größten Herausforderungen seiner Zeit.

Als Sternentheater, welches bloß den Himmel über unseren Köpfen erklärt, hat es schon lange ausgedient. Die Wünsche und Erwartungen der Besucher orientieren sich an modernsten Bildungs- und Freizeiteinrichtungen weltweit. Die Antwort auf diese Herausforderung muss sein, das Planetarium als qualitativ hochwertiges "Astronomie-Bildungszentrum" zu etablieren. Dazu sind neben einem attraktiven Programm auch infrastrukturelle Erweiterungen wie Planetariumsshop, "Sternen-Cafe", sowie interaktive Begegnungsräume mit wissenschaftlich aktuellem Inhalt geplant.

Die Aufgaben und Programme des Planetariums erstrecken sich von klassischen Astronomie-Vorstellungen über Sondervorträge, Musikprogramme und Firmenpräsentationen bis zu "Events im kosmischen Rahmen". Durch den gemeinsamen Betrieb von Planetarium, Kuffner- und Urania Sternwarte eröffnet sich ein breites Spektrum an astronomischen Angeboten für alle Besucher, seien es Schulen, Sondergruppen, Familien oder Privatpersonen. Über den Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit hinaus gibt es aber auch enge Kontakte mit der Universität und weiteren astronomischen Forschungseinrichtungen in und außerhalb Österreichs.

Planetarium Wien - so nah ist die Unendlichkeit

Die Vorstellungen im Planetarium sind thematisch auf die Besucher abgestimmt. Spezielle Programme für Kindergärten, Schulen sowie Erwachsene werden angeboten. Die Shows finden täglich außer Montag statt. Die genauen Beginnzeiten sind im Internet, am Telefon oder in den jeweils aktuellen Programmheften zu finden und zu erfragen. Kartenreservierungen können telefonisch, per Fax oder über das Internet erfolgen.

Kontaktadresse: Zeiss Planetarium der Stadt Wien, Oswald-Thomas-Platz 1, 1020 Wien, Tel: +43 1 729 54 94, Fax: +43 1 729 54 94 - 77, Internet: www.planetarium-wien.at

Literatur

ESO Abteilung für Bildung und Öffentlichkeitsarbeit, *Erforschung der Unendlichkeit*. ESO Broschüre, (2002).
Herrmann Mucke, *Planetarium und Urania Sternwarte in Wien*. Österreichischer Bundesverlag, (1985).

Roman Ulrich Sexl-Preis 2002

Der Roman Ulrich Sexl-Preis 2002 wurde an Frau Prof. Mag. Andrea Kiss (Höhere Bundeslehranstalt für wirtschaftliche Berufe und Touristik) für verliehen.

Wir gratulieren!

Erlebte Physik

Andrea Kiss

"Nur ein Jahr Physikunterricht? Was tun wir? Den Stoff "herunterbiegen"...? Sicherlich nicht! Wir wollen Physik möglichst interessant für uns und auch für andere gestalten. Selbstständig erarbeiten wir in Kleingruppen einfache Experimente zu Teilgebieten der Physik, probieren diese aus, planen einen "Jahrmarkt der Physik" und laden zu diesem im Mai drei Klassen der Klosterhauptschule Neusiedl ein, um mit ihnen die faszinierende Welt der Physik zu erleben. Unsere Ergebnisse wollen wir gerne als Website auf unsere Schulhomepage stellen."

Anmeldung des Projektes "Jahrmarkt der Physik" für "Physics on stage 2" durch die Schüler/innen der 3BW

Der Unterrichtsgegenstand Physik wird an der Höheren Lehranstalt für wirtschaftliche Berufe in Neusiedl am See nur 1 Jahr lang zu zwei Wochenstunden geführt. Deshalb versuche ich seit einigen Jahren, physikalische Fachinhalte möglichst schüleraktivierend und motivierend zu vermitteln. Aufgrund der großen Stofffülle versuchen wir die Lehrinhalte schwerpunktmäßig in Kleingruppen in Projektform zu erarbeiten.

So führten die dritten Jahrgänge und ich in den letzten Jahren gemeinsam Projekte zu folgenden Themen durch:

- Der physikalische Mensch
- Die Physik fährt mit - Physik und Verkehrssicherheit
- Alles rund ums Auto
- Kreative Physik - wir basteln Physik
- Spielzeug
- Österreich als Land von Physikern und-Physikerinnen
- Physikspiele
- Jahrmarkt der Physik
- Und es gibt sie doch - Frauen in der Physik

Wo immer sich die Möglichkeit bietet, nehmen wir an Wettbewerben teil (Kuratorium für Verkehrssicherheit, "Physics on stage" ...). Seit Bestehen der ScienceWeek@Austria sind wir zumindest mit einem der beiden Jahrgänge an dieser Veranstaltung beteiligt.

Ziel meiner Arbeit ist es, den Schülerinnen praktische Erfahrungen zu ermöglichen, die ihnen zeigen, dass Physik Spaß machen kann - Arbeiten mit Hirn, Herz und Hand soll im Vordergrund stehen. Schwerpunkt im Unterricht ist das "exemplarische" Lernen - nicht das "know that" (Orientierung an den

Fakten), sondern das "know how" (Orientierung am Prozess) soll im Vordergrund stehen [1].

"Selbst lernen", statt "belehrt zu werden" lautet das Motto - der Computer und das Internet werden als Werkzeuge auf dem Weg dorthin verwendet [2]. Den Schüler/innen soll möglichst oft Gelegenheit geboten werden, ihre jeweilige Arbeit eigenverantwortlich zu organisieren, eigene Wege zu suchen und zu gehen, auftretende Probleme zu lösen, die Zeit einzuteilen und mit anderen Schülern zusammenzuarbeiten [3].

Mit Hilfe von handlungsorientiertem Unterricht bin ich zu der Überzeugung gelangt, dass durch selbständiges Arbeiten das Engagement und der Zugewinn in den Kernkompetenzen *soziale Kompetenz, Selbstkompetenz und Fachkompetenz steigt*.

Durch Studien im Rahmen des IMST-Projektes und des PFL-Lehrganges konnte ich feststellen, dass die Schülerinnen auf diese Art und Weise Qualifikationen erlangen, die weit über Fach- und Detailwissen hinausgehen: sie entwickelten Schlüsselqualifikationen, durch das Arbeiten mit anderen Jugendlichen konnten sie ihr Wissen weitergeben, sie planten Veranstaltungen und präsentierten ihrer Ergebnisse in der Öffentlichkeit.

"Physics is fun" - lautete das Motto für den Physikunterricht der 3BW im letzten Schuljahr. Wesentliches Element des Unterrichts war das selbstständige Arbeiten der Schülerinnen in Kleingruppen im Rahmen des Projektes "Jahrmarkt der Physik".

In Kleingruppen wurden "einfachste Versuche" zu einzelnen Kapiteln der Physik gesucht, ausgearbeitet, durchgeführt, ausgewertet und dokumentiert. Neben der experimentellen Seite wurde der Arbeit mit dem PC großes Gewicht beigemessen, wobei fächerübergreifend mit dem Ausbildungsschwerpunkt Medieninformatik bzw. mit Textdesign und Publishing gearbeitet wurde.

Für mich ist die Arbeit mit PC und im Internet eine zeitgemäße und erfolgreiche Form des selbstständigen Lernens in Physik. Das Lernen erhält auf diese Weise eine neue Dimension,

- weil die Schülerinnen das Lernen zu ihrer Sache machen,
- weil sie bestimmen, was und wie sie lernen und
- dabei zugleich Ergebnisse produzieren.

Sie recherchieren weitgehend selbstständig Themen im Internet und präsentieren Ergebnisse und Produkte mit Hilfe der "neuen" Medien. Dadurch haben die Schülerinnen die Möglichkeit, eine für ihren Lernprozess günstige Form der Information zu wählen.

Die Fähigkeit, das Internet zu gebrauchen und aus der Informationsflut die relevanten Informationen zu extrahieren, gehört zu den Qualifikationen, die Schülerinnen immer mehr benötigen.

Die Schüler/innen konnten selbstständig entscheiden, wann, woher oder wie sie sich die Informationen innerhalb des zur Verfügung gestellten Rahmens beschaffen wollten. Sie wurden

selbst aktiv und bewegten sich dabei "in einem stressfreien Raum" ohne ständige Kontrolle durch die Lehrkraft. Dadurch wurde die Motivation erhöht.

Auch die Art der Wissensdarbietung wirkte motivierend auf die Schüler/innen - sie agierten mit den Informationen und "nahmen sie selbst in die Hand" (entdeckendes Lernen). Durch den Computer- und Interneteinsatz wurde der Unterricht lebendiger und spannender. Die Schüler/innen empfanden den Lernerfolg größer, unter anderem durch die stark gesteigerte Motivation [4].

