

Wer nicht lesen kann, ...

... kann die PISA-Aufgaben nicht lösen. Reicht Lesefähigkeit?

Als im Jahr 2001 die Ergebnisse der OECD-PISA Studie 2000 bekannt wurden, herrschte große Zufriedenheit. PISA-Koordinator DDr. Haider strich heraus, dass Österreich in den drei Bereichen Lesefähigkeit, Mathematik und Naturwissenschaften am unteren Ende der Oberklasse lag und im Lesen und in Naturwissenschaften bestes deutschsprachiges Land war.

PISA 2003 testete nun den Geburtsjahrgang '87. Nun liegt Österreich nicht mehr am oberen Rand der Mittelklasse, sondern ist in der flachen Verteilung des Mittelfelds an den unteren Rand gerutscht. Plötzlich redet man über Mathematik, wo die Leistungen stabil blieben, und Naturwissenschaften im Unterricht! Große Aufregung in den Medien, alle politischen Parteien kennen Patentlösungen, die Ministerin nennt in der Pressestunde als Hauptschuldige Migrantenkinder und Eltern.

Nach der Tageszeitung *Der Standard* vom 4.12.2004 ist von 1995/96 auf 2001/02 der Anteil von Kindern mit nicht-deutscher Muttersprache österreichweit in allen Schulen insgesamt von 9% auf 11% gestiegen, wobei in Wien Anstiege von 24% auf 29% (alle Schulen) und 29% auf 39% (Volksschulen) erfolgten. Sprachbeherrschung ist für die Ausbildung zu höherwertigen Berufen, für lebenslanges Lernen und Weiterbildung extrem wichtig, daher sind die PISA-Aufgaben - nicht kurzfristiges Schulwissen, sondern Kompetenzen für die Welt von Morgen sollen überprüft werden - in sehr textlastig mit verständlichen Folgen: Das Merkmal "Immigrant" war bei PISA 2000 im Lesen mit einem Leistungsabfall um 58 Punkte verknüpft, in Mathematik 2003 in Österreich um 39 Punkte und in Finnland gar um 68 Punkte (dort betrifft dies aber weniger als 2% der Schüler). (Bei einem Mittelwert von 500 Punkten liegen die Leistungen von zwei Drittel der getesteten Jugendlichen zwischen 400 und 600 Punkten.) Doch das Problem liegt tiefer. 35% der männlichen Hauptschulabsolventen sind schlechte Leser, wesentlich mehr als im Jahr 2000. Primär müsste die Sprachbeherrschung gefördert werden.

Die Probleme sind längst bekannt, verschärfen sich allerdings. Lösungen wie erschwingerlicher Ganztagskindergarten, Nachmittagsbetreuung in der Schule, Stützlehrer kosten Geld, und gerade hier wurde in der letzten Zeit gespart.

Die Eltern als Schuldige zu bezeichnen, greift etwas kurz. Eltern sind Teil der Gesellschaft. Wie steht es mit Wertschätzung für schulisches Lernen? Welche Unterstützung erhalten Eltern, wie intensiv ist der Kontakt Eltern - Schule?

Die Leistungsfeststellungsverordnung schützt zu Recht vor Willkür, doch setzt sie falsche Signale durch Betonung des zuletzt durchgenommenen Stoffs. Kurzfristiges Büffeln vor Schularbeiten mit promptem Entsorgen des Stoffs nach Ablaufdatum sind die Folgen. Verständnis und Handlungskompetenz der Schülerinnen und Schüler werden gefordert, aber die Zeit für Fachstunden sinkt stetig - auch schulautonom.

Besonders stark war der Leistungsabfall in den Fachschulen. Welche Faktoren könnten dies erklären?

Finnland glänzt als großes Vorbild. Offensichtlich gelingt dort die Förderung der schwächeren Schüler in allen Bereichen besser als bei uns. Wäre hier nicht ein Ansatzpunkt?

Noch stehen tiefere Analysen - etwa zur Ausdauer während des zweistündigen Tests - aus. Der Bericht von G. Haider und C. Reiter *PISA 2003 - Internationaler Vergleich von Schülerleistungen* bietet viele erste Daten, z.B. auch zur Einstellung zu Mathematik - eine empfehlenswerte Lektüre!

2006 werden die Naturwissenschaften im Zentrum der PISA-Tests stehen. Neben Fachwissen wird Argumentieren und Anwenden gefordert sein. Zwei PISA-Aufgaben finden Sie in diesem Heft. Was werden wir im Dezember 2007 erfahren?

IMST² + NWW = MNI

IMST² ist nach vier Jahren zu Ende gegangen, von anfänglich 34 stieg die Beteiligung der Oberstufenschulen auf 64, also auf gut 10% der Zielgruppe. IMST³ setzt das Begonnene fort, besonders durch die Einrichtung von regionalen Netzwerken und den MNI-Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung. Die Naturwissenschaftswerkstatt (NWW) ist nach erfolgreicher zweijähriger Laufzeit in den neu eingerichteten MNI-Fonds aufgegangen, das NWW-Team setzt dort zusammen mit IMST²-Mitarbeiterinnen die Arbeit fort. (MNI = Mathematik, Naturwissenschaften, Informatik und verwandte Fächer)

Die Ausschreibung im Mai 2004 brachte über 200 Anträge. 115 Projekte zur Unterrichtsentwicklung und 15 Sachförderungen für fachdidaktische Dissertationen wurden bewilligt. Nicht das einmalige Schulprojekt, sondern die Entwicklung des normalen Unterrichts soll dabei unterstützt werden.

Nun naht die nächste Antragsrunde: Von 1. 3. bis 11. 4. 2005 können wieder Anträge gestellt werden. Diesmal sollen die Hauptschulen besonders zur Mitarbeit ermuntert werden.

Fortbildungswoche 21. - 25. 2. 2005

Späte Ferien und Studienbetrieb ab 1. März führen zu einer bedauerlichen Kollision mit den Semesterferien in Oberösterreich und Steiermark. Für 2006 wird eine Lösung gesucht.

Weltjahr der Physik 2005

50 Jahre nach Albert Einsteins Tod und 100 Jahre nach seinen drei fundamentalen Arbeiten von 1905, Lichtquantenhypothese, spezielle Relativitätstheorie und Brownsche Bewegung, wird das Weltjahr der Physik begangen. Zeigen Sie Ihre Beiträge zur ScienceWeek, zu Tagen der offenen Türe, zu Science on Stage auch bei **spiel.raum.physik**, der Abschlussveranstaltung im Rahmen der Tagung der Physikalischen Gesellschaft Ende September in Wien (s. <http://www.wyp2005.at>).

Nehmen Sie mit Ihren Schülerinnen und Schülern aktiv am Weltjahr der Physik teil! Naturwissenschaft als Erlebnis!

Ein erfolgreiches Jahr 2005 wünscht Ihnen im Namen des Vorstands

Ihr Helmut Kühnelt

PLUS LUCIS 2/2004 schließt den Jahrgang 2004 ab.

Lernen für die Welt von Morgen

Stellungnahme zur PISA Studie 2003

Der Vorstand des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts sendet das folgende Memorandum an Frau BM E. Gehler, die Vorsitzenden und die Bildungssprecher der politischen Parteien und an die Präsidenten der Landesschulräte.

Die PISA Studie 2003 hat anhand von Testaufgaben, die besonders das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte mit Lebensweltbezug überprüfen, den österreichischen 15-Jährigen einen Platz im Mittelfeld der OECD-Länder ausgewiesen. In der Öffentlichkeit ist ein Abrutschen in der Länderreihung bei den Untersuchungen aus Lesen und Naturwissenschaften besonders wahrgenommen worden, während die im Bereich Mathematik gegenüber PISA 2000 unveränderten Leistungen eher unbeachtet blieben.

Völlig überraschend kam das PISA-Ergebnis nicht. Immer wieder wurde in der Vergangenheit von Experten und auch in Stellungnahmen des Vereinsvorstands auf Problembereiche des naturwissenschaftlichen Unterrichts hingewiesen. PISA 2003 hat längst bekannte Probleme ans Tageslicht gebracht, darunter Schwierigkeiten beim Lesen und Interpretieren von textlicher und graphischer Information, beim Problemlösen, beim Umgang mit Unsicherheiten und offenen Fragestellungen.

Nach dem unbefriedigenden Abschneiden der österreichischen Maturanten/innen bei der TIMS-Studie 1995 wurde 1999 das IMST² Projekt (Innovations in Mathematics, Science and Technology Teaching) vom BMBWK beauftragt, Unterrichts- und Schulentwicklung in der Oberstufe zu fördern. Bald war klar, dass IMST² auf die Mittel- und später auf die Grundstufe ausgeweitet werden muss. IMST³ für Mittel- und Oberstufe begann daher am 1. Oktober 2004.

Die PISA-Ergebnisse sind Anlass zur verstärkten Qualitätsentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Hiezu legt der Verein einen Aktionskatalog in verschiedenen Bereichen vor.

Lehrplanumsetzung und Fortbildung

Die Ziele des Lehrplans 2000 (Hauptschule und AHS-Unterstufe) und des AHS-Lehrplans 2004 (Oberstufe) sind im Einklang mit den in PISA betonten Fähigkeiten, die neben dem Erwerb von Grundkenntnissen die kritische Bewertung, die Kommunikation und Anwendung in neuen Zusammenhängen, selbstständiges Arbeiten und den forschenden Zugang zu den Naturwissenschaften betreffen. Die Umsetzung der Ziele des Lehrplans kann nur dann erfolgreich sein, wenn die Lehrkräfte auf vielen Ebenen Unterstützung finden.

Daher gilt hier die Forderung nach verstärkter Lehrerfortbildung:

- Verpflichtende Fortbildung zur fachlichen wie fachdidaktischen Aufbereitung der Lehrziele und -inhalte

- Entwicklung von geeigneten Unterrichtsmethoden und -materialien zur Stärkung der Problemlösekompetenz
- verpflichtende Fortbildung jener Lehrkräfte, die fachfremd unterrichten müssen
- Fortbildung zur Gestaltung von effektivem und individualisiertem Unterricht
- Verstärkte schulinterne Fortbildung zur Unterstützung von Unterrichts- und -schulentwicklung.

Fortbildung ist keinesfalls Privatsache, sondern erfolgt als professionelle Entwicklung sowohl im individuellen als auch im institutionellen Interesse zur Qualitätssteigerung des naturwissenschaftlichen Unterrichts an Österreichs Schulen.

Schulausstattung, Klassengröße, Stundentafel

In vorbildlicher Weise wurde vor rund 20 Jahren den AHS eine Grundausrüstung für Schülerexperimente gegeben. Damit kann dem Lehrplanziel von selbstständigem und forschendem Arbeiten der Schüler/innen entsprochen werden. Zu fordern ist heute:

- Erneuerung des Programms zur Beschaffung von Schüler-Experimentierkästen wegen der fortschreitenden Abnutzung sowie die gleichzeitige Einschulung.
- Einrichtung einer analogen Ausstattung an den Hauptschulen
- Bei hoher experimenteller und individualisierter Eigentätigkeit der Schüler/innen ist die Klassenteilung oder der Einsatz eines Zweitlehrers in Klassen mit über 20 Schüler/innen notwendig und daher einzuführen.
- Die von EU und OECD (implizit durch die PISA Studien) angestrebte Entwicklung mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen in breiten Bevölkerungsschichten erfordert einen schülerzentrierten und schüleraktiven Unterricht mit intensiver Auseinandersetzung mit den Unterrichtsinhalten und benötigt entsprechende Unterrichtszeit. Die vorgenommenen Kürzungen der naturwissenschaftlichen Unterrichtszeit sollen daher zugunsten eines forschenden Unterrichts rückgängig gemacht werden.

Ausbildung

Zu fordern sind:

- Qualifizierte Fachausbildung verbunden mit fachdidaktischer und pädagogischer Kompetenz, Einführung von Standards für die Lehrerbildung.
- Fachdidaktik als Wissenschaft vom Lehren und Lernen in einem Fach muss als wissenschaftliches Fach an den Universitäten Ernst genommen werden. Die Einrichtung von Arbeitsgruppen und Lehrstühlen für fachdidaktische Forschung und Lehre in den Institutionen der Lehrerbildung mit Vernetzung in einem fachdidaktischen Zentrum ist dringend notwendig. Die Kooperation zwischen Pädagogischen

Akademien und Universitäten bei fachdidaktischen Forschungs- und Entwicklungsprojekten ist zu intensivieren.

Forderung an den Gesetzgeber und Schulaufsicht

- Rücknahme der immer wieder erfolgten Reduktionen des chemischen und physikalischen Unterrichts in Unter- und Oberstufe in allen Schularten
- Förderung von nachhaltigem Lernen durch Novellierung der Leistungsfeststellungsverordnung; Ausarbeitung von Alternativen zur traditionellen Beurteilung und verstärkte informelle Leistungsrückmeldungen; deutliche Unterscheidung der Lernphasen (Fehler führen zu neuem Verständnis und sind nicht negativ zu bewerten) von Phasen des Leistungsnachweises.
- Kontrolle schulautonomer Stundenumschichtungen auf Erreichbarkeit der Lernziele, insbesondere in Hinblick auf den Kernstoff.
- Die Arbeit in den Arbeitsgemeinschaften stellt ein wesentliches und gut erprobtes Element der Qualitätsentwicklung dar, das institutionalisiert und ausgebaut werden muss.

Schlussbemerkung

An Österreichs Schulen gibt es im naturwissenschaftlichen Bereich zahlreiche von engagierten Lehrkräften getragene Entwicklungen. Ein besonders gutes Beispiel ist die Entwicklung von Laborunterricht seit über 10 Jahren.

Zur Verbreitung und zum Erfahrungsaustausch leisten die zum Teil bereits eingerichteten regionalen Netzwerke und der Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung (MNI-Fonds) große Unterstützung.

Durch viele Jahre leisten der Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts und der Verband der Chemielehrer Österreichs wesentliche Beiträge zur Fortbildung durch die Organisation von Tagungen und Seminaren, bei denen dem Erfahrungsaustausch große Bedeutung zukommt.

FONDS FÜR UNTERRICHTS- UND SCHULENTWICKLUNG

Didaktik der Mathematik, Naturwissenschaften und Informatik

MNI-Fonds

Machen Sie mit!

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

Der MNI-Fonds lädt Lehrkräfte der Sekundarstufe (HS, AHS, BMHS, PTS, BS) zu Entwicklungsprojekten und Innovationsvorhaben in den MNI-Fächern ein. Er bietet fachliche, organisatorische und finanzielle Unterstützung für Ihr Projekt.

Focus 10 - 14

Die vom MNI-Fonds geförderten Projekte betreffen

- Lernen und Lehren mit neuen Medien
- Grundbildung und Standards
- Themenorientierung im Unterricht
- Interaktion im Unterricht
- Teambezogenes und selbstständiges Lernen
- Anwendungsorientierung und Berufsbildung

Information und elektronische Antragstellung von 1. 3. 2005 bis 11. 4. 2005 unter
<http://imst.uni-klu.ac.at/mni>

PISA 2003

Helmut Kühnelt

An Schulleistungsvergleichen nimmt Österreich erst seit 1995 teil. Bescheinigte die TIMS-Studie damals unseren Volks- und Unterstufenschülern gute Leistungen, so schockierten die Maturanten mit Leistungen aus Mathematik und Physik auf den letzten von etwa 20 Rängen. Umso willkommener war das gute Abschneiden bei der OECD-Vergleichsstudie PISA (Programme for International Student Assessment) im Jahr 2000 - wieder für das Ende der Mittelstufe relevant. G. Haider, der österreichische Koordinator dieser Studie, schrieb [1]:

"Scientific Literacy" (Naturwissenschafts-Kompetenz) war einer der beiden kleinen Fachbereiche ("minor domains") in PISA 2000 mit insgesamt 32 Testaufgaben. Trotzdem konnte auf Populationsebene ein informativer Vergleich der Naturwissenschafts-Kompetenz des Jahrgangs 1984 (also der 15-/16-Jährigen) gewonnen werden. Österreich hat dabei im Ländervergleich seine beste Platzierung (8.) erreicht...

Im Jahr 2003 wurden wieder 15-/16-Jährige getestet. Der 8. Platz hat nicht gehalten, es wurde ein 20. Platz von fast 40 Ländern, inmitten einer statistisch nicht sehr unterschiedlichen Gruppe von 14 Ländern. Der Abstand zu Finnland, dem Europasiieger, vergrößerte sich. Und nun schreibt Haider [2]: "... sind unsere 15-/16-Jährigen bestenfalls Mittelmaß."

Worum geht es bei PISA?

Bei PISA 2000 stand die Lesefähigkeit im Vordergrund, wobei nicht nur das flüssige Lesen, sondern vor allem Textverständnis und Bewertung wichtig waren. Auch das Interpretieren von Tabellen und Diagrammen war Teil der Aufgaben. Rund 4700 österreichische Schülerinnen und Schüler nahmen daran teil. Jeweils etwa die Hälfte nahm zusätzlich an einem Mathematik- bzw. Naturwissenschaftstest teil. Bei PISA 2003 war Mathematik der zentrale Testgegenstand. Lesen, Problemlösen und Naturwissenschaften waren Nebenbereiche, die ein Viertel der zweistündigen Testzeit (dazu noch 30 Minuten für allgemeine Fragen) beanspruchten. Im Jahr 2006 werden es die Naturwissenschaften sein, dann werden verteilt auf verschiedene Testhefte ca. 140 Fragen gestellt werden. 2003 nahmen 41 Länder teil, 2006 werden es 60 sein.

Was prüft PISA-Naturwissenschaften?

Naturwissenschaftliche Fragen erkennen, naturwissenschaftliches Wissen (vor allem Konzepte) anwenden und aus Belegen Schlussfolgerungen ziehen - diese Prozeduren stehen im Mittelpunkt des PISA-Tests. Für die eigenverantwortliche Lebensgestaltung junger Menschen ist die Fähigkeit, aus vorliegenden Informationen und Befunden angemessene und vorsichtige Schlussfolgerungen zu ziehen, Behauptungen anderer Personen anhand der angeführten Belege zu kritisieren und durch Belege gestützte Aussagen von bloßen Meinungen zu unterscheiden, überaus wichtig. Inhaltlich ist Naturwissenschaft in PISA aus österreichischer Sicht eine Summe der Fächer Physik, Chemie, Biologie und Umweltwissenschaft so-

wie Erdwissenschaften (als Teil der Geographie). Getestet wird nicht der aktuelle Schulstoff, sondern was im Lauf der Jahre "hängen" geblieben ist, es wird also die bisherige Schullaufbahn evaluiert.

Insgesamt 32 Testaufgaben setzt die OECD ein, um diese Fähigkeit bei den 15-/16-Jährigen zu messen. Ausgedrückt wird die Kompetenz in einem Punktwert. Die erreichten individuellen Punkte werden so skaliert, dass das OECD-Mittel 500, seine Standardabweichung 100 beträgt. Damit liegen 65% der Probanden zwischen 400 und 600 Punkten.

Veränderungen von PISA 2000 zu PISA 2003

Parallel zu den Ergebnissen im Lesen erfolgte in den Naturwissenschaften ein Leistungsrückgang, in Punkten von 519 auf 491 und stellt damit die größte negative Veränderung aller Länder dar. Nach Schularten ergab sich:

	2000	2003
AHS	573	566
BHS	555	539
BMS	486	453
BS	455	435
PTS	446	416

Es zeigt sich, dass die Leistungsschwächeren noch schwächer geworden sind. Die individuellen Leistungen sind stark damit korreliert, ob die Unterstufe in HS oder AHS absolviert wurde. Es wird also zu prüfen sein, was in den Hauptschulen passiert ist. Da der Test im Mai erfolgte, ist auch das erste Jahr in BHS und vor allem in den berufsbildenden mittleren Schulen wirksam. Welchen Stellenwert haben Naturwissenschaften, wie wird unterrichtet?

Da von den 32 Testaufgaben 27 mit den Aufgaben des Jahres 2000 übereinstimmen, liegt eine eindeutige Verschlechterung vor. Diese sollte man ernst nehmen. Ursachen sind nüchtern zu suchen, Maßnahmen bald anzugehen - für PISA 2006 kommen sie wohl zu spät.

Besonders schwierig scheinen Aufgaben zu sein, in denen auf der Basis von Daten Argumente für und wider eine Hypothese gefunden werden sollen. Untersucht werden sollte, welchen Einfluss die mit 2 Stunden ungewohnte Länge spielte, ob die österreichischen Schülerinnen und Schüler bei Multiple Choice-Aufgaben im Zweifel eher nichts ankreuzten.

Zwei Beispiele

Nur wenige Beispiele wurden bisher publiziert, da sie in den folgenden Untersuchungen wieder verwendet werden.

Tageslicht überprüft einerseits das Wissen um Tag und Nacht in einer Multiple Choice Aufgabe - allerdings eingebettet in al-

lerlei störende Information, und andererseits um die Jahreszeiten, indem die Stellung der Erdachse und des Äquators zur Wintersonnenwende qualitativ richtig in eine Skizze einzutragen sind. Während die erste Frage von 35 % richtig gelöst wurde, ist die zweite Frage mit 14 % eine große Hürde. (Interessant wäre, ob nicht eine etwas ansprechendere Textierung die Ergebnisse verändern würde.) Die Mittelwerte der OECD-Länder betragen 43 %, bzw. 19 %.

Ozon unterscheidet zunächst "gutes" und "schlechtes" Ozon und ihre Entstehungsarten, um dann auf die Bedeutung des stratosphärischen Ozons hinzuweisen. Die Aufgabe wird gestellt, dem Onkel die Entstehung von Ozon zu erklären. Was ist zum Lösen wichtiger, chemische Grundkenntnisse oder ein unbefangener Umgang mit verschiedenen Fragenformaten? Diese Aufgabe wurde nur bei PISA 2000 gestellt.

Gibt es Lehren für die Praxis?

Lassen Sie Ihre Schüler knobeln, Probleme lösen und argumentieren. Besondere Schwierigkeiten bereiten kontroverse Fragen. Welche Daten in einer komplexen Information sprechen für eine aufgestellte Behauptung, welche Daten sprechen gegen sie? Kann eine bestimmte Frage mit naturwissenschaftlichen Mitteln entschieden werden oder handelt es sich um eine ethische oder politische Frage? Machen Sie die Erklärungsmodelle, etwa das Teilchenmodell, deutlich. Stellen Sie Aufgaben auf verschiedenen Schwierigkeitsstufen und in verschiedenen Formaten. Üben Sie die selbständige Erarbeitung von Wissen. Helfen Sie allen Schülerinnen und Schülern, ihre Fähigkeiten optimal zu entwickeln - dies scheint in Finnland gut zu gelingen. Oder in Südtirol!

Literatur

- [1] Haider, G. (2002). Kompetenzprofil Naturwissenschaft. In C. Reiter & G. Haider (Hrsg.), *PISA 2000 - Lernen für das Leben. Österreichische Perspektiven des internationalen Vergleichs*. Innsbruck: StudienVerlag, S. 29-36
- [2] Haider, G. (2004). Resümee und Ausblick. In G. Haider & C. Reiter (Hrsg.), *PISA 2003 - Internationaler Vergleich von Schülerleistungen*. Graz: Leykam, S. 164

Weitere Informationen zu PISA 2003 finden Sie im Internet:

- <http://www.pisa.oecd.org>
- <http://www.pisa-austria.at>
- <http://pisa.ipn.uni-kiel.de>
- http://www.portal-stat.admin.ch/pisa/pisa_d.htm
- <http://www.schule.suedtirol.it>

Das Tageslicht am 22. Juni 2002

Wenn sich heute die Leute in der nördlichen Hemisphäre über den längsten Tag des Jahres freuen, erleben die Australier gleichzeitig den kürzesten.

In Melbourne^{*)} geht die Sonne um 7.36 Uhr auf und um 17.08 Uhr wieder unter: An diesem Tag ist es nur während neun Stunden und 32 Minuten hell.

Vergleichen wir den heutigen Tag mit dem längsten im Jahr in der südlichen Hemisphäre, der am 22. Dezember erwartet

wird: Die Sonne geht dann bereits um 5.55 Uhr auf und um 20.42 Uhr wieder unter, und spendet demnach während 14 Stunden und 47 Minuten ihr Licht.

Der Präsident der Astronomischen Gesellschaft, Perry Vlahos, erklärte, dass der Wechsel der Jahreszeiten in der nördlichen und südlichen Hemisphäre mit der 23-Grad-Neigung der Erde zusammenhängt.

^{*)} Melbourne ist eine Stadt in Australien, die sich ungefähr auf dem 38. Breitengrad südlich des Äquators befindet.

Frage 1: Tageslicht

Welche Aussage erklärt, warum es auf der Erde Tageslicht und Dunkelheit gibt?

- A Die Erde rotiert um ihre Achse.
- B Die Sonne rotiert um ihre Achse.
- C Die Erdachse ist geneigt.
- D Die Erde dreht sich um die Sonne.

Frage 2: Tageslicht

In der Abbildung wird gezeigt, wie Lichtstrahlen von der Sonne auf die Erde scheinen.

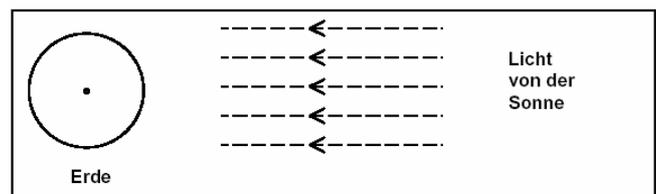


Abbildung: Lichtstrahlen von der Sonne

Nimm an, es wäre der kürzeste Tag in Melbourne.

Zeichne die Erdachse, die nördliche Hemisphäre, die südliche Hemisphäre und den Äquator in die Abbildung ein. Beschrifte alle Teile deiner Antwort.

Ozon

Lies den folgenden Ausschnitt aus einem Artikel über die Ozonschicht.

Die Atmosphäre ist ein Ozean aus Luft und eine wertvolle natürliche Ressource für die Erhaltung des Lebens auf der Erde. Leider schädigen menschliche Aktivitäten, die auf nationalen/persönlichen Interessen beruhen, diese gemeinsame Ressource vor allem dadurch, dass sie die empfindliche Ozonschicht zerstören, die als Schutzschild für das Leben auf der Erde dient.

Ozonmoleküle bestehen aus drei Sauerstoffatomen im Gegensatz zu Sauerstoffmolekülen, die aus zwei Sauerstoffatomen bestehen. Ozonmoleküle sind äußerst selten: Auf eine Million Luftmoleküle kommen weniger als zehn Ozonmoleküle. Dennoch spielt ihr Vorhandensein in der Atmosphäre seit nahezu einer Milliarde Jahren eine entscheidende Rolle für den Schutz des Lebens auf der Erde. Je nachdem, wo das Ozon sich befindet, kann es das Leben auf der Erde schützen oder schädigen.

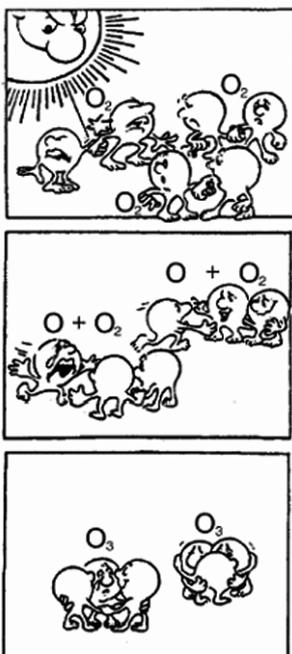
Das Ozon in der Troposphäre (bis zu 10 km über der Erdoberfläche) ist "schlechtes" Ozon, das das Lungengewebe und die Pflanzen schädigen kann. Aber rund 90 Prozent des Ozons in der Stratosphäre (10 bis 40 km über der Erdoberfläche) ist "gutes" Ozon, das bei der Absorption der gefährlichen ultravioletten Strahlung der Sonne (UV-B) eine sehr nützliche Rolle spielt.

Ohne diese nützliche Ozonschicht wären die Menschen wegen der verstärkten Einwirkung der ultravioletten Sonneneinstrahlung viel anfälliger für bestimmte Krankheiten. In den letzten Jahrzehnten hat der Ozongehalt abgenommen. 1974 wurde die Hypothese aufgestellt, dass Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) eine Ursache dafür sein könnten. Bis 1987 war die wissenschaftliche Beurteilung von Ursache und Wirkung nicht überzeugend genug, um FCKW verantwortlich zu machen.

Im September 1987 trafen sich jedoch Diplomaten aus der ganzen Welt in Montreal (Kanada) und vereinbarten eine strenge Begrenzung der Verwendung von FCKW.

Frage 1: OZON

Im obigen Text wird nichts darüber gesagt, wie das Ozon in der Atmosphäre gebildet wird. Tatsache ist, dass jeden Tag Ozon gebildet wird und anderes Ozon verschwindet. Die Bildung von Ozon ist im folgenden Comicstrip illustriert.



Nehmen wir an, du hättest einen Onkel, der versucht, die Bedeutung dieses Comicstrips zu verstehen. Er hatte allerdings keinen naturwissenschaftlichen Unterricht in der Schule und versteht deshalb nicht, was der Autor hier erklärt. Er weiß, dass es keine kleinen Männchen in der Atmosphäre gibt, aber er fragt sich, was denn diese Männchen im Comicstrip darstellen, was diese seltsamen Bezeichnungen O_2 und O_3 bedeuten und welche Prozesse der Comicstrip beschreibt. Er bittet dich, ihm den Comicstrip zu erklären. Nimm an, dass dein Onkel weiß:

- dass O das Symbol für Sauerstoff ist,
- was Atome und Moleküle sind.

Schreibe eine Erklärung des Comicstrip für deinen Onkel. Verwende in deiner Erklärung die Wörter Atome und Moleküle so, wie sie in Absatz 2 verwendet werden.

Frage 2: OZON

Im 4. Absatz steht: "Ohne diese nützliche Ozonschicht wären die Menschen wegen der verstärkten Einwirkung der ultravioletten Sonneneinstrahlung viel anfälliger für bestimmte Krankheiten."

Nenne eine dieser Krankheiten:

Frage 3: OZON

Am Ende des Textes wird ein internationales Treffen in Montreal erwähnt. Bei diesem Treffen wurden zahlreiche Fragen bezüglich des möglichen Abbaus der Ozonschicht diskutiert. Zwei dieser Fragen erscheinen in der folgenden Tabelle.

Können die folgenden Fragen durch wissenschaftliche Forschung beantwortet werden?

Kreise jeweils Ja oder Nein ein.

Frage	Durch wissenschaftliche Forschung zu beantworten?
Sollten bestehende wissenschaftliche Unsicherheiten bezüglich des Einflusses von FCKW auf die Ozonschicht für Regierungen ein Grund sein, keine Maßnahmen zu ergreifen?	Ja / Nein
Wie hoch wäre die Konzentration von FCKW in der Atmosphäre im Jahr 2002, wenn der Ausstoß von FCKW in die Atmosphäre dauernd so hoch bliebe wie jetzt?	Ja / Nein

Frage 4: OZON

Ozon entsteht auch bei Gewittern. Es verursacht den typischen Geruch nach einem Gewitter. Der Autor unterscheidet im dritten Absatz zwischen "schlechtem Ozon" und "gutem Ozon".

Ist das Ozon, das bei Gewittern entsteht, nach den Aussagen des Artikels "schlechtes Ozon" oder "gutes Ozon"?

Wähle die Antwort und Erklärung, die im Text enthalten ist.

Schlechtes Ozon oder gutes Ozon?	Erklärung
A Schlecht	Es entsteht bei schlechtem Wetter.
B Schlecht	Es entsteht in der Troposphäre.
C Gut	Es entsteht in der Stratosphäre.
D Gut	Es riecht gut.

Der Erkenntnisweg als didaktische Dimension des Physik- und Chemieunterrichts

Erwin Kaufmann

Seit die Didaktik erkannt hat, dass es das eine und einzige erfolgreiche und für jeden Schüler geeignete Lehrverfahren nicht geben kann, u.a. weil es eben auch den einen und einzigen Schüler, der so und so "beschaffen" ist, nicht gibt, ist auch klar, dass die Lehrerbildung sich darum bemühen muss, dass die Studierenden ein *Repertoire an Methoden* erwerben, über das sie in ihrem späteren Beruf situationsabhängig verfügen können. Dazu kann es nützlich sein, sich um ein *Gerüst* für diese Methoden umzusehen. Ein Ansatz hierfür wird im Folgenden vorgestellt.

Ziel des Physik- und Chemieunterrichtes (PCU) ist (u.a.) die Vermittlung physikalischer und chemischer Erkenntnisse, die die Wissenschaft im Laufe der Jahrhunderte gewonnen hat. Die Schüler sollen wichtige Naturgesetze kennen und über sie verfügen beim Erklären und Voraussagen von für sie neuen Einzelercheinungen.

Wesentliches Merkmal dieser Erkenntnisse ist die Tatsache, dass sie nur durch Anwendung bestimmter *Forschungsmethoden* (Beobachtung, Hypothese, Experiment, logisches Schließen, ...) zugänglich sind, d.h. gewonnen wurden und verstanden werden können.

Der PCU darf die *Erkenntnisse* daher nicht als fertige Ergebnisse bloß verbal übermitteln, wenn sie verstanden, in die kognitive Struktur des Lernenden integriert und zur Übertragung auf neue Fälle bereitgestellt werden sollen. Ziel des PCU ist also auch die Vermittlung eines *Einblicks* in die naturwissenschaftlichen Grundsätze und Methoden der *Erkenntnisgewinnung*.

Der PCU darf folglich nicht nur die *Begriffe und Gesetze selbst* zu vermitteln versuchen, sondern er muss auch zeigen, was die allgemeinen und allgemeingültigen Erkenntnisse mit der *Alltagswelt* des Schülers zu tun haben, was mit ihrer Kenntnis für die Erklärung und Voraussage von Ereignissen gewonnen ist; und der PCU muss drittens zeigen (oder wenigstens erkennen lassen), *wie*, d.h. auf welchem *Weg* die zu vermittelnden Erkenntnisse gewonnen wurden bzw. gewonnen werden können, d.h.:

- Der PCU kann nicht ohne das *Experiment* auskommen.
- Der PCU sollte sich auch um einen möglichst "*natürlichen*" *Denkweg* bemühen, wie Ergebnis und Experiment zusammenhängen, besser: wie man über das Experiment zu den Ergebnissen gelangen kann.
- Das bedeutet: Der PCU sollte wenigstens gelegentlich die *Funktion (Stellung) des Experimentes* in der Naturwissenschaft (z.B. zur Überprüfung von Hypothesen, zur näheren Untersuchung von Zusammenhängen) und die *logischen*

Prozesse (z.B. Induktion, Deduktion, Reduktion) berücksichtigen.