Die Informationssuche ist eine der grundlegenden Fertigkeiten der Medienkompetenz. Anspruchsvoller ist die Fähigkeit, aus der Fülle der erhaltenen Informationen die wesentlichen auszuwählen, zu vergleichen, zu gewichten, für die weitere Arbeit zu strukturieren und zu nutzen. Von den Schüler/innen müssen dabei Strategien entwickelt werden, das Material auf ihre Verwendbarkeit für das zu bearbeitende Thema zu überprüfen, aus Überschriften auf die Inhalte, aus Angaben über Fundstellen oder von den Autoren auf Richtigkeit und Verwendbarkeit zu schließen.

Damit werden hohe Anforderungen gestellt an die Auffassungsgabe, das Leseverständnis (PISA-Studie), an Bewertungskriterien und deren Anwendung bzw. an zielgerichtetes und konsequentes Denken und Arbeiten. Durch das Arbeiten mit dem Internet können die Schülerinnen Handlungskompetenz trainieren [5].

Anhand der Schülerreflexionen lässt sich sagen, dass die Projekte von allen Schülerinnen äußerst positiv bewertet werden.

"Ich finde den Physikunterricht so wie's war super! Mir hat's sehr gut gefallen."

"Durch die Arbeit mit dem PC ging es natürlich auch viel schneller und mit Hilfe des Internets war die Suche leichter und auch erfolgreicher. Physik macht so viel mehr Spaß..."

Als Gründe dafür wurden vor allem genannt:

- Erhöhtes Engagement und erhöhte Leistungsbereitschaft, da selbständig gelernt wird. *"Ich finde es besser als auf die übliche Art, denn dadurch kann man sich selber engagieren und interessant gestalten. Der Unterricht ist entspannter und man kann sich mehr merken..., denn die Arbeit gefällt mir sehr gut und so bin ich auch bereit etwas zu leisten"*
- Die "andere Art zu lernen". *"Super, ich finde das Begreifen von Physik leichter durch Spiele, Versuche ..."*
- Der Abwechslungscharakter gegenüber dem "anderen" Unterricht. *"Eigentlich finde ich diese Art von Physik sehr interessant und es gefällt mir sehr gut. Es ist viel abwechslungsreicher als in der Klasse zu sitzen"*
- Der erhöhte Anteil an geforderter Kreativität. *"Fördert Kreativität"*
- Spaß beim Projekt. *"Man hat einfach mehr Spaß daran und so ist es, viel einfacher zu arbeiten oder sich zu engagieren"*
- Erhöhte Motivation durch "Handlungsorientierung" und Möglichkeit eigene Erfahrungen und "AHA"-Effekte zu erleben: *"...aber ich habe mein Wissen wieder vergrößert und die Erleuchtung für manche Dinge war auch wieder mal da, das sogenannte "AHA-Erlebnis". Verstanden hab ich eigentlich auch das meiste! Muss ich sagen!"*

- die Intensität der Arbeit *"finde ich sinnvoll, denn es beschäftigt sich jeder intensiv mit seinem Thema"*

Auffällig ist, dass gerade die Bereiche Soziale Kompetenz und Persönlichkeitskompetenz von den Schüler/innen besonders hervorgehoben werden und das Engagement als überdurchschnittlich gegenüber dem herkömmlichen Unterricht empfunden wird.

Die Schülerinnen glauben, im Projekt über ihr Thema intensiver als im Normalunterricht gearbeitet zu haben, wobei Lernen im Projekt für sie nicht nur bedeutet, Fachwissen zu erwerben, Ihr Lernbegriff umfasst auch das Lernen von Fähigkeiten, wie z.B. Teamarbeit, Informationsbeschaffung und Organisation der eigenen und der Arbeit der Gruppe.

Natürlich bin ich mir darüber im Klaren, dass ich den Schüler/innen in einem Jahr zu zwei Wochenstunden nur physikalisches Grundwissen bzw. Fachwissen speziell ihrer Arbeitsgruppe mitgeben kann. Ich bin aber überzeugt, dass sich die Schülerinnen an die Physik ganz anders zurück erinnern, wenn ich versuche, sie handlungsorientiert arbeiten zu lassen und sie ihre Leistungen in der Öffentlichkeit präsentieren können.

H. Pietschmann meint in diesem Zusammenhang: *"Für viel wichtiger halte ich das Ziel, jenen Schülerinnen und Schülern die später nicht mehr mit Physik in Berührung kommen, so viel von der physikalischen Denkweise mitzugeben, dass sie sich in unserer Welt in ausreichender Weise zurechtfinden können; wir sollten uns immer vor Augen halten, dass viele Entscheidungen über physikalische Fragen (wie etwa Energieprobleme, Umweltfragen, aber auch Entscheidungen im Forschungsbereich) von Menschen getroffen werden, deren einzige echte Berührung mit Physik in der Schule stattgefunden hat"* [6].

Man kann keinen Menschen zwingen etwas zu lernen. Wenn ich das als Lehrerin akzeptiere, besteht meine Aufgabe darin, für die Schüler eine Lernumgebung zu schaffen, in der sie möglichst selbstständig lernen können. Zufriedenstellende Sozialbeziehungen, positive Gefühle, Emotionen und Stimmungen sind der Nährboden für Lernprozesse. Unterricht muss eine umfassende Persönlichkeitsentwicklung im Auge haben. Der Prozess des Lernens, das Lernklima und die Lerntechniken sind ebenso wichtig wie Fachinhalte.

Im Projektunterricht sind die Schülerinnen stärker in Entscheidungsprozesse eingebunden. Sie erfahren, dass ihre eigene Meinung gefragt und wichtig ist und auch in Beziehung zu anderen gesetzt werden muss. Anhand der Evaluation der Reflexionsbögen, der Analyse der Projekttagebücher und der Projektendberichte habe ich erkannt, dass Projektunterricht und Gruppenarbeit die Schülerinnen mehr als der "herkömmliche" Unterricht motivieren. Sie erlauben den Schülerinnen mehr Eigenarbeit (learning by doing) und die Fachkompetenz ist globaler und erstreckt sich auf weniger Details.

Dies alles sehen die Schülerinnen gegensätzlich zu einer Unterrichtsform, bei der sie zuhören und wiedergeben müssen, bei der die Welt in alleinstehende Fächer getrennt wird und bei der eine Stunde wenig Verbindung zur nächsten hat.

Interessant und auch überraschend für mich war, wie intensiv die Schülerinnen diese Form des Unterrichts empfanden, wie wichtig ihnen das selbstständige und alleinige Arbeiten in der Gruppe war und was es ihnen bedeutete, dass ihnen von Leh-

rerseite das Vertrauen entgegengebracht wurde, sie "alleine" und ohne laufende "Kontrolle" arbeiten zu lassen.

Vertrauen in die Schülerinnen zu setzen und das "Lernen wollen" der Schülerinnen ist die Voraussetzung dafür, dass Freiräume entstehen können. Es war (und ist) für mich ein langer Prozess, mich von "Herkömmlichem" zu trennen, nicht im Zentrum zu stehen, die Verantwortung für den Lernprozess den Schülern zu geben und sie in ihren Lernwegen zu unterstützen. Deshalb erscheint es mir für meinen Physikunterricht wichtig, dass ich den Schülerinnen Freiräume gebe, in denen sie Erfahrungen sammeln können, Selbstbestimmung erproben und Verantwortungsbewusstsein aufbauen können.

Ich danke allen, mit denen ich zusammenarbeite und die mich bei meiner Arbeit unterstützen und unterstützt haben. Dank auch Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit. Ich möchte Sie einladen, es selbst zu versuchen.

- [1] <http://userpage.fu-berlin.de/~tseidel/Compimkl/Compimkr.htm>
- [2] http://www.guterunterricht.de/Unterricht/Lernen_mit_Computer_und_Intern/hauptteil_lernen_mit_computer_und_intern.html
- [3] <http://home.t-online.de/home/Paul.Weeger/berichtl.htm>
- [4] <http://userpage.fu-berlin.de/~sanpro/Thomas.htm>;
http://www.cmr.fu-berlin.de/~tseidel/didaktische%20Hinweise/Didaktische_Hinweise.html
- [5] http://nibis.ni.schule.de/~vdsg/Seiten/internet/ek_internet/ek_www/meth_did/didaktik1.htm
- [6] PLUS LUCIS 1/98, S.3;
<http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/981/pietschmann.pdf>
- [7] *AGB-Arbeitsgemeinschaft für Gruppenberatung: KREATIV UNTERRICHTEN - Möglichkeiten ganzheitlichen Lernens - Ein Handbuch mit Gedanken und Möglichkeiten.*
M. Thanhoffer; R. Reichel, R. Rabenstein

Fachbereichsarbeiten aus Physik 2002

11 Arbeiten mit erfreulich hohem Niveau wurden zur Prämierung eingereicht. Eine Jury schlug dem Vorstand der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft vor, diesmal 4 Hauptpreise zu vergeben für besonders originelle Arbeiten. Einer der Preisträger, Robert Haslhofer, hatte neben der Arbeit an der Fachbereichsarbeit auch Zeit gefunden, sich für die Physikolympiade vor zu bereiten. Die 4 Preisträger wurden zur Jahrestagung der ÖPG an der Montanuniversität Leoben eingeladen, konnten auch am Vortragsprogramm teilnehmen und waren Gäste von AT&S. .