Es wird somit ein *Leitsatz* (Prinzip) postuliert:

Der unterrichtliche Vermittlungsprozess (und ebenso der angestrebte individuelle Erkenntnisprozess des Schülers) sollte sich jeweils an tatsächlichen oder möglichen Erkenntnisgewinnungsprozessen der Naturwissenschaft orientieren.

In der Praxis begegnet man drei methodischen Ansätzen der Vermittlung, die sich durch die jeweilige Stellung (Anordnung) von *Beobachtung am Einzelfall*, *Erkenntnis* und *Experiment* unterscheiden (drei verschiedene Erkenntniswege oder Wege hin zur Erkenntnis).

1. Das ergebnisorientierte Vorgehen

Die "fertige" Erkenntnis (eine Verallgemeinerung, häufig ein Gesetz) wird mitgeteilt. Das darauf folgende Experiment dient der "Bestätigung" der Gültigkeit der Erkenntnis, indem eine konkrete Voraussage auf Grund der Erkenntnis experimentell überprüft wird. Danach wird die Erkenntnis auf weitere konkrete Situationen (Einzelfälle) angewendet (zur Erklärung weiterer Einzelfälle benutzt).

Schema:



Dieser Ansatz kehrt den Erkenntnisgewinnungsprozess geradezu um. Er verzichtet darauf zu zeigen, welcher Denkweg zur Erkenntnis führt. Das Experiment hat keine Aufgabe beim Erkenntnisgewinn, sondern dient der nachträglichen Bestätigung übernommener Ergebnisse.

Das Experiment als *abschließender Teil* eines Prozesses der Erkenntnisübermittlung in einem ergebnisorientierten, informierenden Unterricht dient

- a) der *Demonstration* (z.B. der Wirkungsweise eines technischen Gerätes) oder
- b) der "*Bestätigung*" (der Gültigkeit eines bloß mitgeteilten Gesetzes) oder
- c) der *Veranschaulichung/Illustration* von Erkenntnissen (z.B. von Modellvorstellungen)

Merkmale:

- Das Experiment sucht in diesem Fall keine Antwort auf Fragen, sondern soll zeigen, dass der mitgeteilte Sachver-

OSTr Erwin Kaufmann hat an der Pädagogischen Akademie der Erzdiözese Wien die Ausbildung für Physik/Chemielehrer geleitet.
E-mail: e.kaufmann@aon.at

halt, Zusammenhang usw. zutrifft (zu wahren Voraussagen führt).

- Das Ergebnis des Experimentes ist im Voraus bekannt. Der Beobachter weiß, worauf er achten muss.

Bedingungen und Beispiele für eine sinnvolle Anwendung des Verfahrens:

Man wird sich (gelegentlich) zum ergebnisorientierten Verfahren entschließen, wenn aus Zeitmangel ein stringentes Vorgehen erzwungen wird und/oder wenn das hinführende Verfahren zu aufwendig oder schwierig eingeschätzt wird und/oder wenn eine aktive Rolle der Schüler im Findungsprozess nicht zu erwarten ist.

- Generator- und Transformatormodell, Bleiakkumulator, Fotoapparat, Diode; Modellversuch zur Wirkungsweise des Telefonhörers, des Mikrofons
- Ohmsches Gesetz, u.U. Fallgesetze, Unabhängigkeitsgesetz, Modellversuch für Elementarmagneten; schräg am Luftstrahl "hängender" TT-Ball;
- Duckkraft als Summe der Stöße aufprallender Stahlkugeln - für Luftdruck!

2. Das versuchsorientierte Vorgehen

Ein Experiment steht am Beginn des Vermittlungsprozesses und dient der direkten *Herleitung* einer Erkenntnis. Danach wird gezeigt, was die Erkenntnis leistet (Anwendung auf Einzelfälle in Alltagssituationen).

Schema:



Dieser Ansatz gibt dem Experiment zumindest die Funktion, dass es *vor* der Erkenntnis kommt und zu ihr hinführt. Es wird aber dem Lernenden oft abrupt, unmotiviert, jedenfalls in fertiger Anordnung präsentiert.

Das Erkundungs-, Untersuchungs- oder historische Experiment als *Ausgangspunkt* des Unterrichts dient

- der *Problemgewinnung, Fragestellung*
- der *Begegnung, dem Vertrautmachen mit Phänomenen*
- der direkten, unmittelbaren *Gewinnung eines gesetzmäßigen Zusammenhanges* aus einer vorgegebenen Versuchsanordnung (und - gegebenenfalls - einer Versuchsanleitung)

Versuchseinleitung und -ablauf werden vom Lehrer gesteuert.

Beispiele für eine (wahrscheinlich) "legitime" Anwendung des Verfahrens:

- Alltagsbeobachtungen und -erfahrungen als unmittelbare Repräsentanten eines Phänomens
 - Wärmeströmung im Suppentopf
 - Schmelzen von Paraffin in der Kerze; Bleigießen
 - Dispersion des Lichtes am Kristalluster (Verallgemeinerung)
- historische Entdeckungen und Beobachtungen:
 - Galvani (galvanische Zellen)
 - Oersted (magnetische Wirkungen des elektrischen Stromes)
 - Faraday (Induktionsversuch)

- Guericke (Nachweis des Luftdruckes)

c) Laborexperimente:

- mehrere frei drehbar aufgehängte Stabmagnete (führen zum Erdmagnetismus)
- Gewichtszunahme von Stahlwolle beim Glühen
- Elektrolyse von Wasser
- Münzenversuch zur Lichtbrechung
- Drehstromversuche
- fortlaufende Teilung eines Stabmagneten

Diskussion:

Nachteile des Verfahrens:

- Der Schüler weiß zunächst nicht, worauf er achten soll, was das Experiment zeigen wird.
- Das Experiment steht in keinem Denkkontext. Der Schüler fragt sich, wie jemand auf die Idee kommen konnte, ein Experiment gerade so durchzuführen, ohne zu wissen, worauf er hinaus will. Der Schüler erfährt nichts über die Funktion eines Experimentes in der Wissenschaft.

Argumente und Bedingungen für eine "berechtigte" Anwendung des Verfahrens:

Das Experiment steht dann mit Recht am Beginn des Unterrichts,

- wenn es keine Alltagsbeobachtungen gibt, die direkt zu Hypothesen führen könnten,
- wenn ein deduktives Vorgehen nicht in Frage kommt, weil die Entwicklung von Hypothesen von den Schülern nicht erwartet werden kann,
- wenn ein an der Geschichte orientiertes oder logisch-entwickelndes, problemorientiertes Vorgehen zu zeitaufwendig erscheint.

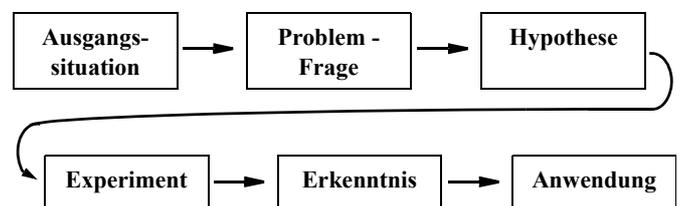
Nicht ratsam ist die Anwendung des Verfahrens, wenn es Alltagsbeobachtungen gibt, die wenigstens hindeuten auf einen im Experiment (später) zu demonstrierenden Zusammenhang oder ein Phänomen;

Negativbeispiel: Einstiegsexperiment zur Demonstration der Lichtbrechung mittels Reuterlampe, optischer Scheibe und Halbkreisscheibe aus Acrylglas.

3. Das Problem- (oder Prozess-)orientierte Vorgehen

Beobachtungen in einer konkreten Ausgangssituation führen zu einer Problemerkennung. Das Experiment wird aus Fragestellungen und möglichen Antworten erst entwickelt und dient der Problemlösung, also der Überprüfung von Annahmen/Vermutungen über gesetzmäßige Zusammenhänge oder der quantitativen Untersuchung von Zusammenhängen. Anschließend wird die Erkenntnis zur Erklärung der Ausgangsbeobachtung sowie weiterer Einzelfälle herangezogen (Anwenden).

Schema:



Nur dieser Ansatz enthält einen kontinuierlichen Denkweg und macht mit der für die Naturwissenschaften typischen Stellung des Experimentes im Erkenntnisgewinnungsprozess vertraut.

Das Experiment als Stufe/Schritt im Denkprozess beim problemorientierten Unterricht sucht also Antwort auf eine Frage und dient der Problemlösung:

- zur Überprüfung von Hypothesen oder
- zur näheren (z.B. quantitativen) Untersuchung eines bereits qualitativ erkannten Zusammenhanges.

Beispiele:

- a) zur Hypothesenprüfung:
- Wärmeströmungsrahmen
 - Magdeburger Halbkugeln

b) zur Variablenfindung oder -prüfung und zur Untersuchung eines Zusammenhanges:

- Wovon könnte die Höhe der induzierten Spannung abhängen beim Eintauchen eines Magneten in eine Spule? (Dicke des Drahtes, Windungszahl, Stärke des Magneten, Geschwindigkeit beim Eintauchen?)
- Wie ändert sich die Sekundärspannung beim Transformator, wenn die Windungszahl der Sekundärspule doppelt, dreimal, usw. so groß gemacht wird wie die der Primärspule?

Diese drei Ansätze eines *Erkenntnisweges* können nun mit verschiedenen *Lehrformen* kombiniert werden: dem darbietenden, dem erarbeitenden und dem aufgebenden Verfahren; sodass sich eine - zunächst vereinfacht - in der folgenden Tabelle dargestellte Matrix ergibt. (KA = Klassenarbeit, EA = Einzelarbeit, GA = Gruppenarbeit, PA = Partnerarbeit)(

METHODEN DES PHYSIK- UND CHEMIEUNTERRICHTS

DIREKTER UNTERRICHT Interaktion Lehrer - Schüler		Ursprünglichkeit des Denkweges / Ausmaß der Anwendung naturwissenschaftlicher Verfahren der Erkenntnisgewinnung →		
		Erkenntnis → Exp. ergebnisorientiert	Experiment → Erk. versuchsorientiert	Probl. → Exp. → Erk. problemorientiert
Ausmaß der eigenständigen Schüleraktivität / LEHRFORM ↓	darbietend dominierende Sozialform: Klasse (KA, Frontalunterricht)	L		
	erarbeitend dominierende Sozialform: KA → EA, PA, GA → KA	(Lehrvortrag/Demonstration) IMPULSE LEHR- UND UNTERRICHTSGESPRÄCH Gruppenarbeit / Schülerexperiment Ausführen von Aufträgen; Vollzug einzelner Denkschritte, eigenständige Beiträge der Schüler		
	aufgebend dominierende Sozialform: EA - PA/GA - (KA)	S		
		EIGENSTÄNDIGER VOLLZUG DER DENK-, HANDLUNGS- UND LÖSUNGSSCHRITTE durch die Schüler Funktion des Lehrers: Anregen, Kontrollieren, Helfen		

Das aufgebende Verfahren geht nahtlos über in mediengesteuerte, *indirekte* Unterrichtsformen mithilfe von

- Lehrfilmen und Lehrtexten (darbietend/übernehmend),
- linearen oder verzweigten Lernprogrammen (anleitend, führend / mit Hilfen findend) und
- Schülerexperimenten nach schriftlichen Anweisungen (straff oder mit Impulsen führend / selbstständig aneignend)

Zwei Anmerkungen

a) zur darbietenden Lehrform

Gelegentlich wird in der fachdidaktischen Literatur und in der schulpraktischen Ausbildung die Darbietung "an sich" gescholten und als "unzeitgemäß" und ohne sinnvolle Berechtigung abgelehnt. Das geschieht mit Sicherheit zu Unrecht. Vor allem dann, wenn der Lehrvortrag die folgenden Kriterien erfüllt:

- Der gesprochene oder gedruckte Text hat ein hohes Maß an Verständlichkeit hinsichtlich
 1. Einfachheit,
 2. Kürze-Prägnanz,
 3. Gliederung/Ordnung (z.B. problemorientiert und/oder historisch-nacherzählend),

4. zusätzliche Anregung (vgl. Groeben, Schulz von Thun, Tausch).

- Der Vortragende beachtet wichtige rhetorische Grundregeln (hinsichtlich Sprechtechnik, Ausdrucksbewegungen, Kontakt zu den Zuhörern, ...)
- Die Informationsübermittlung macht sinnvollen Gebrauch von unterstützenden Medien (Tageslichtprojektor, Dias, Kurzfilm, ...)

Wogegen man sich deutlich aussprechen muss, ist die ausschließliche oder überwiegende Anwendung dieser Unterrichtsform; aber optimal aufbereitet, ist der Lehrvortrag ein unverzichtbarer Bestandteil des methodischen Repertoires eines Physik- und Chemielehrers. Wir können und wollen nicht darauf warten, bis die Schüler den Atombau von selbst "entdecken", aber wir müssen ihre Begegnung mit diesem Konzept so eindrucksvoll wie möglich gestalten und auf so vielfältige Weise verankern und verknüpfen, dass das Wissen zum "internalisierten" geistigen Bestand der Schüler wird.

b) zum geführt-entdeckenden Lernen

Andererseits weiß jeder Lehrer, der zum ersten Mal erfährt, was es für die Schüler bedeutet mitzuerleben bzw. mit dazu beizutragen, dass ein Gesetz entdeckt wird, dass eine Gesetz-

mäßigkeit sich erst im Unterrichtsverlauf "zu erkennen gibt", wie lohnend es sein kann, sich Zeit (und Mühe) zu geben. Der Zugang der Schüler zum "Lehrstoff" im entdecken-lassenden oder geführt-entdeckenden, im forschenden oder problemorientierten Unterricht, ist nicht qualitativ anders als der des Wissenschaftlers. Und er motiviert und aktiviert, er fördert das Verstehen von Zusammenhängen und verbessert die Behaltensleistungen, macht das Wissen besser übertragbar, anwendbar auf (subjektiv) neue Situationen. Wie ein solcher Unterricht geplant und durchgeführt werden kann, müsste in einem getrennten Beitrag gezeigt werden.

Literatur

- Groeben, N. (1972). *Die Verständlichkeit von Unterrichtstexten*. 2. erw. Aufl., Münster 1978.
- Langer, I., Schulz v. Thun, W. & Tausch, R.: *Verständlichkeit in Schule, Verwaltung, Politik und Wissenschaft*. Ernst Reinhardt Verlag, München 1974.
- Schulz von Thun, F.: *Miteinander reden: Störungen und Klärungen*. Rowohlt Taschenbuchverlag GmbH, Reinbeck bei Hamburg, 1985.

DPG-Fortbildungskurse für Physiklehrer

im Physikzentrum Bad Honnef

Kurs 1: 13. bis 17. Juni 2005

Zum Einstein-Jahr 2005: Spezielle und allgemeine Relativitätstheorie

Wissenschaftliche Leitung:

Prof. Dr. Karl-Heinz Lotze, Friedrich Schiller-Universität Jena
PD Dr. Ute Kraus, Eberhard-Karls-Universität Tübingen

Die Relativitätstheorie prägt unsere heutigen Vorstellungen über Raum, Zeit und Materie. Im Einstein-Jahr 2005, hundert Jahre nach der Grundlegung der Speziellen und neunzig Jahre nach der Vollendung der Allgemeinen Relativitätstheorie, werden Albert Einstein und seine Theorien durch Ausstellungen und Medienberichte verstärkt ins öffentliche Interesse rücken. Da auch das Interesse von Schülern an diesem Thema generell groß ist, sollte das Einstein-Jahr Anlaß sein, Relativitätstheorie verstärkt in der Schule zum Thema zu machen. In dieser Lehrerfortbildungswoche sollen daher Anregungen für den Unterricht über Spezielle und Allgemeine Relativitätstheorie gegeben und schulisch erprobte Konzepte vorgestellt werden. Die Nachmittagsvorträge behandeln die Relativitätstheorie als aktuellen Forschungsgegenstand und bewährtes Werkzeug nicht nur zum Beschleunigerbau und zur Satellitennavigation, sondern vor allem zum Verständnis moderner Astrophysik und Kosmologie. Auch Einsteins Beiträge zur Quantentheorie sollen zur Sprache kommen. Vier Abendvorträge sind schließlich Einsteins Biographie, seinem Verhältnis zu Philosophie, Religion und Kunst sowie seinem Wirken in der Öffentlichkeit gewidmet.

Kurs 2: 27. Juni bis 1. Juli 2005

Laser: Grundlagen, Anwendungen und aktuelle Entwicklungen

Wissenschaftliche Leitung:

Prof. Dr. Werner Schneider, Universität Erlangen-Nürnberg
Prof. Dr. Michael Vollmer, FH Brandenburg

Seit der erstmaligen Realisierung vor über 40 Jahren hat sich der Laser vom reinen Objekt der Grundlagenforschung hin zu einer modernen Lichtquelle für vielfältige Anwendungen in Wissenschaft und Technik gewandelt. Beispiele aus der Forschung betreffen u.a. höchstauflösende Spektroskopie, Laserkühlung, Entwicklung und Nutzung von extrem kurzen Laserpulsen oder auch die Entwicklung leistungsstarker Halbleiterlaser für einen weiten Spektralbereich. Technische Anwendungen sind in vielen Bereichen zu finden: z.B. in der Messtechnik, der Materialbearbeitung, aber auch in der Medizin. Mit dem Thema Laser soll auch ein Beitrag zum Einsteinjahr, dem internationalen Jahr der Physik 2005, geleistet werden. Einstein hat bereits 1917 einen wesentlichen Beitrag zur theoretischen Grundlage des Lasers veröffentlicht. Einstein spielt weiterhin bei einem aktuellen Forschungsgegenstand, der Bose-Einstein-Kondensation eine entscheidende Rolle. Ohne Laser hätte man sie nicht realisieren können. Neben dem Bezug zu Einstein werden die angebotenen Vorträge sowohl forschungs- als auch anwendungsbezogene Themen beinhalten.

Informationen: <http://www.pbh.de>

<p>LEHR-/LERNFORM, ① als direkter Unterricht, gekennzeichnet durch: von oben nach unten zunehmendes Ausmaß der eigenständigen Aktivität der Schüler beim Denken und Tun bzw. abnehmendes Ausmaß der (direkten oder indirekten) Lenkung bzw. Führung durch den Lehrer</p>	<p>ART DER ERKENNTNISÜBERMITTLUNG BZW. -GEWINNUNG: Die Stellung der Erkenntnis (des Ergebnisses) im Unterrichtsgang kennzeichnet den Weg: von links nach rechts zunehmende Annäherung an „primäre, natürliche Denkwege“ und Möglichkeit der Anwendung naturwissenschaftlicher Methoden der Erkenntnisgewinnung</p>		
	<p>(1) ergebnisorientiert (bestätigend)</p>	<p>(2) versuchsorientiert (herleitend)</p>	<p>(3) problem- und prozessorientiert (induktiv/deduktiv)</p>
	<p>1. MITGETEILTE ERKENNTNIS steht am Anfang 2. VORAUSSAGE / ERKLÄRUNG eines Einzelfalles zeigt Anwendung der Erkenntnis 3. EXPERIMENT überprüft Voraussage und bestätigt Erkenntnis</p>	<p>1. vorgegebenes EXPERIMENT steht am Anfang 2. VERSUCHSAUSWERTUNG führt zu Erkenntnis (Ergebnis) 3. ANWENDUNGSAUFGABEN zeigen Bedeutung der Erkenntnis</p>	<p>1. BEOBACHTUNG 2. PROBLEMATISIERUNG der Beobachtung 3. LÖSUNGSANSATZ 4. EXPERIMENTELLE Überprüfung 5. ERGEBNIS 6. ANWENDUNGSAUFGABEN</p>
<p>(A) DARBIETEND (gebend/übernehmend) Die Schüler übernehmen fertige Ergebnisse oder vollziehen vorgegebene Denkschritte nach. Vorherrschende Aktions- und Sozialformen: Frontalunterricht * Lehrvortrag, *Demonstrationsexperiment</p>	<p>INFORMIEREND-ERKLÄRENDE DARBIETUNG UND DEMONSTRATION 1. Ergebnis-übermittelnder Lehrvortrag 2. Entwicklung einer das Ergebnis anwenden- den Voraussage 3. Demonstrationsexperiment zur Bestätigung der Voraussage 4. Darbietung von Anwendungsbeispielen</p>	<p>DEMONSTRIEREND-HERLEITENDE DARBIETUNG 1. Demonstrationsexperiment 2. versuchsauswertende Herleitung und Formulierung der Erkenntnis im Lehrvortrag 3. Darbietung von Beispielen zur Anwendung der gewonnenen Erkenntnis</p>	<p>PROBLEMORIENTIERTE/HISTOR.- GENET. DARBIETUNG UND DEMONSTRATION 1. problemaufzeigender und Lösungsansatz entwickelnder Lehrvortrag 2. Hypothese überprüfendes Demonstrationsexperiment; Formuliert d. Erkenntnis 3. Darbietung von Beispielen zur Anwendung der gewonnenen Erkenntnis</p>
<p>(B) ERARBEITEND (anleitend-führend/mit Hilfen findend) Die Schüler führen Aufträge/Anweisungen aus, vollziehen einzelne Denkschritte mit Lehrerhilfe selbst, liefern aktiv Beiträge. Vorherrschende Aktions- und Sozialformen: Lehr- und Unterrichtsgespräch, angeleitete Gruppenarbeit (Schülerexper.)</p>	<p>INFORMIERENDE DARBIETUNG UND ANGELEITETES EXPERIMENTIEREN 1. Ergebnis-Mitteilung im Lehrvortrag 2. Erarbeiten einer Voraussage im Unt.gspr. 3. überprüfendes Schülerexperiment nach Anweisung 4. angeleitetes Lösen von Anwendungsaufgaben</p>	<p>ANGELEITETES EXPERIMENTIEREN UND GEMEINSAMES AUSWERTEN 1. Schülerexperiment nach Anweisungen 2. Gewinnung und Formulierung der Erkenntnis im auswertenden Lehr- oder Unterrichtsgespräch 3. Angeleitetes Lösen von Übungsaufgaben zur Anwendung</p>	<p>GELENKT PROBLEMLÖSENDES ERARBEITEN/EXPERIMENTIEREN a) „sokratisches“, kurzschrittig hinführendes Verfahren (Impulskette) oder b) geführt entdeckendes Verfahren („Genetisches Lehren“¹, „Forschender Unterricht“², „Normalverfahren“³) * angeleitetes Lösen v. Anwendungsaufg.</p>
<p>(C) AUFGEBEND (anregend/selbstständig aneignend) Die Schüler wählen und vollziehen alle Denk- und Handlungsschritte eigenständig. Vorherrschende Aktions- und Sozialformen: Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit (freies Schülerexperiment)</p>	<p>INFORMIERENDE DARBIETUNG UND SELBSTSTÄNDIGES EXPERIMENTIEREN 1. Ergebnis-Mitteilung im Lehrvortrag 2. selbstständiges Gewinnen einer Voraussage in EA und GA 3. selbstständiges Entwickeln, Durchführen u. Auswerten eines Schülerexperimentes 4. selbstständiges Lösen von Anwendungsaufgaben</p>	<p>ANGELEITETES EXPERIMENTIEREN UND SELBSTSTÄNDIGES AUSWERTEN 1. Schülerexperiment nach Anweisungen 2. selbstständige Gewinnung der Erkenntnis aus dem Experiment 3. selbstständiges Lösen von Anwendungsaufgaben</p>	<p>ENTDECKEN LASSENDEr UNTERRICHT („SELF-DISCOVERY LEARNING“) * L: Arrangieren einer konkreten Ausgangssituation zur Problemfindung * SS: Der weitere Denk- bzw. Lösungsprozess soll selbstständig ablaufen (in verschiedenen Sozialformen)</p>

1 Martin WAGENSCHN: Verstehen lehren. Beltz Bibliothek, Band 1. Weinheim, Berlin, Basel 1970, 2. Aufl. –

2 FRIES/ROSENBERGER: Forschender Unterricht. Verlag Moritz Diesterweg, Frankfurt/M 1970, 2. Aufl.

3 Hans MOTHES: Methodik und Didaktik der Naturlehre. Aulis Verlag Deubner & CO KG, Köln 1963 4. Aufl.

EA = Einzelarbeit, PA = Partnerarbeit, GA = Gruppenarbeit, KA = Klassenarbeit

Physik lernen mit Neuen Medien?

Virtuelle Untersuchungen an simulierten Systemen - ein Beispiel aus der Unterrichtspraxis

Hildegard Urban-Woldron

Die Potenziale von Bildungsmedien kommen erst zum Tragen, wenn die Lernangebote die Intensität der individuellen Auseinandersetzung sicher stellen und ein bloß oberflächliches Browsen verhindern (Kerres, 2001, S.178).

Zu einem gelungenen Physikunterricht gehören Experimente. Computersimulationen und elektronische Lernmedien erweitern hier das Spektrum für einen effektiven Unterricht. Neue Medien können als Werkzeug eingesetzt werden, um die Verbindung zwischen dem Phänomen und der zugrunde liegenden physikalischen Struktur herzustellen und so die Bildung mentaler Modelle fördern. Eine virtuelle Anreicherung des Physikunterrichts kann niemals als Ersatz sondern nur als Ergänzung für das Realexperiment gedacht sein und sollte einen "Mehrwert" gegenüber herkömmlichen Materialien aufweisen. Nach meiner Einschätzung wird der Computer immer dann sinnvoll einzusetzen sein, wenn ein Lernziel mit Hilfe der neuen Medien durch anschaulichere Darstellungsmöglichkeit oder schnellere Umsetzbarkeit effizienter zu erreichen ist, oder wenn ein Lernziel überhaupt nur so zu erreichen ist, wie z.B. bei der Messwerterfassung, der Recherche aktueller Informationen oder bei der Simulation von in der Schule nicht durchführbarer Experimente.

Beim selektiven Einsatz neuer Technologien sollte immer überlegt werden, ob das Lernziel so besser zu erreichen ist als mit der konventionellen Methode und ob der notwendige Aufwand durch den unterrichtlichen Mehrwert gerechtfertigt ist. Im Rahmen einer differenzierten Untersuchung (vgl. [5]) bin ich der Frage nachgegangen, ob der Lernerfolg von computerunterstütztem Unterricht eventuell sogar größer ist als beim klassischen Unterricht mit realen Experimenten.

Nach Weidenmann (vgl. [6]) sollen *Medien das Bemühen maximieren, das die Lernenden für die Arbeit mit dem Inhalt aufbringen, und die Anstrengungen minimieren, die sie benötigen, um den Inhalt zu erfassen.*

Auf der Internetseite <http://www.explorelearning.com> habe ich mit dem Softwareprodukt *density-lab* eine Multimediakomponente gefunden, bei der die Lernenden in einem explorativen Raum auf einem relativ hohen Interaktivitätsniveau (vgl. [4]) innerhalb eines vorbestimmten Rahmens kognitive Konzepte aktivieren, verändern und ein Verständnis des wissenschaftlichen Konzepts entwickeln können.

Mag. Dr. Hildegard Urban-Woldron, MSc, MAS
Lehramts- bzw. Doktoratsstudium Physik und Mathematik an der Universität Wien und Studium der Medienpädagogik an der Donau-Universität Krems
Unterrichtstätigkeit am Gymnasium Sacre Coeur Pressbaum und an der Pädagogische Akademie der ED Wien sowie in der Lehrerfortbildung
Arbeitsschwerpunkte: Lehren und Lernen mit Neuen Medien, Begabtenförderung, Mitarbeiterin beim MNI-Fonds im Schwerpunkt Grundbildung und Standards

Das Wissen von Sachexperten wurde auf ein Medium übertragen, das intuitiv zu bedienen ist, aber für sich allein noch wenig didaktische Qualitäten aufweist. Obwohl sich für den Experten die möglichen Interaktionen und Lernmöglichkeiten klar erschließen, da sich ja, wie Baumgartner und Payr festhalten (vgl. [1]), in jeder Bildungssoftware ein theoretisches Lernmodell niederschlägt, muss davon ausgegangen werden, dass der Neuling nicht unbedingt die planvollen Handlungen setzt, die der Lehrende von ihm erwartet. Der Lernende wird nach meiner Einschätzung durch das Medium als Lernangebot, wie es in diesen virtuellen Programmen vorliegt, noch nicht zu konkreten Lernaktivitäten angeregt und es kann nicht davon ausgegangen werden, dass das Lernangebot in der vom Produzenten vorgesehenen Weise tatsächlich genutzt wird.

Ich wusste, dass die Aufbereitung der multimedialen Lernangebote bestimmte Lernprozesse ermöglichen wird. Um einen Lernerfolg zu gewährleisten, versuchte ich die angestrebten kognitiven und emotionalen Lernprozesse anzuregen. Das Ergebnis der didaktischen Aufbereitung sollte also ein mediales Angebot, eine Lernumgebung sein, die zu bestimmten Tätigkeiten einlädt, aber auch für aktive, reaktive und proaktive Lernende ausreichend Freiräume offen lässt. Damit sollte gewährleistet sein, dass für proaktive* Lernende die Intensität der Auseinandersetzung durch den Einsatz des multimedialen Lernmaterials steigen kann, für durchschnittliche Schüler aber hinreichend Tätigkeiten definiert sind, die sie ausführen sollen und wodurch steuernd auf ihren Lernprozess Einfluss genommen wird.

Auf dem Weg zur mediendidaktischen Konzeption

Um die möglichen Lernprozesse und -aufgaben bestimmen zu können, musste vorher das Lehrziel benannt werden. Seine In-

* Als *proaktiv* bezeichne ich aktive, selbstgesteuerte und selbstverantwortliche Lerner.

haltskomponente war durch das Lernprogramm und meine Überlegungen bei der Recherche zum großen Teil vorbestimmt. Die Ergebniskomponente des Lehrziels, d.h. welche Resultate ich erwartet habe, welche Kompetenzen die Lernenden als Ergebnis der Lernaktivitäten erwerben sollten und wie ich diese feststellen wollte, musste erst noch definiert werden. Ich wollte sicherstellen, dass bei allen Schülern Lernprozesse möglichst zuverlässig stattfinden können.

Die zentrale Aufgabe der didaktischen Aufbereitung ist daher letztlich die Formulierung von Lernangeboten, durch deren Bearbeitung die angestrebten Lernprozesse ermöglicht werden, und wodurch der Lerner im Idealfall zum eigenständigen Fragen und Explorieren angeregt wird. Bei der interaktiven Simulation kann der Lerner unmittelbar in das Geschehen eingreifen und mit den Objekten der simulierten Welt umgehen. Das virtuelle Experiment übertrifft das Realexperiment bei Weitem an Messgenauigkeit und Veränderungsmöglichkeiten der Parameter, sodass der Lernende auf ein Ziel gerichtet Gesetze entdecken und erkennen kann und so Wissen konstruiert. So lässt sich z.B. die Dichte der Flüssigkeit im Behälter des "density-lab" in einem Bereich von 0 bis 10 g/cm³ variieren, was im Realexperiment völlig ausgeschlossen wäre.

Für mich war es auch interessant zu prüfen, wie die Lernenden mit dem vorliegenden Angebot ohne zusätzliche Strukturierungen und Arbeitsanleitungen umgehen. Ich habe daher das virtuelle Experiment in einem Vortest mit einer Klasse im Rahmen einer Supplierstunde ohne schriftliche Anleitungen durchgeführt, da ich sehen wollte, wie Lernende an diese Aufgabe herangehen und welche Fragen sie sich selbst stellen.

Das Ergebnis war eher ernüchternd. Ich konnte in keinem einzigen Fall beobachten, dass die Schüler versucht hätten eine quantitative Untersuchung durchzuführen, d.h. die Dichte der einzelnen Körper zu ermitteln. Einige wenige Schüler haben richtige qualitative Aussagen präsentiert, aber die meisten Schüler haben die Aufgabenstellung eher auf einer spielerischen Ebene bearbeitet.

Ich möchte gar nicht behaupten, dass in diesen Lernsituationen keine Lernprozesse stattgefunden haben, aber ich hatte den Eindruck, dass die meisten Lernenden die Lernergebnisse am Ende der Stunde nicht systematisch einordnen konnten und vor allem sehr viel Unterhaltung mit der schön gestalteten Programmoberfläche und der gesamten ansprechenden Programmperformance hatten und es mit wenigen Ausnahmen im Sinne von Kerres bei einem eher unerwünschten oberflächlichen Browsen geblieben ist. Daher habe ich mich entschlossen, für den regulären Unterricht entsprechende zusätzliche Lernangebote zu erstellen.

Ausgangspunkt für dieses Bildschirmexperiment war ein Foto, das zeigt wie eine Frau im Toten Meer auf dem Wasser liegend eine Zeitung liest. Damit war ein kognitiver Konflikt ausgelöst - einige Schüler vermuteten, dass diese Beobachtung etwas mit dem Salzgehalt zu tun haben muss.

Die Schüler kannten bereits den Dichtebegriff und wussten, wie die Dichte eines Körpers bestimmt wird. Damit wären die notwendigen Lernvoraussetzungen erfüllt und man könnte als Lehrerin der Versuchung unterliegen, anzunehmen, dass ein Großteil der Schüler proaktiv und planmäßig vorgeht, die vorhandene Waage und den Messzylinder entsprechend nutzt und den erforderlichen Wissenstransfer auch selbst durchführen

kann, dass z.B. jeder Schüler selbst eine Tabelle erstellt, der Reihe nach die Dichten der einzelnen Versuchskörper ermittelt und das Verhalten des Körpers in der Flüssigkeit mit den Dichten der Flüssigkeit und des Versuchskörpers in Beziehung bringt und so auf diesem induktiven Weg zu einer allgemeinen Aussage kommt.

Diese Erwartungen können nach meiner Erfahrung nur wenige sehr motivierte Schüler mit einer sehr guten Wissensbasis erfüllen. Daher habe ich den Einsatz des multimedialen Lernmediums sehr stark didaktisiert und mit Hilfe eines Arbeitsblattes angeleitet. Es war mir ein Anliegen, die Schüler forschend an die Aufgabenstellung heranzuführen. Noch vor der Anleitung zum planvoll durchzuführenden Experiment sollten alle Schüler Vermutungen anstellen, diese überprüfen und durch Leitfragen und Impulse zu weiteren Untersuchungen angeregt werden. Es war mir daher auch wichtig, zu erfahren, welche Bedeutung das Arbeitsblatt im Lernprozess der Schüler und Schülerinnen hatte und wieweit sich die Lernenden auf selbst gesteuertes Arbeiten eingelassen haben.