Preisträger

Karoline Fendler: *Holographie* (Mag. Monika Turnwald, BRG Linz Fadingerstraße)

Mathias Bartosik: *Der aerodynamische Auftrieb - Untersuchung verschiedener Flügel im Windkanal* (Mag. Franz Gigl, Sacré Coeur Rennweg Wien)

Robert Haslhofer: *Das Prinzip vom Minimum der potentiellen Energie. Gleichgewichte - Experimente und mathematische Modelle* (Mag. Engelbert Stütz, BRG Linz Hamerlingstraße)

Daniel Imrich: *Sande und Körner* (DI Dr. Gerhard Haas, Neues Gymnasium Leoben)

Weitere Einreichungen

Andreas Furlinger: *Flugantriebe* (Mag. Marianne Korner, PGRg 14 der Armen Schulschwestern Friesgasse Wien)

Margarita Gindl: *Extraterrestrischer Vulkanismus* (Dr. Gerhard Pfeiffer, BG/BRG Gänserndorf)

Paul Gniesser: *Elementarteilchen - vom Atom bis zu den Quarks* (Dr. Robert Hofstetter, Goethegymnasium Wien)

Sebastian Redl: *Die Suche nach der Neutrinomasse* (Mag. Katrin Graf, Akademisches Gymnasium Wien)

Richard Reiter: *Galaxien* (Dr. Robert Hofstetter, Goethegymnasium Wien)



Daniel Imrich, Dr. Gerhard Haas, Karoline Fendler, Mag. Franz Gigl, Mathias Bartosik nach der Auszeichnung der Fachbereichsarbeiten

Johanna Spitaler: *Laser in der Medizin* (Mag. Gerhard Stur, Don Bosco Gymnasium Unterwaltersdorf)

Anita Maier: *Elektrosmog durch Mobilfunk* (Mag. Harald Gerstgrasser, BORG Bad Aussee)

Internationale Physikolympiade 2002

Haslhofer Robert (BGRG-Linz Hamerlingstraße), Hofstadler Christian (HTL-Leonding), Pelinka Dietmar Mombert (BGRG 15/ Schmelz Wien), Fischer Lukas (BRG-Innsbruck Adolf-Pichler-Platz) und Weißenbacher Matthias (BGRG Graz Seebachergasse)

waren die Besten des Österreichischen Bundeswettbewerbs und durften daher zur Internationalen Physikolympiade in Indonesien fahren. Dort gelang es Robert Haslhofer, kühlen Kopf zu behalten und eine Silbermedaille zu erringen. Lukas Fischer, Christian Hofstadler und Dietmar Pelinka erreichten mit einer Honorable Mention den Einzug in die vierte Kategorie von Preisen. Die IPhO-Teilnehmer wurden zur ÖPG-Tagung an der Montan-Universität Leoben eingeladen.

Das Team wurde wie immer in bewährter Weise von Prof. Mag. Günther Lechner und Ing. Mag. Helmuth Mayr betreut. Wir gratulieren zu dieser großartigen Leistung!

Ankündigungen

Quality Development in Teacher Education and Training

GIREP Seminar in Udine, 1 - 6 September 2003

The aims of the Seminar

- The Seminar aims to bring together those who are involved with the training of teachers to teach physics throughout the school age range in order that participants will be able to share ideas concerned with 'how to teach student teachers to teach physics in schools'.
- It will focus on what teacher trainers can do with their students in preparing them for work in school, but it will also consider the means, practices, resources and support that encourage and enable physics teachers to achieve, maintain and enhance good quality teaching throughout their professional lives.
- The Seminar hopes to bring together teacher trainers, scientists from universities and industry, researchers in education and school teachers united in a common aim to improve the quality of physics education.

Weitere Informationen unter:

<http://web.uniud.it/cird/girepseminar2003/>

DPG-Fortbildungskurs für Physiklehrer

**im Physikzentrum Bad Honnef,
28. Juli - 1. August 2003**

"Vom Ötzi, Urgestein und Atmosphärenforschung bis zu Neutrinos und interstellarer Materie" - Moderne Methoden der Spektrometrie

Zusammenfassung

Die Spektrometrie untersucht die Zusammensetzung unterschiedlichster Stoffe durch optische Verfahren oder durch Identifikation der Einzelkomponenten, z.B. der Atome, Ionen oder Moleküle im Massenspektrometer. Als interdisziplinäres Verfahren hat sie heute ein faszinierend breites Anwendungsspektrum von der physikalischen Grundlagenforschung bis hin zum Einsatz in der chemischen Analytik, der Datierung oder den Umwelt- und Lebenswissenschaften erreicht.

Der Kurs soll einen breiten Einblick in physikalische Hintergründe und die Anwendungen dieses Wissensgebiets geben, das in den Lehrplänen bisher nur sehr randständig behandelt wird. Er richtet sich an Lehrkräfte sowie fortgeschrittene Lehramts- und Diplomstudenten. Zusätzlich zum Vortragsprogramm werden konkrete Unterrichtsprojekte präsentiert und ein Ausflug zum Forschungszentrum Jülich mit Führung und Besichtigung einiger Labors, u.a. des Hadronenspektrometers ANKE, angeboten.

Kursgebühren einschl. Unterkunft und Verpflegung: 190 Euro. Anmeldung bis 30. Mai 2003.

Weitere Information: <http://www.pbh.de>

Physics on Stage 3 Physics and Life

Mit Erlass Zl. 16.700/II/10/2001 teilt das BMBWK seine Bereitschaft zur ideellen Unterstützung einer Initiative zur Popularisierung der Naturwissenschaften mit.

Faszination der Naturwissenschaften in Schule und Öffentlichkeit

Die EU-Initiative "Physics on Stage 3", ein europäisches Angebot, bietet beachtliche fachliche und finanzielle Unterstützung für die Realisierung von innovativen Ideen zur Physikdidaktik auf unbürokratischem Wege.

Nachdem die Physikdidaktikinitiativen der Europäischen Forschungsorganisationen bisher von österreichischen Lehrern und Schülern mit größtem Erfolg beschickt wurden (Plenarprojekte bei "Physics on Stage" 1 und 2 in Genf und Nordwijk; erster Preis eines österreichischen Teams bei "Life in the Universe" bei Final Event am CERN-Kernforschungszentrum am 10. Oktober 2001), wird nun der nächste große Einreichwettbewerb "Physics on Stage 3" ausgeschrieben.

Das europäische Großereignis ("Final Event") des vom EIRO-FORUM (Forum europäischer Großforschungsinstitute) gesponserten Physikdidaktikbewerbs POS-3 findet vom 8. bis 15. November 2003 im europäischen Raumforschungszentrum ESTEC in Noordwijk bei Amsterdam in den Niederlanden statt (siehe auch <http://estec.esa.nl/outreach/pos>). Von Österreich können mindestens 8 Delegierte entsandt werden.

Der Schwerpunkt von "Physics on stage 3" ist "Physics of Life". Es geht dabei um Inhalte, Methoden, Verfahren und Unterstützungen von und durch Lehrende - sowohl an Schulen als auch an Hochschulen - die faszinierende Physik in welcher Form auch immer anbieten. Durch die Schwerpunktsetzung soll auch die wachsende Bedeutung der Physik als Grundlagenwissenschaft für jene Naturwissenschaften, die sich mit dem Phänomen Leben befassen, herausgestellt werden.

Das nationale "Steering Committee" von POS-3 wird sich wieder bemühen, die eingereichten Projekte und Präsentation wie beim letzten Male zu begleiten.

Anmeldemöglichkeiten ab sofort
(Siehe Homepage www.teilchen.at/POS).

Letzter Einreichtermin von Projekten und Präsentationen ist der 30. September 2003

Einreichungen werden erbeten
an OStR Prof. DI Dr. Christian Gottfried
Theobaldgasse 16/13, 1060 Wien
Tel. : 01 587 46 02 ; FAX 01 586 20 90
E-Mail: christian.gottfried@inode.at

IMST² Anmeldung

Alle Schulen, die im kommenden Schuljahr 2003/2004 bei IMST² neu oder weiter mitmachen wollen, werden eingeladen, sich bis 31. Juli 2003 anzumelden. Einzelheiten zur Anmeldung finden Sie in den an AHS und BHMS versandten Broschüren oder unter <http://imst.uni-klu.ac.at>.

Die Mitarbeit ist möglich in den Schwerpunkten

S1 Grundbildung: Konkretisierung des entworfenen Grundbildungskonzeptes durch Entwicklung von Unterrichtsbeispielen für eine nachhaltige mathematische und naturwissenschaftliche Allgemeinbildung

S2 Schulentwicklung: Entwicklung, Umsetzung und Evaluation von Schwerpunktsetzungen in Schulen mit Aufbau eines Netzwerks

S3 Lehr- und Lernprozesse: Gestaltung von und Reflexion über Lernumgebungen zur Erreichung hoher Unterrichtsqualität

S4 Praxisforschung: Förderung von Projekten zur Unterrichtsentwicklung in Richtung eigenverantwortliches Arbeiten und fachdidaktischer Untersuchungen zur Entwicklung grundlegender Begriffe im Fach

GE Gender Sensitivity und Gender Mainstreaming: Entwicklung von Lernumgebungen, die für alle Kinder und Jugendlichen förderlich sind.

Naturwissenschaftswerkstatt 2003/04

Gemeinsam Unterricht Entwickeln

Unterstützung und Förderung von Unterrichtsprojekten und Innovationen im Schuljahr 2003/04

In Österreichs Schulen gibt es eine Vielzahl an guten Unterrichtsbeispielen und Innovationen. Oft bleiben sie im Verborgenen und sind nur einer kleinen Lehrer-Schüler-Gruppe zugänglich. In vielen Fällen erfahren sie auch nicht die notwendige Unterstützung und Anerkennung.

- Liegt Ihnen die Weiterentwicklung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts am Herzen?
- Wollen Sie aktiv daran teilnehmen?
- Tüfteln Sie immer wieder gerne an Ihrem Unterricht?
- Wollen Sie Bewährtes, Aktuelles und Neues im Unterricht umsetzen?
- Wollen Sie dies im Austausch mit gleichgesinnten Kolleginnen und Kollegen tun?
- Finden Sie, dass sich gute Ideen stets noch verbessern lassen?

Wenn Sie gemeinsam Unterricht entwickeln wollen und sich wünschen, dass diese Arbeit auch außerhalb Ihres eigenen Unterrichts wirksam wird, dann richtet sich unser Angebot an Sie.

Die Naturwissenschaftswerkstatt

mit einer geplanten Laufzeit von 2002-2006 fördert die Entwicklung von Unterrichtsprojekten in AHS-Oberstufe und BHMS, die auf einen motivierenden, zeitgemäßen, handlungsorientierten Unterricht im Bereich der Naturwissenschaften und der Mathematik abzielen, der Schüler aktiv ins Unterrichtsgeschehen einbezieht.

Die NWW steht neben Lehrerteams auch einzelnen Lehrkräften offen, die Ideen für einen Unterricht mit mehr Anschaulichkeit, unter Berücksichtigung von Schülervorwissen und Schülerinteressen oder mit aktuellen Inhalten entwickeln, erproben und weitergeben wollen. Weiters wird die Entwicklung von praxisorientierten - auch multimedialen - Materialien, de-

ren Einsatz und Evaluation im Unterricht unterstützt. Ebenso wird die regionale, bundesweite und internationale Durchführung von Wettbewerben im Rahmen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer gefördert. Die NWW kooperiert mit IMST².

Unterstützungsangebot: Beratung und Unterstützung bei Projektplanung und Projektdurchführung durch das NWW-Team, Auftaktveranstaltung mit Erfahrungsaustausch, 2 Projektworkshops, Verbreitung der Ergebnisse, Unterstützung bei etwaiger Planung von projektspezifischen Seminaren, Entlastung im Unterricht je nach Projektumfang mit 1-3 Werteinheiten im laufendem Schuljahr.

Angestrebtes Produkt: Projektbericht mit ausgewogenem Evaluationsteil und Materialien für den Unterrichtseinsatz zur Verbreitung über das QIS-Netzwerk und das NWW-Web.

Anmeldung entweder

- elektronisch über die NWW Homepage (<http://www.physicsnet.at/nww>), oder
- per Fax: mit der Faxvorlage auf der NWW Homepage.

NWW-Anmeldeschluss: 9. Mai 2003

Die Anträge werden in Hinblick auf Nachhaltigkeit im Unterricht, Übertragbarkeit und Originalität begutachtet. Eine geografische Streuung und Mitwirkung aus vielen Schularten wird angestrebt. Über die Zuerkennung der Förderung werden Sie Ende Mai 2003 informiert.

Das NWW-Team besteht aus:

DI Dr. Veronika Ebert (HBLVA chem. Ind., Wien 17),
Mag. Andrea Mayer (BORG Dreierschützengasse Graz),
Mag. Monika Gabriel-Peer (HTL Anichstraße Innsbruck),
Mag. Johann Wiesinger (HLA Ursprung),
Dr. Helmut Kühnelt (Universität Wien) und
MR Dr. Christian Dorninger (BMBWK)

PFL 2003 - 2005

Universitätslehrgang Pädagogik und Fachdidaktik für LehrerInnen - Naturwissenschaften

Wenn Sie

- an Ihrer beruflichen Weiterbildung interessiert sind,
- Ihre Kompetenzen in pädagogischer, fachdidaktischer und schulorganisatorischer Hinsicht weiterentwickeln wollen,
- den eigenen Unterricht erforschen und Neues erproben möchten,
- bereit sind, die dabei gemachten Erfahrungen zu dokumentieren und anderen zugänglich zu machen,
- interessiert sind, wie andere KollegInnen Innovationen an Schulen durchführen,
- fachübergreifende Aspekte in Ihrem Unterricht stärker betonen wollen
- mit KollegInnen und Wissenschaftlern über unterrichtliche und schulische Fragen reflektieren wollen und/oder
- sich vom Schulalltag nicht unterkriegen lassen wollen,

dann sollten Sie die weiteren Informationen genauer ansehen!

PFL-Lehrgänge werden vom Interuniversitären Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung (IFF) durchgeführt und vom Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur unterstützt. Jeder Lehrgang dauert 4 Semester und besteht aus 3 Seminaren (davon eines in den Sommerferien), 5 Regionalgruppentreffen und aus praktischer Arbeit in der Schule. Pro Semester ist eine Gebühr von **EUR 100,-** zu entrichten. Die Aufenthaltskosten werden bezahlt, um Sonderurlaub und Fahrtkostenzuschuss muss an der eigenen Schule angesucht werden.

PFL-Naturwissenschaften dient der Weiterentwicklung der Qualität naturwissenschaftlichen Unterrichts. Der Lehrgang ist interdisziplinär und stellt eine Verbindung zwischen den naturwissenschaftlichen Disziplinen Biologie, Chemie und Physik, den zugehörigen Fachdidaktiken und den pädagogischen Ansätzen der Aktionsforschung her. Er wendet sich an Lehrkräfte aus AHS, BHMS und HS.

Das Leitungsteam besteht aus:

Mag. DI Hans Georg Doberer (Chemiker, PI Linz)
ao. Univ.-Prof. Dr. Walter Hödl (Zoologe, Universität Wien),
ao. Univ.-Prof. Dr. Helmut Kühnelt (Physiker, Uni Wien),
Mag. Angela Schuster (AHS-Lehrerin, IFF Wien, Koordination),
Mag. Helga Stadler (Physikdidaktikerin, Universität Wien).

Das individuelle berufliche Selbstverständnis und der persönliche Zugang zu den Naturwissenschaften und ihrer Vermittlung sind Ausgangspunkte des Lehrgangs. Ziel ist die Weiterentwicklung der persönlichen Stärken und die Erweiterung der fachdidaktischen und pädagogischen Kompetenzen. Hauptaktivitäten der Teilnehmer sind: Entwicklung, Durchführung und Untersuchung anspruchsvoller Lernformen; Erarbeitung und Anwendung von Qualitätskriterien für naturwissenschaftlichen Unterricht; die Dokumentation dieser Arbeit in Form schriftlicher Studien.

Der Lehrgang beginnt mit Seminar I, das von 21. 9. 2003 (Sonntag Abend) bis 26. 9. 2003 (Freitag Mittag) in Badgastein stattfinden wird.

PFL - in inhaltlicher Sicht

Unterrichtliche und schulische Arbeit ist eine interessante und zugleich höchst komplexe Tätigkeit. Sie erfordert mehr als fachliches Wissen und pädagogisches und didaktisches Repertoire, um Schülerinnen und Schüler bei der Erarbeitung von Fähigkeiten und Wissen zu unterstützen. In den PFL-Lehrgängen wird versucht, dieser Komplexität gerecht zu werden. Dies gelingt oft am besten, wenn man konkrete praktische Situationen zum Ausgangspunkt von Weiterentwicklung nimmt. Vier Dimensionen werden dabei als Merkmal von Professionalität im Lehrberuf angesehen:

Bereitschaft und Kompetenz zu

- experimentierender, konstruktiver und zielgerichteter Arbeit (Aktion)
- (selbst)kritischer, das eigene Tun hinterfragender Arbeit (Reflexion)
- eigeninitiativer und selbst bestimmter Arbeit (Autonomie)
- kommunikativer, kooperativer und öffentlich wirksamer Arbeit (Vernetzung).