Die Schüler/innen können auf Grundlage eines vorgegebenen Modells durch Veränderung der Dichte der Flüssigkeit im Behälter beziehungsweise der Auswahl eines anderen Körpers in das System eingreifen und es in einen neuen Zustand versetzen. Es wird keine Rückmeldung im Sinne von "richtig" oder "falsch" gegeben, sondern es wird die Wirkung einer vom Lerner gewählten Aktion auf das zugrunde liegende Modell gezeigt, die dann bewertet werden muss. Systemzusammenhänge werden nicht in Form numerischer Werte dargestellt, sondern in Form einer dynamischen Grafik. Nach jeder Variation errechnet das System einen neuen Status.

Die Organisation des medialen Lernangebotes

Das virtuelle Experiment wurde in zwei zweiten Klassen im Klassenverband (je zwei Schüler/innen arbeiteten gemeinsam an einem Computer) im Rahmen je einer Unterrichtsstunde durchgeführt. Die schriftlichen Anleitungen sollten die proaktiven Lerner anregen und die durchschnittlichen, weniger aktiven Lerner motivieren. Sie sollen den Lerninhalt strukturieren, also aufzeigen, welche Ziele zu erreichen sind.

Es lag eine relativ ausführliche und strukturierte Arbeitsanleitung, sowohl zur technischen Handhabung des virtuellen Experiments, wie auch zur inhaltlichen Strukturierung, vor. Zehn Körper waren vorgegeben, die untersucht werden sollten. Es konnte nur die Dichte der Flüssigkeit im Behälter variiert werden. Die Schüler/innen wurden durch Impulsfragen angeregt, Vermutungen aufzustellen, die sie zuerst ohne planvolle Messungen und Rechnungen explorierend bestätigen oder verwerfen sollten. Es sollte der Körper mit der größten Masse und jener mit dem größten Volumen ermittelt werden und mit Hilfe seines Verhaltens in der Flüssigkeit entschieden werden, ob das Volumen oder die Masse einen Einfluss darauf hat, ob Körper schwimmen oder untergehen.

Erst danach sollten die Schüler/innen das angeleitete Experiment durchführen, die Mess- und Rechenergebnisse in die vorbereitete Tabelle eintragen und die Ausgangsfrage möglichst ausführlich beantworten.

Ausgewählte Fragen aus dem Arbeitsblatt "Wann schwimmt ein Körper?"

Für deine Untersuchungen stehen dir zehn verschiedene Körper zur Verfügung. Im rechten Behälter befindet sich Flüssigkeit, deren Dichte du ebenfalls variieren kannst. Verändere aber vorerst die Dichte (1 g/cm^3) nicht und stelle, bevor du die Körper in den Behälter bringst, Vermutungen an, welche Körper schwimmen werden. Sind es jene mit dem größte, oder jene mit dem kleinsten Volumen, oder glaubst du, dass es gar nicht auf das Volumen ankommt?

- Sinken alle Körper mit großem Volumen?
- Schwimmen alle Körper mit kleinem Volumen?
- Kannst du sagen, ob ein Körper schwimmt oder untergeht, wenn du sein Volumen kennst?
- Sinken alle Körper mit großer Masse?
- Schwimmen alle Körper mit kleiner Masse?
- Kannst du sagen, ob ein Körper schwimmt oder untergeht, wenn du seine Masse kennst?
- Sinken alle Körper mit großer Dichte?
- Schwimmen alle Körper mit kleiner Dichte?
- Wie hängt das Verhalten des Körpers mit der Dichte der Flüssigkeit zusammen?

So sollst du beim Experimentieren vorgehen:

1. Ermittle mit der vorhandenen Versuchsanordnung die Massen und Volumina der zehn vorgegebenen Körper - notiere die Ergebnisse in der Tabelle.
2. Untersuche das Verhalten der Körper in der Flüssigkeit und trage deine Beobachtung ebenfalls in der Tabelle ein!
3. Berechne jetzt die Dichten der einzelnen Körper und trage sie ebenfalls in der Tabelle ein. Erstelle eine Rangordnung der Dichten (1 = kleinste Dichte, 10 = größte Dichte)
4. Wann schwebt ein Körper?

Objekt	schwimmt? (ja/nein)	Masse m in g	Volumen V in cm^3	Dichte ρ in g/cm^3	Rang
a					
b					
c					
d					
e					
f					
g					
h					
i					
j					
Dichte der Flüssigkeit im Behälter: g/cm^3					

Gib nun eine möglichst ausführliche Antwort auf die Frage "Wann schwimmt ein Körper?"

Überblick über die erhobenen Daten

Der Fokus meiner Fragestellungen lag auf der Untersuchung der Lerner/innenvariablen, d.h. der Evaluierung des Verhaltens der Lerner/innen in der multimedialen Lernumgebung. Meine Auswertungen und Ergebnisse stützen sich auf einen Fragebogen (siehe Anhang), auf Aufzeichnungen in meinem Forschungstagebuch, auf Tonbandmitschnitte und Gedächtnisprotokolle von Gruppen- und Einzelbesprechungen, auf drei

von mir durchgeführte Interviews mit Schüler/innen und auf ausführliche schriftliche Reflexionen aller an der Untersuchung beteiligten Lerner/innen.

Die Stichprobe erfasste 39 Schülerinnen und Schüler aus zwei zweiten Klassen, die nach der Bearbeitung des virtuellen Experiments jeweils 15 Fragen mit fünfstufigen Einschätzskaalen beantworteten und darüber hinaus jede Frage mit einer kurzen schriftlichen Begründung ihrer persönlichen Einschätzung ergänzten. Weiter stellten die Lernenden ihren individuellen Zugang zur Bearbeitung der Aufgabenstellung in einem kurzen Aufsatz dar.

Untersuchungsergebnisse und deren Interpretation

- Die Mehrheit der Lernenden bewertet die technische Handhabung der Lernumgebung als "vollkommen oder überwiegend problemlos" und geht mit Interesse und Neugierde an die Fragestellung heran.

Da das Arbeitsmaterial sehr stark didaktisiert war, konnten alle Schüler in der vorgegebenen Zeit die entsprechende Tabelle ausfüllen. Mit der Durchführung des detailliert angeleiteten virtuellen Experiments und der Fertigstellung der Tabelle war für die meisten Schüler auch das Problem gelöst und es wird angegeben, dass die Problemlösung kaum Zeit und Mühe gekostet hat. Alle sieben Schüler, die angeben, dass sie Zeit und Mühe aufgewendet haben, kann ich nach den persönlichen Rückmeldungen ausnahmslos als jene identifizieren, die sich selbst Fragen gestellt haben und die sicher gehen wollten, dass ihre Hypothesen stimmen und die damit erste Schritte eines wissenschaftlichen und proaktiven Lernverhaltens zeigen.

- Ein proaktives Lernverhalten ist stark von der vorhandenen Wissensbasis und von der eigenen Motivation abhängig.

Bei dieser Kategorie war ich mehr an qualitativen Aussagen der Schüler interessiert. Dabei ordne ich die Frage 8 (s. Tabelle 1) eher einem spielerischen Vorgehen zu, während die Antworten zur Frage 11 (s. Tabelle 2) bereits konkrete Aussagen zum proaktiven Verhalten der Schüler geben.

Es zeigt sich, dass immerhin 28 Schüler/innen durch reines Probieren versucht haben, alle Körper zum Schweben zu bringen, obwohl es in der Arbeitsanleitung nicht explizit angegeben war. Die Motive dafür waren ganz unterschiedlich, wie ich mit den folgenden wörtlichen Kommentarauszügen (siehe Tabellen) belegen möchte. 11 Schüler/innen haben aus Zeitmangel oder Desinteresse, aber auch wegen Lernschwierigkeiten nicht einmal einen Versuch unternommen. Aus den "ja"- Antworten lassen sich Neugier, Interesse, sowie forschendes Lernverhalten und eine doch beachtliche Schüleraktivierung erkennen.

Ich habe probiert, ob ich jeden Körper zum Schweben bringen kann.

ja	nein
weil es die Aufgabenstellung war	es hat mich nicht so interessiert
aus Interesse	es war nicht verlangt
weil es interessant war	es war keine Zeit mehr

ja	nein
weil wir das machen hätten sollen	es war nicht interessant
weil es easy war	ich habe nicht gewusst wie
damit ich weiß, welcher schwebt und welcher nicht	ich habe es nicht verstanden
ja, aber erst nach einiger Zeit bin ich drauf gekommen	weil es zu viel Zeit gekostet hätte
ich wollte es wissen	
weil ich neugierig war und alles ausprobieren wollte, was möglich war	
ja, es hat Spaß gemacht	
weil ich sicher sein wollte	
man will sehen, ob es wirklich funktioniert	
weil mir langweilig war	
weil Bewegung auf den Bildschirm gekommen ist	
ich hatte noch viel Zeit gehabt	
es hat mir geholfen, die Antwort zu finden	

Tabelle 1: Verbale Schülerrückmeldungen (Frage 8)

Das explorierende bzw. proaktive Verhalten in der Lernumgebung wollte ich mit Hilfe von Frage 11 einschätzen.

**Ich habe mir selbst eigene Fragen gestellt.
Wenn ja, welche?**

ja	nein
weil ich wissen wollte, welche Dichte man für die Flüssigkeit verwenden kann	es gab genug Fragen
ich habe mich gefragt, ob es möglich ist, alle Körper gleichzeitig zum Schweben zu bringen	es war keine Zeit
ich wollte wissen, bei welcher "density" alle Körper untergehen	es hat mich nicht interessiert
ich habe alle großen Körper genommen und überprüft, ob sie schwimmen	es war alles erklärt
weil ich auch für mich etwas lernen wollte	weil ich zu kompliziert denke
weil ich mich gewundert habe, dass nicht alle leichten Körper schwimmen	ich hatte keinen Grund
ich habe überprüft, ob die Rangordnungen der Dichten gestimmt haben	weil "das Spiel" so interessant war, dass keine Zeit für Fragen blieb
ich habe überprüft, ob meine Antwort richtig ist, indem ich es für alle Körper ausprobiert habe	

ja	nein
ich habe die Dichte der Flüssigkeit immer gleich oder größer gewählt wie die Dichte des Körpers und gesehen, dass er dann nicht untergeht	

Tabelle 2: Verbale Schülerrückmeldungen (Frage 11)

23 von 39 Schülerinnen und Schülern haben sich aus verschiedenen Gründen keine eigenen Fragen gestellt. Jene 16 Schüler, die angeben, dass sie sich sehr wohl über die Aufgabenstellungen auf dem Arbeitsblatt hinaus noch eigene weitere Fragen gestellt haben, zeigen durch ihre Rückmeldungen (siehe Tabelle 2), dass sie explorierend mit der Lernumgebung umgehen konnten und die Gelegenheit zum selbstständigen Lernen auch wahrgenommen haben. Sie haben dabei die Lernzielstufen der höheren Ebenen im "Würfelmodell" von Baumgartner "anwenden - auswählen - entscheiden - verstehen - entdecken - handeln" erfolgreich durchlaufen (vgl. [1]). Zu einem großen Teil handelt es sich dabei um Lernende mit einer auf den Klassendurchschnitt bezogen sehr hohen Wissensbasis, und/oder um Lernende, die stark motiviert und mit einer entsprechend guten Arbeitshaltung ausgestattet sind, also um Lernende, die selbstständig lernen können und wollen. Für diese Gruppe hätte möglicherweise auch ein geringerer Didaktisierungsgrad der Lernumgebung ausgereicht. Ob sich diese Schüler/innen durch die Arbeitsanleitungen in ihrem selbst gesteuerten Lernprozess behindert fühlten, habe ich nicht abgefragt. Aus den freien Antworten in den Kurzaufsätzen der Schüler konnte ich auch keinen Hinweis darauf finden.

- Die Mehrheit der Lernenden hält sich an die Fragestellungen auf dem Arbeitsblatt und findet diese interessant.
- Die Mehrheit der Lernenden schätzt den individuellen Lernerfolg "sehr hoch oder zumindest hoch" ein.
- Der Umgang mit dem Computer hat für die Schüler/innen bereits an Faszination verloren. Sie wissen und haben schon akzeptiert, dass der Computer in der Schule als Arbeitsmittel zum Lernen eingesetzt wird und dass diese Art des Lernens durchaus anstrengender sein kann als andere konventionelle Unterrichtsformen.

Ausblick

Mit den neuen Medien findet ein Umbruch beim Lernen statt. Der Schwerpunkt verlagert sich dabei weg von Passivität der Lernenden in eine Aktivität, mit der Wissen konstruiert wird. Entscheidend hierbei sind die Lernsituationen, die genügend Freiheit, aber auch Anregungen und Bezug zum Leben haben sollten, damit sich Lernen entfalten kann. Wenn es gelingt, neben der bisherigen einseitigen Konzentration auf die Entwicklung optimaler Lernprogramme bzw. -anwendungen den Blick auch auf die pädagogische Einbettung zu lenken, dann kann das Lernen mit neuen Medien auch Erfolg zeigen und durch entsprechende empirische Untersuchungen besser gestützt werden als bisher.

Die entscheidende Frage im didaktischen Feld der Verantwortung der Lehrenden ist aber: Was haben die Lernenden für sich aus diesem Lernangebot gemacht? Wie sind sie mit der Selbstverantwortung für das eigene Lernen umgegangen? Was kann ich als Lehrkraft dazu beitragen?

Multimedia unterstützt besonders den aktiven, selbstgesteuerten und selbstverantwortlichen Lerner, den ich in meiner Studie als proaktiven Lerner definiert habe. Multimedia unterstützt einen Lerner, der darüber hinaus bereit ist, selbständig und in Gemeinschaft mit Anderen Wissen, Fertigkeiten und Einstellungen zu erwerben und seinen Lernprozess zu reflektieren, und der zulässt, dass sich ihm Fragen stellen, denen er explorierend nachgehen will und kann. Multimediale Lernumgebungen, die vom Lehrer überlegt eingesetzt werden, sollen ihm die Möglichkeit dazu geben.

Entscheidend für den Erfolg der computergestützten Lernsysteme ist daher neben dem interessanten Programm, dem begeisternden Lehrer, der Kontextualität der Lernumgebung und der hochinteraktiven Kommunikation vor allem der motivierte, selbstständige Schüler mit einer hinreichend großen Wissensbasis, der reaktiv und daher vollständig und im Idealfall sogar proaktiv lernt und die angebotenen Informationen durch Lernen in Wissen transformieren will und kann.

Anhang

Fragebogen zu "Wann schwimmt ein Körper?"

Beantworte bitte die Fragen auf der Skala 1 (=ja) bis 5 (=nein) und gib immer auch eine Begründung (wenn du mehr Platz brauchst, verwende bitte die Rückseite) an! Beschreibe auf der Rückseite in einem kurzen Aufsatz, wie du an die Lösung der Problemaufgabe herangegangen bist. Hast du auch andere Quellen herangezogen?

1. Ich hatte keine Probleme mit der Bedienung des Programms. 1 2 3 4 5
Begründung:
2. Ich wusste sofort, was ich tun sollte. 1 2 3 4 5
Begründung:
3. Ich habe mir die Anleitungen auf dem Arbeitsblatt genau durchgelesen. 1 2 3 4 5
Begründung:
4. Ich fand die Fragestellung interessant. 1 2 3 4 5
Begründung:
5. Ich bin neugierig geworden. 1 2 3 4 5
Begründung:
6. Ich wollte die Problemstellung lösen. 1 2 3 4 5
Begründung:
7. Es hat mir Zeit und Mühe gekostet, das Problem zu lösen. 1 2 3 4 5
Begründung:

Literatur

- [1] Baumgartner, P. (2002). Pädagogische Anforderungen für die Bewertung und Auswahl von Lernsoftware. In: Issing, Klimsa (Hrsg.), *Informationen und Lernen mit Multimedia und Internet*, Verlagsgruppe Beltz. Weinheim
- [2] Girwidz, R.; u.a. (2004). Animationen in multimedialen Lernumgebungen. *Tagungsband der DPG - Frühjahrstagung 2004*. <http://www.ph-ludwigsburg.de>
- [3] Kerres, M. (2001). *Multimediale und telemediale Lernumgebungen - Konzeption und Entwicklung*. München-Wien: R. Oldenbourg Verlag
- [4] Schulmeister, R. (2002). Taxonomie der Interaktivität von Multimedia. Ein Beitrag zur aktuellsten Metadaten-Diskussion. *it + ti 4/2002*. Universität Hamburg <http://www.uni-hamburg.de>
- [5] Urban-Woldron, H. (2004). *Unterstützt Multimedia proaktives Lernen?* Masterthese an der Donau-Universität Krems.
- [6] Weidenmann, B. (2002). Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess. In: Issing, Klimsa (Hrsg.), *Informationen und Lernen mit Multimedia und Internet*. Verlagsgruppe Beltz. Weinheim

8. Ich habe probiert, ob ich jeden Körper zum Schweben bringen kann. ja nein
Begründung:
9. Ich habe bei diesem "virtuellen Experiment" viel gelernt. 1 2 3 4 5
Begründung:
10. Die Fragestellungen auf dem Arbeitsblatt waren interessant. 1 2 3 4 5
Begründung:
11. Ich habe mir selbst eigene Fragen gestellt. Wenn ja, welche? ja nein
Begründung:
12. Das Arbeiten mit dem Programm hat mir Freude gemacht. 1 2 3 4 5
Begründung:
13. Ich hätte mehr Anleitungen gebraucht. 1 2 3 4 5
Begründung:
14. Ich bin stolz auf meine Erkenntnisse. 1 2 3 4 5
Begründung:
15. Ich bin der Meinung, dass mir Computerprogramme dabei helfen können, selbst weitere physikalische Gesetze zu "entdecken". 1 2 3 4 5
Begründung:

Miniaturforschung: Die Länge der Dämmerung

Engelbert Stütz

Problemstellung

Die Idee für die Miniaturforschung stammt aus Lewis C. Epsteins Buch *Epsteins Physikstunde* [1], Seite 352 - 354. Dort werden folgende Probleme gestellt:

• Am Rande der Nacht

Die Dämmerung ist die Zeit zwischen Sonnenuntergang und dem Dunkelwerden des Himmels. Die Dämmerung dauert länger in

- New Orleans, Louisiana
- London, England
- Weder noch; sie dauert an beiden Orten gleich lang

• Dämmerung

Die kürzeste Dämmerung ist an jedem Punkt der Erde

- im Winter
- im Sommer
- zwischen Winter und Sommer - während Tag und Nachtgleiche

Benötigtes Material und Arbeitsweise

Die Arbeitsweise ist wie beim Lernen an Stationen oder beim Offenen Lernen. Als Material benötigt man einen drehbaren Globus (Modellerde) und eine Lichtquelle, z. B. einen Diaprojektor als Modellsonne. Der Globus wird vorne im leicht abgedunkelten Klassenzimmer bzw. Physiksaal aufgestellt und von der Lichtquelle beleuchtet. Die Schüler/innen können allein oder zu zweit arbeiten. Sie haben den Arbeitsauftrag, die richtige Antwort herauszufinden und vor allem zu begründen, warum die gefundene Antwort richtig ist. Diese soll in der Nachbesprechung im Plenum vorgestellt und verteidigt werden.