Teilnehmeräußerungen zu diesen Punkten

1. Aktion

"Besonders geschätzt habe ich die Fülle inhaltlicher Anregungen, die ich im Gegensatz zu vielen anderen Fortbildungsangeboten nicht (nur) über den Kopf, sondern (auch) über das eigene Erleben erfahren habe."

2. Reflexion

"Durch diese Art der Reflexion des eigenen Unterrichts bin ich selbstbewußter geworden. Ich weiß genauer, was ich will und auch kann, kann gegenüber KollegInnen anders auftreten und habe mehr Spaß am Unterricht, . . . "

3. Autonomie

". . . war ich früher viel eher ein Konsument bei diversen Seminaren . . . Ich habe es vor allem sehr gut gefunden, daß das dritte Seminar jetzt weitgehend von den Teilnehmern selbst gestaltet wurde . . . "

4. Vernetzung

"Ich habe gelernt, daß es wichtig ist, Gleichgesinnte zu suchen, sich auszutauschen, und daß sich daraus neue Möglichkeiten ergeben. "

Weitere Auskünfte und Anmeldung (bis 19. 5. 2003) bei:

Frau Waltraud Rohrer, IFF, Sterneckstr. 15, 9020 Klagenfurt,
Tel. : 0463/2700-6107 (Fax -6199),
e-mail: waltraud.rohrer@uni-klu.ac.at

Freihandexperimente

Gewinnung von Huminsäuren

Huminsäuren sind eine Gruppe kompliziert aufgebauter meist brauner organischer Verbindungen, die sich aus einem polycyclischen Kern und locker gebundenen Polysacchariden, Proteinen, Phenolen zusammensetzen. Über Carboxyl- und Carbonylgruppen sind außerdem Metallionen gebunden. Die Molmasse liegt zwischen 20000 und 50000, und die Schmelztemperaturen sind größer als 300°C. Diese Verbindungen werden gebildet durch chemische, biologische und physikalische Verwitterungs- und Verrottungsvorgänge im Boden, die auch als Humifizierungsprozesse bezeichnet werden.

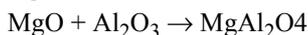
Geräte und Chemikalien: 3 Bechergläser 100 ml, Trichter mit Haltevorrichtung (Stativ, Klammer, Muffe) oder Filtriergestell, 2 Rührstäbe, Blumenerde (evtl. Gartenerde), Natronlauge verdünnt, Salzsäure verdünnt.

Durchführung: Etwa 10 g Blumenerde werden in einem Becherglas mit 20 ml verdünnter Natronlauge versetzt und einige Zeit gerührt. Dann wird durch einen Faltenfilter filtriert. Das Filtrat läuft nur langsam durch den Filter, es kann mit Wasser etwas verdünnt werden, wenn die Lösung stark braun sein sollte. Ein erster Teil des Filtrats (etwa 4 ml) kann in ein Reagenzglas überführt und mit verdünnter Salzsäure (5-6 ml) versetzt werden. Die Lösung muß jetzt schwach sauer sein.

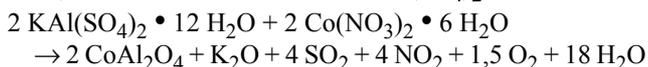
Beobachtung: Die Huminsäuren fallen als voluminöser, brauner Niederschlag aus, der nach wenigen Minuten als Flocken deutlich sichtbar wird. Dieser Niederschlag läßt sich abfiltrieren, die Huminsäuren lassen sich aber schlecht von Filterpapier trennen.

Herstellung eines blauen Spinells

Spinelle im engeren Sinne sind Verbindungen eines dreiwertigen Metalloxyds mit einem zweiwertigen Metalloxyd. Als Beispiel sei der allgemeine, weiße Magnesium - Aluminiumspinell genannt:



Dieser Spinell hat geschmolzen und kristallisiert sehr gute optische Eigenschaften, man kann ihn als Edelstein ansehen. Einige Spinelle haben eine ausgeprägte Eigenfarbe, so dass diese Verbindungen als Pigmentfarbstoffe verwendet werden können. Zu diesen Verbindungen gehört z. B. der Cobalt-Aluminium-Spinell CoAl_2O_4 . Diese Verbindung, die bereits 1882 von dem französischen Chemiker Thenard gefunden wurde, läßt sich auch mit dem natürlich vorkommenden Mineral Alaun (Kalium-Aluminium-Alaun, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$) herstellen:



Das Kaliumoxid bildet mit dem Schwefeldioxid Kaliumsulfit (K_2SO_3), das dann mit Sauerstoff und Wasser zu Kaliumhydrogensulfat weiterreagiert:



Geräte und Chemikalien: Porzellanschiffchen oder Porzellantiegel, Tiegelizeuge oder Stativ mit Muffe und Klammer, Laborbrenner, Reibschale mit Pistill, Magnesium-Aluminium-

Alaun-12Hydrat ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$) 4,74 g, Cobaltnitrat-Hexahydrat ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$) 2,30 g

Durchführung: Die beiden Salze werden in einer Reibschale miteinander gut gemischt (bei Schülerexperimenten können entsprechend geringere Mengen eingesetzt werden). Man füllt nun einen Teil des Gemisches mit einem Spatel in das Porzellanschiffchen (oder in den Porzellantiegel) und spannt das Gefäß am Stativ ein oder nimmt es mit der Tiegelizeuge, um es direkt in die Flamme des Brenners zu halten. Jetzt wird das Gefäß vorsichtig erhitzt, weil das Kristallwasser zuerst verdampfen muss. Nachdem das gesamte Wasser verdampft ist, wird mit voller Flamme direkt erhitzt, es sollte das Porzellan eine Rotglut zeigen. Diese Prozedur wird einige Minuten fortgesetzt, bis der Inhalt deutlich blau ist. Man läßt dann erkalten. Im kalten (bzw. warmen) Zustand kann man den Inhalt (am besten in die Reibschale) heraus schütten und pulverisieren. Man erhält einen blauen Pigmentfarbstoff, der jedoch noch Kaliumhydrogensulfat enthält. Das Produkt wird mit Wasser versetzt, dabei löst sich das Kaliumsalz, nach dem Filtrieren liegt das reine Pigment vor, das jetzt an der Luft oder im Trockenschrank getrocknet werden kann.

Herstellen von Malachit-Pulver

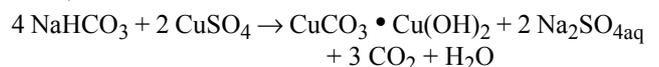
Malachit: $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$

Wird metallisches Kupfer der Witterung ausgesetzt, so bildet sich im Laufe vieler Jahre über Kupfer(I)oxid und Kupfer(II)oxid Malachit, die auch als Patina bezeichnet wird. In Industriegebieten findet man auch Verbindungen mit der Formel $\text{CuSO}_4 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ und an den Küsten gibt es auch $\text{CuCl}_2 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ in der Patina. Diese beiden Verbindungen besitzen ebenfalls eine grüne Farbe.

Geräte und Chemikalien: 3 Bechergläser 250 ml, Trichter mit Haltevorrichtung (Stativ, Klammer, Muffe) oder Filtriergestell, Messzylinder 100 ml, Laborbrenner, Dreifuss oder Vierfuss mit Platte, Rührstab, Natriumhydrogencarbonat (NaHCO_3) 14,4 g, Kupfersulfat-Pentahydrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$)

Durchführung: Zuerst löst man bei Zimmertemperatur 14,4 g Natriumhydrogencarbonat in 150 ml dest. Wasser. Man erhält eine kalt gesättigte Lösung des Salzes (Lösung A) mit einem ungelösten Bodenkörper, der allerdings nicht stört. In einem zweiten Becherglas löst man bei 40°C 4,9 g Kupfersulfat-Pentahydrat in etwa 50 ml Wasser (Lösung B).

Nun gießt man langsam 80 ml der Lösung A in die Lösung B. Das Gemisch schäumt auf und es bildet sich ein voluminöser bläulicher Niederschlag. Man rührt um und gibt nach einiger Zeit nochmals 30 ml der Lösung A zur ursprünglichen Lösung B. Es wird umgerührt und das Gemisch wird jetzt kurz aufgekocht. Vor dem Kochpunkt bildet sich bereits das grüne Malachit, die Farbe der Lösung schlägt also von blau nach grün um. Man läßt abkühlen und filtriert das Produkt ab. Das schöne grüne Malachit-Pulver wird kurz mit Wasser und Alkohol gewaschen und man läßt es an der Luft (oder im Trockenschrank) trocknen.



Die Versuchsvorschrift wurde nach einem Vorschlag von Prof. Dr. Armin Reller, Augsburg (*NiU - Chemie* Nr. 61, 2001) experimentell überprüft und für den Einsatz im Unterricht verändert. Heinz Schmidkunz

Bücher und CDs

Quantenmechanik verstehen

Eine Einführung in den Welle-Teilchen-Dualismus für Lehrer und Studierende

Herbert Pietschmann

Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 2003, x + 139 S., 22 Abb., geb., ISBN 3-540-42977-8, EUR 20,50

Wenn schon Feynman anmerkte, dass "selbst die Experten [die Quantenmechanik] nicht so verstehen, wie sie gerne wollten, ... weil sich alle menschliche Erfahrung und Intuition auf große Objekte bezieht", so sollte man sich nach Pietschmann nicht entmutigen lassen. Teile der QM, vor allem der mathematische Formalismus, sind widerspruchsfrei und lassen sich "verstehen", doch wenn es um die Interpretation, um den Versuch der Veranschaulichung geht, finden wir Widersprüche zwischen unseren Vorerfahrungen und Intuitionen einerseits und dem Verhalten der Quantenobjekte andererseits. Wenn wir - nach Pietschmann - eingesehen haben, dass diese Widersprüche nicht eliminiert werden können, dann haben wir Quantenmechanik, ein Erbe des vorigen Jahrhunderts, in einem weiteren Sinn ebenfalls "verstanden".

Mit dem vorliegenden schmalen Buch mit gut lesbarem Satz wendet sich der Autor an gymnasiale Lehrkräfte und Studierende (die im Dickicht der Details in QM-Lehrbüchern den Wald nicht mehr sehen). Dabei scheut er auch einen gewissen mathematischen Aufwand nicht, ist doch Mathematik die Sprache, in der der widerspruchsfreie Teil der QM formuliert wird. Thema ist die nichtrelativistische QM, also etwa die Grundzüge der Atomphysik.

Pietschmann folgt ein wenig der historischen Entwicklung, was durch die Bedeutung der Planckschen Konstante auch nahe gelegt wird und er scheut sich keineswegs, ein Liebling der Schulbuchautoren, das Bohrsche Atommodell als das zu bezeichnen, was es ist: ein Hinweis auf die Quantisierung des Drehimpulses, jedoch nur von historischer Bedeutung, denn "es beschreibt in keiner Weise die tatsächliche Physik der Atome!" In einer Fußnote setzt er hinzu: "Meines Erachtens muss dies im Schulunterricht sehr deutlich dargestellt werden! Wenn Atomphysik über das Bohrsche Modell hinaus nicht gelehrt werden kann, dann ist es wohl besser, auch dieses wegzulassen!" Ähnlich fordert Pietschmann, die Grundzüge der chemischen Bindung am einfachsten Molekül einzuführen, dem H₂-Molekül: Das Pauliprinzip - eine keiner klassischen Denkweise entsprechende Einschränkung der Wellenfunktion - führt dazu, dass sich ein Paar von Elektronen mit antiparallelen Spins trotz ihrer wechselseitigen elektrischen Abstoßung bevorzugt zwischen den beiden positiven Kernen aufhält und dadurch die Stabilität des Moleküls bedingt.

Bewusst beschränkt sich Pietschmann auf die nichtrelativistische Quantenphysik und stellt sie in sehr nüchterner, keineswegs dem heutigen Trend nach Effekt folgender Weise dar. So sind auch dem EPR-"Paradox" lediglich 4 Seiten gewidmet. Auch der im Untertitel vorkommende Welle-Teilchen-Dualismus kommt im Text nur kurz und unter Anführungszeichen

vor als die Notwendigkeit, kontinuierliche und diskrete Aspekte der Quantenphysik unter einen Hut zu bringen.

Wenn auch nicht immer mathematisch einfach - einige Kapitel dürfen vom Leser ausgelassen werden - so ist das Büchlein für die Zielgruppe sehr zu empfehlen. Zu wünschen wäre, dass ein ähnlich knappes Bändchen zu den Grundzügen der relativistischen Quantenphysik und eventuell der Quantenfelder folgen möge.

Helmut Kühnelt

Physikdidaktik in der Praxis

Ernst Kircher, Werner B. Schneider (Hrsg.)

Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 2002, x + 376 S., brosch., ISBN 3-540-41937-3, EUR 39,90

Das vorliegende Buch ergänzt "Physikdidaktik - eine Einführung" von Kircher, Girwidz und Häußler. So vielfältig die Aufgaben der Lehrkräfte im Unterricht, so vielfältig ist auch das Spektrum der Themen. So handeln Kapitel 1 (R. Duit) von Alltagsvorstellungen und ihrer Berücksichtigung im Unterricht (zu einer Einführung in dieses Thema s. a. die Artikel von Duit in PLUS LUCIS) und Kapitel 2 (R. Wodzinski) von Mädchen im Physikunterricht. Wodzinski stellt zunächst die in Untersuchungen immer wieder gefundenen Hauptursachen für das geringere Interesse der Mädchen verglichen zu den Burschen vor, geringere physikalisch-technische Vorerfahrungen, wenig bestätigende Haltung von Lehrkräften und Burschen gegenüber den Leistungen der Mädchen, geringeres Selbstvertrauen, sowie Unterrichtsformen und Inhalte mit Bevorzugung der Interessen der Burschen. Sie stellt dann an 2 Interventionsstudien dar, dass Änderungen im Unterrichtsstil und Betonung der Orientierungsfunktion des naturwissenschaftlichen Unterrichts (Klärung des Verhältnisses Mensch und Umwelt) gegenüber der Qualifizierungsfunktion (Beherrschung fachlicher Inhalte und Methoden für enge Zwecke) zu einem erhöhten Interesse der Mädchen beitragen können.

Kapitel 3 enthält Beiträge verschiedener Autoren zu Quantenphysik in der Schule, Teilchenphysik, Kosmologie, Chaos und neue Halbleitermaterialien. Danach wird es wieder unterrichtspraktisch: Projektunterricht und Lernzirkel (Stationenbetrieb mit offenem Lernen) wird an mehreren Beispielen aus der Praxis vorgestellt und die Vor- und Nachteile diskutiert. Der Einsatz von Medien - neuen wie alten - rundet diesen Bereich mit zahlreichen praxistauglichen Ideen ab. Darunter besonders zu nennen: Gespielte Physik - spielerische Physik von Peter Labudde, der auf das große Potenzial des Entdeckens in spielähnlichen Situationen hinweist, aber auch betont, dass aus Freihandexperimenten und Schwimmbadbesuchen die Einsicht in die Notwendigkeit von Laborexperimenten gewonnen werden sollte.

Das Schlusskapitel handelt von Planung und Analyse von Unterricht. Dieser Abschnitt ist für Junglehrer wie auch für Studierende geplant. Es werden verschiedene Planungsmodelle vorgestellt, wobei offenen Lernformen ebenfalls Rechnung

getragen wird. Konstruktion und Bewertung von Physikaufgaben ist ein Thema, dessen Aktualität sich in TIMSS und PISA gezeigt hat. Aufgaben für drei verschiedene Phasen des Unterrichts sind zu unterscheiden: für die Erarbeitungsphase, die Übungsphase und schließlich für die Leistungsmessung - und nur in letzterer sind Fehler wirklich "Fehler". Kurze Abschnitte zur Unterrichtsbeobachtung und von Videoanalyse als Mittel der Unterrichtsforschung einerseits und der kritischen Reflexion über eigenen Unterricht runden das Buch ab.

Das Buch ist eine gelungene Mischung aus pädagogisch-fachdidaktischen Beiträgen und physikalisch-fachdidaktischen Beiträgen. Diese Unterscheidung mag zunächst paradox klingen. Die Physikkapitel stellen moderne Themen dar, die in der Ausbildung eher zu kurz kommen. Die pädagogischen Teile betreffen wünschenswerte Ausbildungsteile, die bei der in der Ausbildung von Physiklehrkräften immer noch zu beobachtenden Untergewichtigkeit der Fachdidaktik für den Erfolg im Lehrberuf mindestens ebenso wichtig sind.

Helmut Kühnelt

Das Rätsel der Schneeflocke. Die Mathematik der Natur

Ian Stewart

Spektrum Akademischer Verlag GesmbH, 2002, 224 S., ISBN 3-8274-1299-4

Zu Beginn meiner Rezension muß ich gestehen, daß ich kaum jemals ein naturwissenschaftliches Buch gelesen habe, bei dessen Lektüre ich mich abwechselnd so sehr unterfordert und dann gleich darauf wieder überfordert habe. Mit vielem von dem, was Ian Stewart ausführt, rennt er bei jedem, der schon gute Bücher über Chaostheorie, Fraktale Strukturen und Selbstorganisation der Materie gelesen hat, offene Türen ein. Und dennoch - und dennoch lohnt es sich, die Lektüre nicht abzubrechen. Denn Ian Stewart jagt mit einer Hartnäckigkeit, die ihresgleichen sucht, der Beantwortung der Frage nach, die sich Johannes Kepler vor 400 Jahren stellte: nämlich der nach der wahren Ursache für die Sechszähligkeit aller Schneeflocken. Und seine Jagd geht dabei, das sei verraten, streckenweise auch durch höchste theoretische Höhen und dort ist bekanntlich die Luft zum Atmen ziemlich dünn. (Ian Stewart ist übrigens Ordinarius für Mathematik in Coventry und betreut schon seit langem die Kolumne "Mathematische Unterhaltungen" in Spektrum der Wissenschaft und als solcher manchem von Ihnen indirekt vertraut.)