Die Arbeitsweise bietet den Schüler/innen die Chance, von ihren eigenen Vorstellungen auszugehen. Sie suchen mit Hilfe des "Versuchsaufbaus" nach einer Erklärung der beiden Phänomene.

Als Begründung, warum ich diese Arbeitsweise Miniaturforschung nenne, möchte ich Werner Heisenberg aus dem Vorwort seines Buches *Der Teil und das Ganze* [2] zitieren: "Naturwissenschaft beruht auf Experimenten, sie gelangt zu ihren Ergebnissen durch die Gespräche der in ihr Tätigen, die miteinander über die Deutung der Experimente beraten. Solche Gespräche bilden den Hauptinhalt des Buches. An ihnen soll deutlich gemacht werden, dass Wissenschaft im Gespräch entsteht."

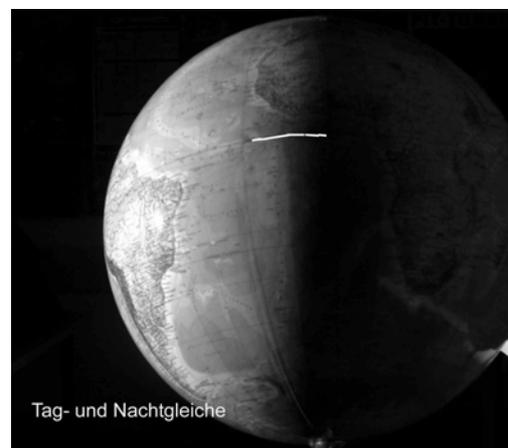
Analogien als Lösungen



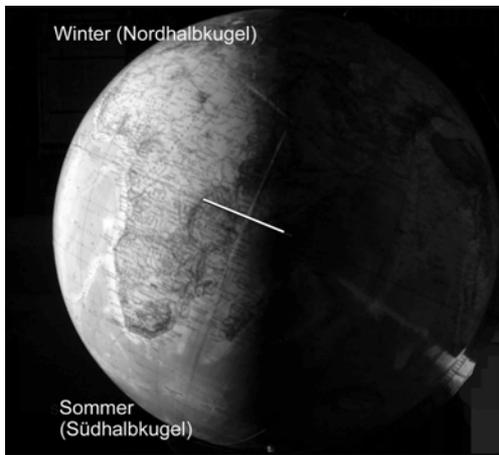
Die Abschlussbesprechung im Plenum dient der Klärung. Es soll dargestellt werden, was durch die Auseinandersetzung mit dem Problem klar wurde. Es ist aber auch Platz für die Beantwortung offener Fragen. Ich achte dabei darauf, dass ich die Arbeit der Schüler/innen nicht entwerte, indem ich das nochmals erkläre, was sie ohnehin selbst herausgefunden haben.

Zur Veranschaulichung des Phänomens bietet sich eine Analogie an, das Überqueren einer Straße. Die Straße stellt die Dämmerungszone dar. Ich kann schneller oder langsamer eine Straße überqueren. Ich kann sie auf kürzestem Weg überqueren oder ich kann schräg darübergehen.

Je näher man beim Äquator ist, umso größer ist die Bahngeschwindigkeit auf Grund der Erddrehung. Das heißt, dass die Dämmerungszone in Äquatornähe schneller durchquert wird als weiter nördlich oder südlich.



Bei Tag- und Nachtgleiche wird die Dämmerungszone auf kürzestem Weg durchquert. Im Winter bzw. Sommer dauert



die Durchquerung der Dämmerungszone länger, da man sich schräg durch sie hindurchbewegt.

Fortbildungswoche am Deutschen Museum in München

Doris Strauß, BG/BRG Graz Klusemannstraße, und Elisabeth Klemm, BRG Petersgasse

Als wir am 22. August nach München führen, um an der Fortbildungswoche des oberösterreichischen PI am Deutschen Museum teilzunehmen, konnten wir uns noch gar nicht recht vorstellen, unser Hirn aus der Erholungsphase heraus wieder auf Trab zu bringen. Doch damit hatten wir in dieser Woche mit einer Fülle an Informationen, neuen Eindrücken, fabelhaften Führungen und Vorträgen dann keinerlei Problem.

Wir starteten erst einmal gemütlich beim Abendessen im Hofbräukeller, wo wir uns die Münchner Schmankerln schmecken ließen. Überhaupt war das gesamte Seminar, von Unterkunft, über Essen, Vorträge, Rahmenbedingungen (u.a. Lach- und Schießgesellschaft) ausgezeichnet organisiert von Mag. Engelbert Stütz und Mag. Gerhard Kern. Herzlichen Dank!

Wir wohnten im Kerschensteiner Kolleg mit direktem Zugang zum Museum, aber leider - aus sicherheitstechnischen Gründen - wurde unser Eifer durch die normalen Öffnungszeiten eingeschränkt. Um so viel wie möglich im Museum zu sehen, haben wir uns erst nach Museumsschluss mit Präkonzepten, Grundbildung und dem Unterrichtsplanungsraster auseinandergesetzt. Dies führte zu sehr interessanten didaktischen Diskussionen, die sich natürlich oft auch noch länger fortsetzten.

Den größten Teil nahm aber das Erkunden des Museums ein. Schon bei einer ersten orientierenden Übersichtsführung wurde uns klar, wie viel wir profitieren können und wie viel mehr das Museum bieten kann, wenn man so engagierte Führer hat, als nur selber durchzugehen. In den folgenden Tagen hat jeder individuell versucht, möglichst viele Vorführungen und Führungen nach seinem Interesse zu besuchen.

Vertiefend zum Museumsbesuch lernten wir auch noch so einiges anderes kennen. So wissen wir nun alle, was Brechweinstein ist, und lesen die Geschichte von Madame Bovary von Gustave Flaubert mit neuem Hintergrundwissen (Vortrag "Morden und Heilen mit Arsen"). Auch in die Bibliothek er-

Die Schönheit der Mathematik

Schüler in meinem Physikolympiadekurs trainierten mit diesen beiden Aufgabenstellungen. Einer von ihnen - Dominik Stürzer - empfand die Erarbeitung eines mathematisches Modell für die Länge der Dämmerung als lohnende Herausforderung. Diese anspruchsvolle Arbeit ist Inhalt seines Artikels.

Literatur

- [1] Epstein, Lewis C. (1988): *Epsteins Physikstunde*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser Verlag
Dieses Buch, auch alle nachfolgenden Auflagen, sind leider vergriffen. Erhältlich ist jedoch die amerikanische Ausgabe: *Thinking Physics: Understandable Practical Reality*
- [2] Heisenberg, Werner (1972): *Der Teil und das Ganze*, München: R. Piper & Co Verlag

hielten wir schon am ersten Tag einen Einblick und erfreuten uns dabei an einigen alten, besonders wertvollen Stücken. Aber auch den Rest der Woche konnten wir nach Herzenslust in der Fülle von naturwissenschaftlich/technischer Literatur stöbern, lesen und auch kopieren. So hat der eine oder andere schon lange gesuchte Artikel gefunden.

Bei den historischen Versuchen zur Entwicklung der Elektrizität wollten wir die Leidener Flasche natürlich gleich in der ganzen Runde ausprobieren und der leichte elektrische Schlag konnte unsere Begeisterung für die detailgetreuen Nachbildungen der Versuchsanordnungen durch die Werkstatt des deutschen Museums nicht trüben.

Bei der Führung zur Geschichte der Chemie haben wir so ganz nebenbei erfahren, dass Dinge im Museum, die nicht hinter Glas oder angekettet sind, leider einen sehr hohen Dampfdruck haben und verschwinden. Erfreuen kann man sich aber immer noch an originalen Glasgefäßen des 16. Jhdts., die für diese Zeit sehr erotisch angehaucht waren ("Circulatorium"). Wenn wir das nächste Mal zu Besuch sind, werden wir auch nicht vergessen beim "Herrn Baron" vorbeizuschauen und ihn zu begrüßen. Vielleicht schaffen wir es ja auch einmal, ihm an seinem Grab einen Besuch abzustatten. (Justus von Liebig).

Alle Vortragenden verstanden es uns zu begeistern, auch wenn es nicht direkt unser Fachgebiet war. Sehr gut gefiel uns auch der Aspekt, wie sich die historische Entwicklung der Naturwissenschaft auf unsere heutige Gesellschaft ausgewirkt hat.

Abschließend konnten wir beim Experimentieren im Besucherlabor des Museums alle noch den Täter mittels Fingerprint überführen. Dieser Versuch war nicht nur für die Physiker Neuland, es haben sicher auch noch nicht alle Biologen und Chemiker DNA mit Restriktionsenzymen geschnitten und diese Stücke dann mittels Elektrophorese verglichen.

Unsere Tage waren so ausgebucht, dass eine private Führung durch München spät in der Nacht stattfinden musste. Doch blieb noch Zeit für Zusammensitzen und Erfahrungsaustausch.

Kleiner Tipp am Schluss für alle, die nächsten Sommer am Seminar teilnehmen und sicher genauso begeistert sein werden wie wir: die Stimlampen für den Münchenführer bei Nacht nicht vergessen!

Dämmerungsdauer geometrisch betrachtet

Dominik Stürzer¹

Dämmerung: Zeitspanne zwischen Sonnenuntergang und absoluter Dunkelheit, die meist (und auch in folgendem Aufsatz) festgelegt wird durch eine Sonnenelevation von -10° . Analog zur Abenddämmerung ist die Morgendämmerung der Zeitraum zwischen Helligkeitsanbruch und Sonnenaufgang.

Beobachtet man die Dauer der Dämmerung im Laufe eines Jahres, so stellt man fest, dass diese nicht immer gleich lange dauert. So entnimmt man einem astronomischen Jahrbuch für 50° nördl. Breite (z.B. „Kosmos Himmelsjahr 2004“):

Datum	Dämmerungsdauer in Minuten
1. Jan.	80
1. März	70
1. April	72
1. Mai	83
1. Juni	104
1. Juli	108
1. Sep.	75

Wie man sofort erkennt, schwanken die Dämmerungsdauern sehr stark im Laufe der Monate. Im Folgenden soll der Grund für diese Schwankungen näher betrachtet und ein Erklärungsmodell erstellt werden. Es sei noch angemerkt, dass in den folgenden Berechnungen 2 Vereinfachungen getroffen wurden:

- Erde sei eine Kugel.
- Die Erde bewege sich auf einer Kreisbahn.

Die Tag-Nacht-Grenze

Die Tag-Nacht-Grenze ist ein Großkreis, dessen Normalvektor in die selbe Richtung zeigt wie der Verbindungsvektor Erde-Sonne (Siehe Abb. 1). Da die Erdachse nur im Frühling und im Herbst in diesem Großkreis enthalten ist, unterscheidet sich in Breiten ungleich Null die Tag- von der Nachtdauer (außer natürlich zu Frühlings und Herbstbeginn).

Als Tag wollen wir hier zu Beginn der Einfachheit halber die Zeit bezeichnen, in der sich der Sonnenmittelpunkt über dem Horizont befindet.

Bevor wir die Tagdauer zu einem bestimmten Datum für einen bestimmten Breitengrad bestimmen, benötigen wir den Winkel $\frac{\pi}{2} - \varepsilon(t)$ zwischen Erdachse und der Verbindungslinie Erde-Sonne in Datumsabhängigkeit. Die Erdachse selber ist immer um 23° gegen die Normale auf die

¹Dominik Stürzer, Maturant am BG Schärding, hat den Olympiadekurs am BRG Hammerlingstraße, Linz bei Prof. Mag. E. Stütz besucht

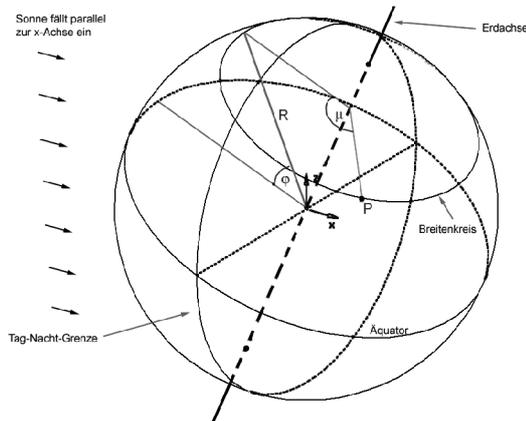


Abbildung 1: Erde im Koordinatensystem

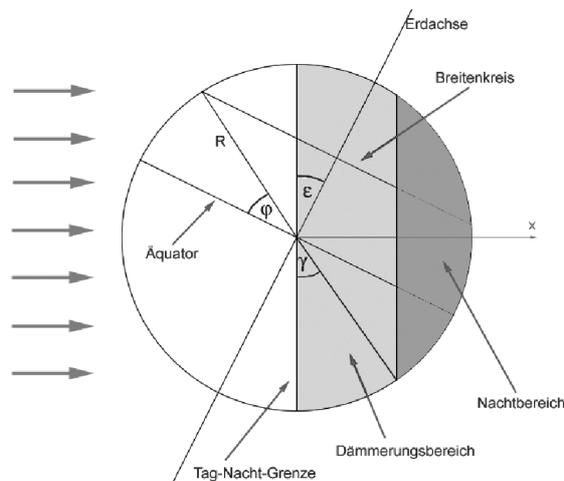


Abbildung 2: Erde im Koordinatensystem

Ekliptik geneigt. Doch für die Sonneneinstrahlung ist der Winkel der Erdachse zu der Normalebene auf die Verbindungslinie Erde-Sonne relevant. Dies ist der bereits oben eingeführte Winkel $\varepsilon(t)$. Um $\varepsilon(t)$ zu erhalten, führt man geometrisch gesehen, folgende Operationen durch²: Man projiziert³ ein Stück der Erdachse der Länge 1 auf die Ekliptik (diese Projektion hat die Länge $\sin \varepsilon_0$). Diese Projektion wird wiederum auf die Verbindungslinie Erde-Sonne projiziert. Dazu benötigt man den Winkel (α in Abb. 3), um den sich die Erde seit Winterbeginn (also dem Tag, an dem $\varepsilon(t) = \varepsilon_0$ galt, meist der 21. Dezember) um die Sonne gedreht hat. Diese Projektion der Projektion ist nun der Sinus des gesuchten $\varepsilon(t)$.

Seien t die Tage nach Winterbeginn, meistens dem 21. Dezember ($\varepsilon(t) = \varepsilon_0$). Dann ergibt sich für $\varepsilon(t)$ laut obigen Erläuterungen⁴:

$$\varepsilon(t) = \text{asin} \left(\cos \left(\frac{2\pi}{365.2569} t \right) \sin \varepsilon_0 \right) \quad (1)$$

Hierbei sei $\varepsilon_0 = \frac{23\pi}{180}$ die Neigung der Erdachse zur Norma-

²Siehe dazu Abb. 3.

³In diesem und den folgenden Projektionen handelt es sich jeweils um Normalprojektionen.

⁴Hier wird als Dauer eines Jahres 365.2569 Tage verwendet.

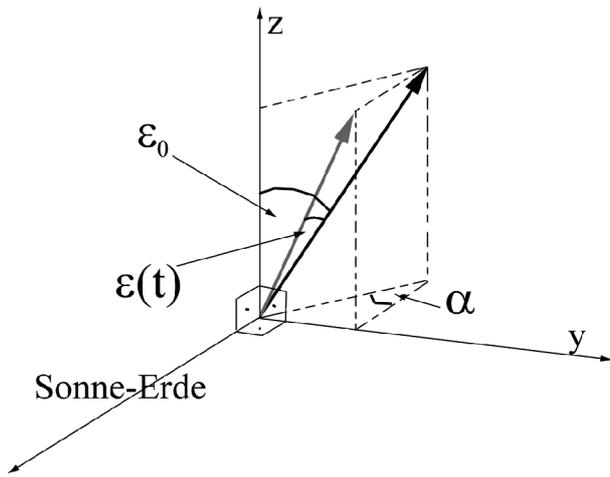


Abbildung 3: Bestimmung von $\varepsilon(t)$. (Erdachse schwarz.)

len auf die Ekliptik.