Das erste Kapitel "Prinzipien und Muster" endet mit einer Reflexion von Ian Stewart über die Frage, was überhaupt ein Muster sei. Wann glaubt unser Geist in der Natur ein Muster zu erkennen? Eine Frage, die viel weniger trivial ist, als manche glauben. Das zweite Kapitel "Die mathematische Welt" handelt von Symmetrien in allen nur erdenklichen Formen und in beliebig vielen Dimensionen. Und hier war es vor allem, wo ich mich überfordert fühlte - vor allem in meinem räumlichen Anschauungsvermögen. Ian Stewart sind offenbar von seiner Lehr- und Forschungstätigkeit her auch schwierigste Überlegungen zu räumlichen Symmetrieproblemen und ihre mathematische Behandlung geläufig. Ich mußte hier öfter passen und hätte mir dann ganze Abschnitte des Buches als Video mit geschickten Computer-Animationen gewünscht. Aber wie ge-

sagt es lohnt sich durchzuhalten. So erfahren Sie z. B.: was der Broccoli mit dem Goldenen Winkel von $137,5^\circ$ zu tun hat, warum der Tiger Streifen und der Gepard Flecken hat, woher das logarithmisch-spiralige Wachstum des Nautilus-Gehäuses kommt und was es mit dem zeitsymmetrischen Bewegungsablauf des Paßganges eines Pferdes auf sich hat. Ian Stewart als "letzter Pythagoräer" (ein Titel, den Arthur Köstler einst Johannes Kepler verlieh) ist sozusagen überzeugt, daß man Gott mit mathematischen Modellbildungen auf die Finger schauen könnte bei der Formung seiner Schöpfung. Er weiß sich bei seinem mathematischen Nachvollzug der Schöpfung in bester Gesellschaft, wenn er sich etwa auf den großen theoretischen Physiker Paul Dirac beruft, der 1939 schlicht und einfach konstatierte: "Gott ist Mathematiker". Es ist nicht zu viel gesagt, wenn man unterstellt, daß ein Einstein, ein Heisenberg, ein Schrödinger viel darum gegeben hätten, Ian Stewart bei seinen Ausführungen folgen zu dürfen, da sie noch keine Ahnung davon haben konnten, zu welchen Höhen der Einsicht uns die Theorie komplexer Systeme und die Chaosforschung führen würden. Keine Rede heute mehr vom faustischen Resignieren: "Und sehe ein, daß wir nichts wissen können. Das will mir schier das Herz verbrennen." Im Gegenteil: Es ist erstaunlich, was wir schon alles wissen dürfen! Ian Stewart ist ein begnadeter, unwahrscheinlich belesener "Generalist", für den es Fachgrenzen einfach nicht zu geben scheint, und der mit einer Beharrlichkeit sondergleichen ständig unterwegs ist auf der Suche nach Schlüsseln zu dem unglaublichen und verwirrenden Formenreichtum der Natur. Er ist auf der ständigen Suche nach solchen "Schlüsselerlebnissen", findet sie auch, und es gelingt ihm auch, den Lesern zu solchen zu verhelfen. Ein solches Schlüsselerlebnis ist für ihn zu Recht jenes der Symmetriebrechung. "Haben Sie sich schon einmal gefragt: Warum spritzt das Wasser, in das ein Tropfen fällt, nicht einfach kreisförmig, sondern kronenförmig hoch?" Seine Antwort: Weil der Kreiszustand instabil ist und die Rotationsymmetrie bricht". Wohin aber verschwindet der Rest der Symmetrie? Er wird nach Ian Stewart sozusagen mathematisch entsorgt und wird gleichmäßig über eine Vielzahl verschiedener Lösungen des Gleichungssystems verteilt (S. 152 ff). Oder seine Ausführungen zum II. Hauptsatz auf S. 167ff und die "klumpige" Struktur des Universums. Er nennt das Universum beziehungsreich "ein ordentliches Durcheinander" und fragt sich, ob das Universum eine durchgängig fraktale Struktur habe, d. h. ob es in allen Größenordnungen "klumpig" sei, und bejaht diese Frage auf Grund jüngster kosmologischer Untersuchungen. Nicht zu folgen vermag ich ihm bezüglich seines Schlußstatements zum zweiten Hauptsatz: "Das Weltall als Ganzes liegt außerhalb seiner Zuständigkeit." (!?) Man könnte meinen, daß die Idee des Fraktalen eine fixe Idee von Ian Stewart sei. Er läßt uns aber auch daran teilhaben, daß sie eine ungemein fruchtbare Idee ist. Und wie meinte Goethe einmal sehr treffend: "Was fruchtbar ist, allein ist wahr." Oder man denke an den Grundsatz des Paracelsus: "Wie im Großen - so im Kleinen". Ist da nicht schon das fraktale Prinzip - wenn auch sehr nebulos - vorausgeahnt? Nichts wäre treffender, als Ian Stewarts Ausführungen als "Naturphilosophie" zu bezeichnen. Und sind wir damit nicht wieder beim Ausgang unserer Wissenschaft, den "Principia mathematica philosophiae naturalis" seines Landsmannes Isaac Newton? Ian Stewarts (und auch mein) Credo ist: "Wer die Schneeflocke verstehen will, muß das ganze Universum verstehen."

Manfred Wasmayr

EMF – Elektromagnetische Felder und Wellen . . . Elektrosmog?

Multimediales Bildungsmaterial, TU Graz

Die CD bietet einen umfangreichen Einblick in die Welt der EMF sowohl aus theoretischer als auch aus praktischer, alltagsbezogener Sicht. Besonderer Wert wird auf die Möglichkeit zur Interaktion und zu selbstständigen Übungen gelegt. In allen Bereichen sind ein Professor, zwei Studierende und ein Kater die zentralen Comic-Figuren, die durch gezielten themenspezifischen Einsatz das subjektive Erleben in der virtuellen Welt fördern. Die beiden Comic-Studenten Ellie und Ronic begleiten den User durch virtuelle Räume, führen und helfen mittels Spielgeschichten und konkreten Anleitungen durch die CD. Der Kater Max, ein Assistent des Professors, geleitet den User durch die verschiedenen Ebenen und steht ihm mit Ratsschlägen und Tipps zur Seite.

Inhalt

Die Lernumgebung ist in die virtuelle EMF-Welt und den virtuellen Campus unterteilt.

Die EMF-Welt gliedert sich in die EMF-Stadt und das EMF-Land. In beiden Räumen bringen die zwei Comic-Studenten anhand von schrittweise durchgeführten elektromagnetischen Untersuchungen an Einrichtungen der Energieversorgung und an elektrischen Geräten die Welt der elektromagnetischen Felder näher, wobei die Arbeitsweisen denen der beruflichen Praxis entsprechen. Erklärungen, Animationen und virtuelle Räume helfen beim Verständnis.

Als zweiter Bereich dient der virtuelle Campus mit Vorlesungen, e-books, einem Labor, dem Simulationsprogramm Simulix, dem Quiz sowie einem Lexikon und einem Spiel in der Campus-Diskothek als eine spannende Art der multimedialen interaktiven Wissensvermittlung. Hier können sich die User selbst mit den Themen rund um die EMF-Welt auseinandersetzen. Anhand von realgetreuen Übungen und Simulationsprogrammen können die nötigen Arbeitstechniken gelernt werden, um selbstständig eigene Experimente und Messungen

Ich bin Max - der Assistent von Professor Benjamin Wellfield, Ellie und Ronic

durchzuführen. Im Audimax finden Vorlesungen zu Teilbereichen aus der Physik und Biologie statt, die das nötige Grundwissen vermitteln und das Verständnis vertiefen, wobei auf das individuelle Lerntempo Rücksicht genommen werden kann. Die Bibliothek bietet parallel zu den Inhalten aus den Vorlesungen eine Möglichkeit in Büchern Einführungen oder Vertiefungen zu den Themenbereichen nachzuschlagen. Der Simulationsraum SIMULIX stellt ein mächtiges Tool dar, dessen Berechnungsprogramme von Fachleuten in der Praxis verwendet werden, und ist anfangs nicht ohne Probleme zu bedienen. Hier können u. a. elektromagnetische Felder um Leiter samt Abdeckung und Störelemente als Grafiken und in Filmen sichtbar gemacht werden. Das Labor ermöglicht Messmethoden und Arbeitsweisen aus der elektrotechnischen Praxis unter schrittweiser Anleitung selbstständig durchzuführen, wie beispielsweise die Handhabung eines Oszilloskops zu erlernen.