Der 'Tagwinkel' $\mu_0(t)$ sei die Hälfte des Winkels desjenigen Sektors im Breitenkreis des Breitengrades φ , in dem Tag herrscht. Er errechnet sich

$$\cos \mu_0(t) = \tan \varphi \tan \varepsilon(t). \quad (2)$$

Gleichung (2) erhält man durch eine Umformung aus der Gleichung $R \cos \varphi \cos \mu_0(t) = R \sin \varphi \tan \varepsilon(t)$ (vgl. Abbildung 2.) Leicht nachvollziehbar ergibt sich für die Tagdauer⁵ τ_0

$$\tau_0 \approx \frac{\mu_0}{\pi} \cdot 12 \cdot 2 \quad (3)$$

Als Beispiel ist in Abbildung 4 die Tagdauer τ_0 im Laufe eines Jahres für die Breite $\varphi = 48^\circ$ gezeichnet.

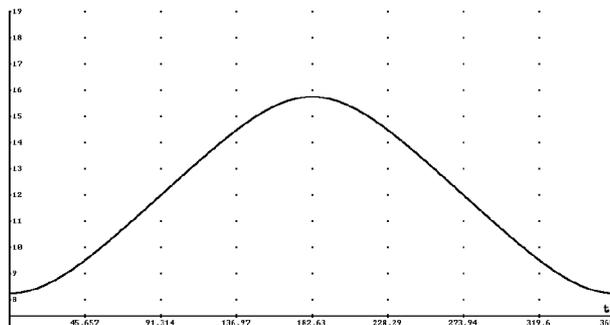


Abbildung 4: Tagdauer

Dämmerungsdauer, Helligkeitsdauer, ...

Bei obigen Ausführungen wurde nicht berücksichtigt, dass die Sonnenscheibe einen nicht zu vernachlässigenden Durchmesser hat. Definiert man die effektive Tagdauer als den

⁵Ein Tag nach dieser Definition dauert in Realität etwas länger bzw. kürzer, da sich die Erde zwischen Morgen und Abend etwas weiterbewegt hat und sich somit der Winkel $\varepsilon(t)$ geringfügig verändert hat. Da der zeitliche Fehler aber im Bereich von Minuten liegt, stellen die Formeln für die Tagdauer hinreichend genaue Näherungen dar.

Zeitraum zwischen dem Zeitpunkt, an dem der obere Sonnenrand beim Aufgang den Horizont berührt, bis zu dem Zeitpunkt, an dem der obere Sonnenrand untergegangen ist, so wird diese etwas länger sein als die im vorigen Kapitel berechnete. Es stellt sich die Frage nach einer 'neuen' Formel. Sie sollte die Tagdauer berechnen, indem sie nicht mehr den Horizont als solchen betrachtet, sondern einen Kreis, der sich einen gewissen Winkel⁶ γ unter dem Horizont befindet. Mit dieser Formel ließe sich im Anschluss auch die Dämmerungsdauer errechnen.

Für den effektiven Tagwinkel μ_e gilt

$$\cos \mu_e = \frac{\sin \varphi \sin \varepsilon(t) - \sin \gamma}{\cos \varphi \cos \varepsilon(t)} \quad (4)$$

Daraus errechnet sich analog zu vorigem Kapitel die effektive Tagdauer

$$\tau_e \approx \frac{\mu_e}{\pi} \cdot 24 \quad (5)$$

Will man die Dauer zwischen Sonnenauf- und Untergang berechnen, so ist γ als die Hälfte des Sonnendurchmessers zu wählen:

$$\gamma = \frac{0.5 \cdot \pi}{180}$$

In Abbildung 5 werden zum Vergleich die Tagdauer und die effektive Tagdauer abgebildet (φ ist wieder 48°).

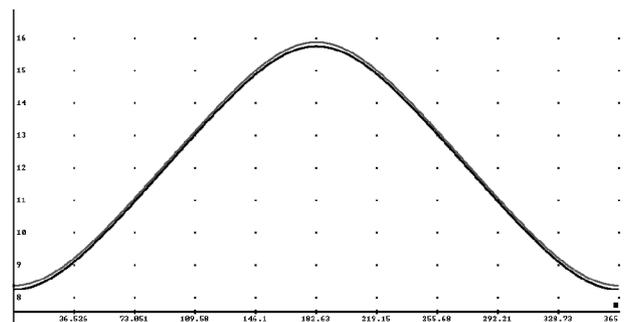


Abbildung 5: Schwarz: Tagdauer; Grau: Effektive Tagdauer

Die Sonnenauf- bzw. Untergangsdauer errechnet sich durch die Differenz zweier effektiver Tagdauern: Derjenigen mit $\gamma = +0.5^\circ$ und der mit $\gamma = -0.5^\circ$ (Abbildung 6).

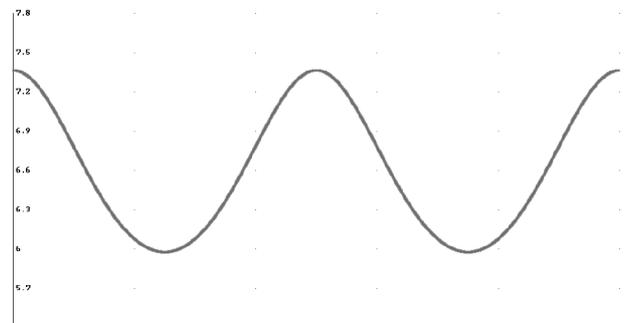


Abbildung 6: Sonnenauf-/untergangsdauer (in Minuten)

Will man die Dauer der Helligkeit bestimmen, das ist der

⁶ γ wäre in diesem Fall die Hälfte des scheinbaren Sonnendurchmessers, welcher rd. 1° beträgt.

Zeitraum zwischen Dämmerungsbeginn am Morgen und Dämmerungsende am Abend, so setzt man⁷ in (4) $\gamma = 10^\circ = \frac{\pi}{18}$ und verwendet (5). Vergleicht man die Helligkeitsdauer mit der Tagdauer, so zeigt sich ein gewaltiger Unterschied (Abbildung 7).

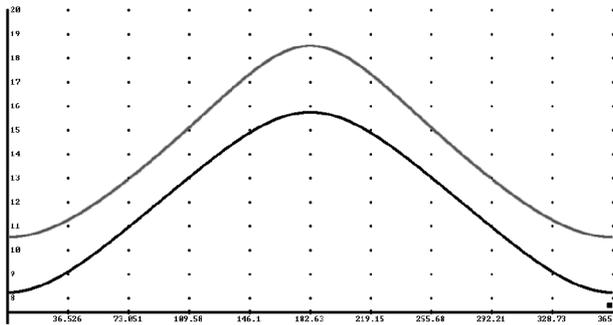


Abbildung 7: Schwarz: Tagdauer; Grau: Helligkeitsdauer

Bilden wir die Differenz Tagdauer-Helligkeitsdauer und halbieren diese, so erhalten wir die Dämmerungsdauer (Abbildung 8).

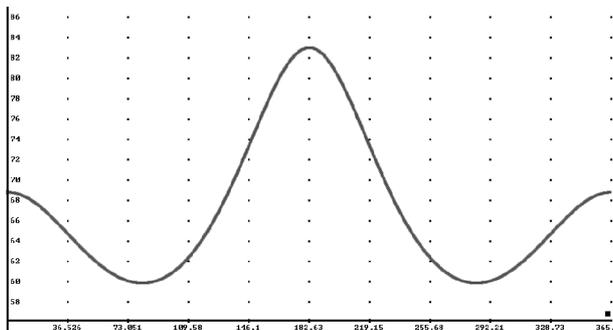


Abbildung 8: Dämmerungsdauer

Die Dämmerungsdauerwerte in der Tabelle im ersten Kapitel erhält man mit Werten von $\gamma \approx 12^\circ$.

Minimum der Dämmerungsdauer

Betrachtet man den Dämmerungsdauer-Graphen (Abbildung 8), so stellt man fest, dass die kürzeste Dämmerung nicht wie erwartet nach genau einem Vierteljahr (Frühlingsbeginn) bzw. nach einem Dreivierteljahr (Herbstbeginn) stattfindet, sondern dass sich die Dämmerungsdauer-Minima beide um einige Tage in den Winter verschieben. Man entnimmt dem Graphen, dass die Minima bei t -Werten von 81.6 bzw. 283.6 auftreten und nicht bei den erwarteten von 91.3 bzw. 273.9 (Viertel- und Dreivierteljahr). Dies ist so zu erklären: *Genau* zu Frühlingsbeginn (nach rd. 91 Tagen) verlaufen die Breitenkreise zwar für alle Breitengrade senkrecht zu dem Tag-Nacht-Großkreis, jedoch nicht mehr zu dem 'Dämmerungskreis', der sich 10° hinter dem Tag-Nacht-Großkreis befindet (außer für 0° Breite). Für große Breiten weicht dieser 2. Winkel sehr stark von 90° ab; ein Punkt, der sich mit konstanter Winkelgeschwindigkeit entlang eines Breitengrades vom Tag-Nacht-Großkreis in

⁷Siehe unsere Definition der Dämmerung als Begründung.

den Dämmerungskreis bewegt, benötigt also zu jenen Zeitpunkten nicht die kürzest mögliche Zeit. Die Zeitpunkte verschieben sich vom Herbst- bzw. Frühlingsbeginn beide in Richtung Winter. Doch wann genau ist jener Zeitpunkt, an dem die Dämmerung am kürzesten ist?

Zunächst betrachten wir 2 Punkte auf einem Breitenkreis k_φ (φ° geogr. Breite), die vom Erdmittelpunkt aus gesehen jene 10° voneinander entfernt sind. Zum Zeitpunkt der kürzesten Dämmerung muss der Tag-Nacht-Großkreis durch den ersten Punkt auf k_φ , nennen wir ihn P , gehen, der Dämmerungskreis durch den anderen, 10° von P entfernten, hier als Q bezeichneten. Nun muss der Tag-Nacht-Großkreis, der bisher frei entlang der Achse P -Erdmittelpunkt drehbar war, so gewählt werden, dass der Minimalabstand von Q zum gesuchten Großkreis tatsächlich 10° beträgt, oder in anderen Worten, dass der zum Tag-Nacht-Großkreis parallele Dämmerungskreis durch Q von diesem 10° (vom Erdmittelpunkt aus gemessen) entfernt ist und nicht weniger. Dazu legen wir eine Geodäte, also einen Großkreis k_g , durch P und Q . Der Tag-Nacht-Großkreis muss senkrecht dazu stehen, womit er eindeutig definiert ist. Der Winkel zwischen Erdachse und Tag-Nacht-Großkreis ist das ε , an dem die Dämmerung am kürzesten dauert.

Wählen wir folgendes Koordinatensystem, in das wir die Erdkugel mit Radius R legen: Die Erdachse sei die z -Achse, der Erdmittelpunkt M der Ursprung und die y -Koordinate von P gleich Null. P und Q liegen auf dem Breitenkreis k_φ . P hat somit die Koordinaten

$$P = \begin{pmatrix} R \cos \varphi \\ 0 \\ R \sin \varphi \end{pmatrix}$$

Für Q errechnen sich die Koordinaten⁸

$$Q = \begin{pmatrix} R \frac{\cos \frac{\pi}{18} - \sin^2 \varphi}{\cos \varphi} \\ R \sqrt{\frac{\cos^4 \varphi - \sin^4 \varphi - \cos^2 \frac{\pi}{18} + 2 \sin^2 \varphi \cos \frac{\pi}{18}}{\cos^2 \varphi}} \\ R \sin \varphi \end{pmatrix}$$

Der Normalvektor \vec{n} des Tag-Nacht-Großkreises errechnet sich mit zweifacher Anwendung des Kreuzproduktes:

$$\vec{n} = (P \times Q) \times P$$

Das gesuchte ε_s ist (in Grad)

$$\varepsilon_s = \frac{\pi}{2} - \angle(\vec{n}, \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix})$$

Das gesuchte t_s ergibt sich aus Gleichung (1) durch

$$t_s = \frac{365.2569}{2\pi} \cdot \operatorname{acos} \frac{\sin \varepsilon_s}{\sin \varepsilon_0}$$

$365.2569 - t_s$ ergibt die zweite Lösung (Herbst).

Für $\varphi = 48^\circ$ und einen Winkel $\gamma = 10^\circ$ der Sonne unter dem Horizont für den Dämmerungsbeginn ergibt sich wie bereits aus dem Graphen bestimmt (siehe Anfang dieses Kapitels) für den Tag kürzester Dämmerung $t_1 = 81.596$ und $t_2 = 283.661$.

⁸Der Winkel PMQ ist 10° , Q liegt auf dem selben Breitenkreis.

Höchst seltsame Wunderdinge

Friedrich Samhaber

Die Begriffe, die du schufst, sind auch jetzt noch führend in unserem physikalischen Denken

Albert Einstein über Newton

Zur Optic gehört auch die Cataoptrick und Dioptrick. Von jener allein haben CHRISTOPHORUS SCHEINERUS und ISAACUS NEWTON gar fein gehandelt. Doch fordert des letztern sein Werk einen Leser, der bereits ein guter Mathematicus ist.

Gottlieb Stolle, Anleitung zur Historie der Gelahrheit, Jena 1727, 313

Ich mache keine Hypothesen.

Isaak Newton (auf die Frage nach dem Wesen der Schwerkraft)

Die bedeutendsten Erkenntnisse der Astronomie und Kosmologie der Neuzeit verdanken wir Nicolaus Copernicus, Johannes Kepler und Isaak Newton. Entscheidende fundamentale Voraussetzungen dafür schufen die Vertreter der Wiener astronomischen Schule des 15. Jahrhunderts insbesondere deren Zentralfigur: Georg Aunpekh von Peuerbach

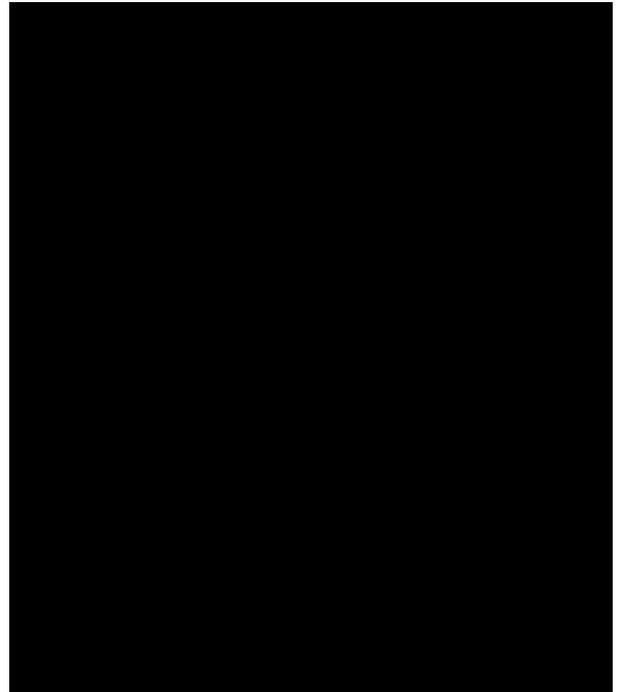
In der im Jahr 2000 begonnenen und in Abständen von je 2 Jahren fortgesetzten Ausstellungsserie im Schlossmuseum Peuerbach *Georg von Peuerbach und die Folgen* sollen die Auswirkungen der fundamentalen Arbeiten Peuerbachs auf die nachfolgenden Gestalter unseres Weltbildes aufgezeigt werden.

Im Jahr 2000 wurden schwerpunktmäßig die Folgewirkungen für Nicolaus Copernicus und seine Zeit demonstriert, im Jahr 2002 in der Ausstellung *Harmonie der Welt* der Weg zu Johannes Kepler veranschaulicht und im Jahr 2004 wurde in der Ausstellung *Der neue Blick ins All* die Weiterentwicklung bis zu Isaak Newton aufgezeigt.

Kaum eine andere technische Erfindung hat den Erkenntnisbereich der Menschheit im Mikro- und Makrokosmos so entscheidend erweitert wie die geeignete Kombination von optischen Linsen und Spiegeln zu Mikroskopen und Teleskopen. Die Erfindung des Fernrohres ermöglichte einen neuen, faszinierenden Blick ins All.

Die exakten theoretischen Grundlagen für die Entwicklung und Optimierung derartiger optischer Hilfsinstrumente schuf ein vor genau 400 Jahren veröffentlichtes Werk des Johannes Kepler mit dem Titel *Ad vitellionem paralipomena quibus astronomiae pars optica traditur*. Dieses fundamentale Werk über die Verbindung von Astronomie und Optik und das 1611

erschienene Buch Keplers *Dioptrik, der Lehre von der Lichtbrechung und der astronomischen Teleskopbeobachtung* weisen Kepler als den Begründer der modernen Optik aus. Dieser höchst bemerkenswerte Aspekt von Keplers Schaffen wird durch seine großartigen astronomischen Leistungen - z.B. die Formulierung der 3 Keplerschen Gesetze - meist derart überstrahlt, dass ihm - sehr zu Unrecht - häufig nicht der gebührende Stellenwert zugewiesen wird.