Weitere Zusatzfunktionen, wie Lexikon, Spiele oder knifflige Quiz, wo man durch das erworbene Wissen Punkte für die High-Scores sammeln kann, bieten Abwechslung und wiederholen und vertiefen das Erlernte.

So können in spielerisch, unterhaltsamer Weise die elektromagnetischen Felder in ihrer physikalischen Komplexität, die Frage nach biologischen, gesundheitlichen Auswirkungen und die entsprechende Grenzwertdiskussion erfasst werden. Vom Radiowecker und Mikrowellenherd bis zur Hochspannungsfreileitung und Basisstation werden in anschaulichen Grafiken die Verteilungen der elektrischen Feldstärke, der magnetische Flussdichte und der Leistungsflussdichte elektromagnetischer Wellen dargestellt.

Einsatz im Unterricht

Die Lernumgebung der EMF CD stellt ein hilfreiches multimediales Lernprogramm dar, welches im Unterricht ab Ende der 10. Schulstufe vielfältig eingesetzt werden kann.

Bei eigenverantwortlichen Lernformen erscheint es zielführend, wenn vom/von der KlassenlehrerIn Lernpfade zur CD erstellt werden, die das Vorwissen, den gewünschten Vertiefungsgrad und die individuelle Schwerpunktsetzung je nach Klasse und Schüler berücksichtigen. Auch können Teilbereiche der CD im Klassenunterricht herausgegriffen und vom Lehrer oder von einzelnen Schülern vorgezeigt und anschließend im Plenum diskutiert werden. Die CD eignet sich weiters für Projektunterricht, wobei beispielsweise Teilbereiche der CD von verschiedenen Schülergruppen bearbeitet und präsentiert werden können. Der Projektunterricht auch fächerübergreifend geführt werden kann. Ebenso kann die CD zum Selbststudium oder zur Vertiefung einzelner Unterrichtssequenzen eingesetzt werden, als Vorbereitung für SchülerInnen für ein Referat zum Thema Elektrosmog, oder zur Vorbereitung für den/die LehrerIn dienen. Die CD kann von den SchülerInnen auch dazu verwendet werden, das Gelernte zu wiederholen, bzw. eignet sie sich auch als Lernhilfe. In jedem Fall sollte die CD in der Bibliothek jeder Schule zu finden sein.

Die CD ist im Buchhandel und unter www.dbv.at erhältlich. Solange der Vorrat reicht ist sie für Schulen gratis.

Website: <http://www.emf.tugraz.at/>

Andrea Mayer

Das verschwundene Genie

Rätselfragen zu Persönlichkeiten aus
Naturwissenschaft und Technik

Thomas Bürke und Andreas Loos

dtv, 190 S., ISBN 3-423-33072-4, EUR 10.-

Haben Sie schon jemals den Namen Ettore Majorana gehört? Wenn nicht, dann wird es Zeit, dass Sie sich das Buch "Das verschwundene Genie" von Thomas Bürke und Andreas Loos besorgen. Denn der Fall des Ettore Majorana, immerhin Musterschüler Enrico Fermis und Freund des jungen Werner Heisenberg, hat dem ganzen Band den Titel gegeben. Ein höchst mysteriöser, ein reißerischer Fall - sehr geeignet als Einstieg und Aufhänger, wie Verlag und Autoren wohl zu Recht befunden haben.

Oder wussten Sie, über welches der ganz großen Physik-Genies der Physik-Nobelpreisträger des Jahres 1939, Emilio Segre, urteilte: "Seine Beweggründe und sein Vorgehen erscheinen mir unverständlich. Noch heute ist Galilei lesbar, er aber nicht." Es ist niemand Geringerer als Johannes Kepler, dessen doch oft erstaunlich mystische Argumentationsweise sehr wohl einen Leser des XX./XXI. Jhdts. vergrämen kann.

Oder wussten Sie, welcher ganz Große unseres Faches, der trotz seiner Quecksilbervergiftung ein hohes Alter erreichte, in seinem umfangreichen Lebenswerk ohne eine einzige physikalische Formel ausgekommen ist? Es war Michael Faraday.

So ließe sich die Liste von Überraschungen durch die 44 Biographien, die hier quizartig vor uns ausgebreitet werden, weiter verfolgen. Laut Klappentext des Verlages geht es darin um "Hochbegabte, die sich aus den ärmsten Verhältnissen bis in den Olymp der Unsterblichen hocharbeiteten, wunderliche Käuze mit kuriosen Lebensgewohnheiten, politisch Verfolgte und politisch Vernagelte, allesamt physikalische Genies."

Insgesamt beweisen sie, dass physikalische Genies in der Regel nicht die Langeweiler waren, für die viele unserer Schüler sie leider halten (wenn es auch durchaus solche gegeben hat wie etwa Max Planck, dessen preußisches Pflichterfüllungs-Ideal vor allem in der Zeit der Hitler-Diktatur auch engste Freunde vor den Kopf stieß). Ich kann jedenfalls aus meiner langjährigen Unterrichtserfahrung heraus nur bestätigen, dass das Einbringen überraschender, manchmal auch schrulliger biographischer Details zur Würzung meines Physik-Unterrichtes beigetragen hat. Ich wollte die Schüler fühlen lassen, aus welchem Fleisch und Blut jene Geistesheroen waren, mit deren Entdeckungen sie nun im Physik-Unterricht gequält wurden. Wer Material dafür sucht, ist mit dem Buch von Thomas Bürke und Adolf Loos gut bedient.

Manfred Wasmayr

Erneuerbare Energien

Hans Brandstetter, Hans Heiderer

Physik-compact Sonderthemen. öbv&hpt, Wien 2003, 80 S., Schulbuch-Nr. 105320, EUR 18,30.

Sonne, Wind, Biomasse sollen - so die Erwartung der Autoren - in 20 Jahren die fossilen Energien weitgehend ersetzen. Dies sind die Themen des im Rahmen der Sonderhefte von Physik Compact erschienenen Büchleins: Erneuerbare Energieträger, thermische Sonnenkollektoren, solarthermische Kraftwerke, Photovoltaik, Windenergie, Wellenkraftwerke, Biomasse, Stirlingmotoren, Wasserstofftechnologie.

Das Buch beginnt mit Überlegungen zur Intensität der Sonnenstrahlung, zum Verhältnis von direkter Sonnenenergie im Vergleich von fossilen Brennstoffen. Dies ist das Kapitel der extrem großen, bzw. kleinen Zahlen. Vergleicht man nämlich die in 2 Mrd. Jahren entstandenen fossilen Energieträger zur gesamten in dieser Zeit eingestrahnten Sonnenenergie, so erkennt man, dass diese verschwindend klein sind. Daraus definieren sich die Autoren einen fossilen Umwandlungswirkungsgrad von rund 10^{-11} , womit evident sein sollte, dass die direkte Nutzung der derzeit eingestrahnten Sonnenenergie effizient möglich sein muss.

Breiteren Raum nehmen die Solarkollektoren ein. Die Strahlungslehre wird rekapituliert und die wichtigsten Kollektorsysteme werden besprochen. Die Problematik der Langzeitspeicherung der Energie wird allerdings etwas leicht genommen. (Das Beispiel des Silicagel-Speichers ist keineswegs überzeugend. Eine viermal höhere Energiedichte als bei einem Warmwasserspeicher scheint den erhöhten apparativen und energetischen Aufwand nicht unbedingt zu lohnen.)

Das Herz der Autoren gehört der Photovoltaik. In ausreichendem Detail wird die Physik dazu beschrieben und vor allem dann die Geschichte der Anlage am BG Laaerbergstraße in Wien. Ausgespart bleibt allerdings der finanzielle Aspekt und eine Bilanz der nun mehrere Jahre in Betrieb stehenden Anlage.

Bei den Windkraftanlagen ist einiges zur Strömungslehre zu lernen sowie über die Prinzipien der Generatoren. Es ergibt sich ein plastisches Bild der Komplexität eines Windkraftwerks. Allerdings vermisst der Rezensent auch hier eine Bilanz der nun schon einige Zeit in Betrieb befindlichen Anlagen.

Das Kapitel Biomasse ist dann wieder leichter Lesestoff. Beim Stirlingmotor sind wir dann wieder tief in der Wärmelehre (die ja im Unterricht etwas kurz kommt), während der Exkurs zu Wasserstofftechnologie uns in die Chemie führt.

Einerseits liefert das Buch einen gedrängten Überblick über erneuerbare Energien (unter Aussparung der Wasserkraft), andererseits wären sowohl wirtschaftliche Aspekte als auch aktualisierte Daten wünschenswert. Bei einer eventuellen Neuauflage sollten nicht nur die Bildqualität sondern auch die Abbildungsbeschriftungen überarbeitet werden. Leider fehlen Hinweise, wo man sich weiter informieren kann - anscheinend wird der Umgang mit dem Internet vorausgesetzt.

Helmut Kühnelt