Wie eine Sonnenfinsternis von drei verschiedenen Punkten der Erdoberfläche gesehen wird, demonstriert eine Darstellung aus "Theoricæ novæ Planetarum" (1472) von Georg von Peuerbach, in einem Druck von 1534.

Die genauen Umstände der Erfindung des Fernrohres sind unbekannt. 1608 ersuchte ein holländischer Brillenschleifer Hans Lipperskey (oder Lippersheim) um die Erteilung eines Patentes für ein auf der Kombination einer Bikonvex-Linse mit einer Bikonkav-Linse aufgebautes Fernrohr - wobei nicht gesichert ist, ob er selbst der Erfinder war. Galilei hörte davon, baute dieses Fernrohr nach und beobachtete mit diesem "Perispicillum" im Jänner und Februar 1610 Mond, Milchstraße und Jupiter. Die Ergebnisse dieser Beobachtungen veröffentlichte er in einer kurzen lateinischen Schrift mit dem Titel *Sidereus Nuncius ...* (Sternenbote, Verkünder großer, höchst seltsamer Wunderdinge, auf die er jedermann, besonders aber Philosophen und Astronomen aufmerksam machen will ...).

Nur kurze Zeit später, am 15. März 1610 berichtet der Kaiserliche Rat Johann Matthäus Wackher von Wackhensfeld "vom Wagen herab vor meiner Wohnung" Kepler von diesen er-

Dipl.-Ing. Dr. tech. Friedrich Samhaber ist Initiator der Ausstellungsserie *Georg von Peuerbach und die Folgen*

staunlichen Beobachtungen und Kepler hatte kurz darauf durch "die Gunst des Kaisers" die Gelegenheit Galileis Druckschrift "einzusehen und in Eile zu überfliegen". Eingehend studieren konnte Kepler wenig später diese Schrift, da ihm der Gesandte des Großherzogs von Etrurien ein für ihn bestimmtes Druckexemplar überbrachte. Sowohl der Gesandte als auch der Kaiser drängten Kepler seine Beurteilung so bald als möglich mitzuteilen, was dieser auch prompt befolgte.

Schon am 19. April übersandte er sein Gutachten mit dem Titel *Dissertatio cum nuncio sidereo ...*, die "Unterredung mit dem Sternboten, der kürzlich zu den Sterblichen von Paduanischen Mathematiker Galileo Galilei geschickt wurde."

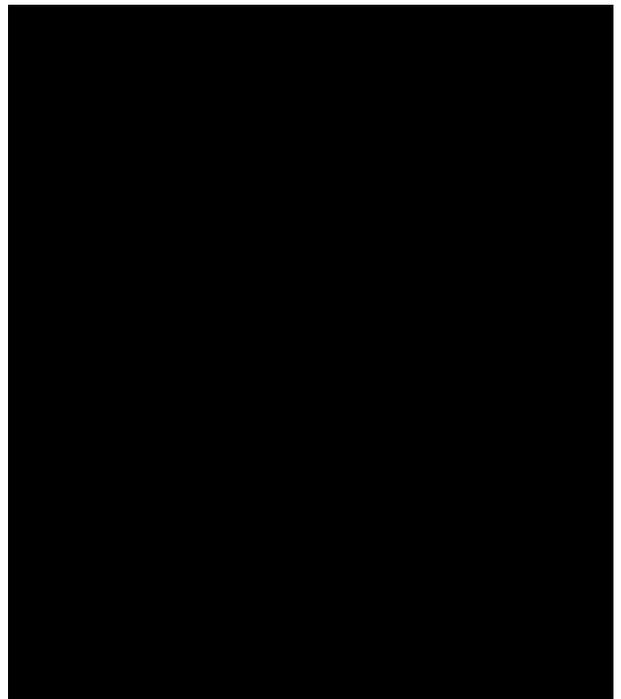
Da sich Kepler ja schon 6 Jahre früher in seinen *Astronomiae pars optica* intensiv mit dem Strahlengang des Lichtes in optischen Linsen auseinandergesetzt hatte, erkannte er in kurzer Zeit die Schwächen des holländischen (Galileischen) Fernrohres und wie man es grundsätzlich verbessern könnte. Hier weist Kepler bereits auf die möglichen Vorteile hin, wenn man anstatt der üblichen sphärischen Linsen hyperbolische verwendet.

Keplers *Astronomiae pars optica* von 1604 und die *Dioptrik* von 1611 zählen zu seinen großartigsten Werken. Er erklärt erstmalig darin präzise die Physik des Auges, die Akkomodation, das Zustandekommen von Weit- und Kurzsichtigkeit, die Gesetze des Strahlenganges in Linsen, die Theorie der Einzellinsen und der kombinierten Linsen, der Lupe, die Theorie des holländischen (Galileischen) Fernrohres und entwickelt ein neues, wesentlich leistungsstärkeres Fernrohr durch Kombination von zwei Bikonvexlinsen - das astronomische oder Kepler-Fernrohr. Bereits sehr bald nach dem Erscheinen der "Dioptrice" wurde das Galileische durch das Keplersche Fernrohr, das erstmals der Ingolstädter Jesuit Christoph Scheiner 1613 verfertigte, verdrängt.

Im Gegensatz zu Kepler hat sich Galilei nie eingehend mit der Theorie des Fernrohres beschäftigt und konnte daher nicht zu seiner grundlegenden Verbesserung beitragen. Einer Tagebucheintragung von Giovanni Tarde verdanken wir den Beweis dafür. Tarde notierte, dass er im November 1614 Galilei um nähere Angaben über den Bau und die Berechnung von Fernrohren gebeten und Galilei folgende Antwort erhalten habe: Die Wissenschaft sei noch nicht gut bekannt, er kenne auch niemanden, der sie schon behandelt habe, "wenn man nicht an Johannes Kepler, den Mathematiker des Kaisers, denken wolle, welcher ein Buch darüber geschrieben habe, so dunkel (*cosi oscuro*), dass wohl niemand es verstanden hat."

Galilei teilte die Ergebnisse seiner Beobachtungen mit dem Fernrohr Kepler in Form einer verschlüsselten Buchstabenreihe: Smaismrmilmepoetaleumibunenvgttauiras mit. Galilei wollte damit vermutlich seine Priorität wahren, war aber offensichtlich daran interessiert, dass Kepler möglichst spät den Sinn dieses Rätsels erfahre. Nach heftigem Kopfzerbrechen schickte Kepler acht Lösungsvorschläge an Galilei, keiner stimmte. Die Hinhaltetechnik kostete Kepler viel Zeit und Kraft und er schrieb: "Sieh doch, in welch erbärmlichen Zustand Du mich durch Dein Schweigen bringst." Schließlich drängte der Kaiser Galilei die Auflösung bekannt zu geben. Die richtige Reihung der Buchstaben in diesem fast unlösbaren Anagramm war:

Altissimum planetum tergeminum observavi



Ältestes Exemplar (1451) der von Georg von Peuerbach erfundenen Klappsonnenuhr mit Kompass. Die Marke der Missweisung ist hier erstmalig eingezeichnet. Das im Deckel eingravierte AEIOU weist auf den Erstbesitzer Kaiser Friedrich III. hin. (Tiroler Landesmuseum, Innsbruck)

(ich habe den höchsten der Planeten [Saturn] dreigestaltig beobachtet).

Da die Auflösung des Galileischen Fernrohres zu gering war, um die Saturnringe zu erkennen, nahm Galilei an, dass links und rechts vom Saturn noch ein Himmelskörper sei.

Erst mit dem Keplerschen Fernrohr konnte Jahrzehnte später Christian Huygens die Saturnringe eindeutig als solche richtig erkennen.

Die Erfindung des astronomischen (Kepler-)Fernrohres war der erste entscheidende Schritt zur grundlegenden Verbesserung und Weiterentwicklung des Fernrohres.

Den zweiten entscheidenden Schritt verdanken wir dem Jesuitenpater Nicolaus Zucchi (1586-1670), der beim holländischen Fernrohr die Sammellinse durch einen Hohlspiegel als Objektiv ersetzte und so das erste Spiegelteleskop baute. Ebenso wie das holländische Fernrohr hatte es jedoch nur ein sehr kleines Gesichtsfeld - ein Mangel, den mehrere Erfinder durch immer neue Kombinationsversuche von Hohlspiegeln mit Linsen oder Spiegeln zu beseitigen suchten. Dem schottischen Mathematiker James Gregory (1638 - 1675) und dem Franzosen Cassegrain gelangen brauchbare, aber vorerst technisch schwierige zu realisierende Lösungen.

Isaac Newton beschäftigte sich schon seit 1664 mit Linsenfernrohren, erkannte aber bald die Überlegenheit von Spiegelteleskopen. Durch eine besonders raffinierte Kombination eines Hohlspiegels mit einem Planspiegel und einer plankonvexen Okularlinse gelang ihm die Herstellung eines neuartigen, entscheidend leistungsfähigeren Spiegelteleskops. Newton konnte damit nicht nur die Jupitermonde, sondern sogar die Phasen der Venus beobachten, baute ein zweites, noch besseres Instrument und übersandte dies im Dezember 1671 der

Royal Society. In Gegenwart des Königs wurde Newtons Teleskop am 11. Jänner 1672 in Whitehall untersucht. Es fand soviel Beifall und Bewunderung, dass Newton daraufhin in die berühmte Royal Society aufgenommen wurde. Der besondere Vorteil des Newtonschen Spiegelteleskopes bestand in dessen genialer Einfachheit.

Newton verdanken wir jedoch nicht nur diese Möglichkeit, einen schärferen Blick ins All zu werfen, seine berühmte Gravitationslehre - die Basis der Himmelsmechanik - gibt uns auch eine präzise Erklärung des "warum" der Planetenbewegungen. Die Mathematik bereicherte Newton schließlich mit seiner Fluxionsrechnung - wie die Differentialrechnung von Leibnitz eine entscheidende Ausprägung der Infinitesimalrechnung. Die von ihm zusammengestellten 3 Grundgesetze der Mechanik (Newton Axiome): Trägheitsgesetz, dynamisches Grundgesetz (Newtonsche Bewegungsgleichung) und das Reaktionsprinzip bilden zusammen mit dem Gravitationsgesetz das Fundament der klassischen theoretischen Physik.

Newton begründete die Emissionstheorie des Lichtes, erkannte dessen Zerlegungsmöglichkeit in Spektralfarben und beschäftigte sich mit den Farben dünner Blättchen (Newtonsche Ringe) - fundamentale Erkenntnisse der experimentellen Optik.

Alle diese Glanzleistungen des Genies Newton sind Meilensteine der Menschheitsgeschichte auf dem Weg der Erkenntnis und beeindruckende Ergebnisse eines schaffensreichen Lebens.

Isaak Newton wurde am 4. Jänner 1643 in Woolsthorpe (Grafschaft Lincolnshire) geboren. Sein Onkel bemerkte schon sehr früh seine besondere Begabung und förderte ihn entscheidend. Nach Absolvierung der Dorfschule und einer angesehenen Lateinschule begann er mit 18 Jahren sein Studium am Trinity-College an der Universität Cambridge. Seit 1667 Magister, übernahm er dort bereits 1669 eine mathematische Professur als Nachfolger seines Lehrers I. Barrow. Hier und in seinem Heimatdorf Woolsthorpe - wo er während der zweijährigen Schließung des Trinity-Colleges während der Pestepidemie eine besonders kreative Schaffenszeit verbrachte - entstanden seine bahnbrechenden Arbeiten zur Infinitesimalrechnung, zur Optik und Farbentheorie des Lichtes (seit 1664 experimentierte er mit dem Prisma) und seinem Hauptwerk, den *Principia*, welches 1687 im Druck erschien. Damit demonstrierte er seine Vielseitigkeit auf den Gebieten der Mathematik, Optik, physikalischen Astronomie und Mechanik in brillanter Weise.

Die Lebensgewohnheiten des Mitvierzigers Newton und die Hörerfrequenz seiner Vorlesungen beschreibt sein Diener sehr eindrucksvoll: *"Ich habe niemals erlebt, dass er sich je eine Erholung oder einen Zeitvertreib wie Ausreiten, Spazieren gehen oder Kegeln gegönnt oder sonst irgendeinen Sport getrieben hätte, deuchte ihn doch jede Stunde verloren, die er nicht mit seinem Studien verbrachte. Diese verfolgte er mit solchem Eifer, dass er nur selten sein Zimmer verließ, außer um eine Vorlesung zu halten ... die so wenige besuchten und noch weniger verstanden, dass er oft in Ermangelung von Hörern gewissermaßen vor leeren Bänken dozierte."*

1672 wurde Newton Mitglied und 1703 Präsident der Royal Society. Seit 1698 Münzwardein wurde Newton 1699 Master of the Mint - Aufseher der königlichen Münze. Seit diesem Jahr war er auch auswärtiges Mitglied der Pariser Akademie.

Hochbetagt starb Newton am 30. 3. 1727 in Kensington und wurde in der Westminsterabtei beigesetzt. In deutscher Übertragung lautet seine Grabinschrift:

"Hier ruht der Ritter Isaak Newton, welcher durch fast göttliche Geisteskraft der Planeten Bewegung, Gestalten, der Kometen Bahn, der Gezeiten Verlauf durch seine eigene Mathematik bewies. Die Verschiedenheit der Lichtstrahlen, die darauf beruhenden Eigenschaften der Farben, von denen niemand nur ahnte, erforschte er. Er war der Natur, des Altertums, der Heiligen Schrift flüssiger, scharfsinniger Erklärer. Die Majestät Gottes verherrlichte er in seiner Wissenschaft. Die Schönheit des Evangeliums zeigte er durch seinen Wandel. Mögen die Sterblichen sich freuen, dass er unter uns lebte."

Die Zeitzither - Georg von Peuerbach und das helle Mittelalter

Friedrich Samhaber hat in diesem liebevoll editiertem und illustriertem Buch das Leben und Wirken des großen mittelalterlichen Gelehrten Georg Aunpekh von Peuerbach (1423 - 1461) nachgezeichnet. Heute weitgehend unbekannt war er mit seinen astronomischen Werken ein Wegbereiter von Kopernikus. Die Kompass-Missweisung berücksichtigte er als erster, er führte den Sinus in die europäische Mathematik ein. Wir erfahren viel über die wissenschaftliche Kultur dieser Zeit an der noch jungen Wiener Universität, die Rolle des Stifts Klosterneuburg, die lebensrettende Vorhersage einer Mondesfinsternis (Columbus) durch Peuerbach und vieles mehr.

Verlag Wambacher, 4760 Raab. ISBN 3-85360-003-4. 285 S.

Asymptotische Freiheit - Nobelpreis für Physik 2004

Gerhard Ecker

Der diesjährige Nobelpreis für Physik wurde zu gleichen Teilen den amerikanischen Teilchenphysikern David J. Gross, H. David Politzer und Frank Wilczek für ihre Entdeckung der asymptotischen Freiheit in der Theorie der starken Wechselwirkung [1,2] zuerkannt. In der Begründung der Königlich Schwedischen Akademie der Wissenschaften heißt es weiter, dass diese Entdeckung zu einer neuen Theorie der starken Wechselwirkung führte, der Quantenchromodynamik (QCD). Mit ihrer Entdeckung haben die Preisträger "die Physik einen Schritt weiter gebracht auf dem Weg zu einer vereinheitlichten Theorie aller fundamentalen Wechselwirkungen einschließlich der Gravitation."

Die asymptotische Freiheit gehört heute zum täglichen Brot des Teilchenphysikers. Um die Bedeutung der Entdeckung der drei Laureaten richtig würdigen zu können, ist es notwendig, in der Geschichte der Teilchenphysik zurückzublättern und das physikalische Umfeld der 60er und frühen 70er Jahre zu betrachten.

Die Quantenelektrodynamik (QED) machte zwar sehr präzise Voraussagen, aber die physikalische Bedeutung der dabei verwendeten Methode, der "Renormierung", war nicht allgemein akzeptiert. Einige Pioniere der Quantenfeldtheorie (QFT) wie Dirac und Wigner, aber auch andere Experten kritisierten, dass die Renormierung "die Unendlichkeiten nur unter den Teppich kehrt" und daher das ganze Konzept einer lokalen QFT fragwürdig war. Zur Beschreibung der schwachen Wechselwirkung, z.B. des β -Zerfalls, stand die Fermi-Theorie zur Verfügung, mit der viele experimentelle Ergebnisse befriedigend erklärt werden konnten. Allerdings war diese Theorie nur in der Born-Näherung sinnvoll. Korrekturen höherer Ordnung waren nicht berechenbar. Auch dieser Umstand war der Reputation der QFT nicht unbedingt zuträglich.

Die größte Verwirrung herrschte aber auf dem Gebiet der starken Wechselwirkung. Mit der rasch wachsenden Zahl der Hadronen (Mesonen und Baryonen) wurde immer klarer, dass diese Teilchen alles andere als elementar waren. Die in den frühen 60er Jahren sehr einflussreiche Bootstrap-Philosophie erklärte alle Hadronen für gleichberechtigt (nuclear democracy) und setzte alle Hoffnungen in eine reine S(treu)-Matrix-Theorie. Ein anderer Zugang zum Verständnis der Hadronen wurde vor allem von Murray Gell-Mann vertreten (Nobelpreis 1969). Seine Strategie bestand darin, aus quantenfeldtheoretischen Modellen gewisse algebraische Relationen zu abstrahieren, die zugrunde liegende QFT aber dann nicht weiter Ernst zu nehmen. Diese Methodik war zwar durchaus erfolgreich (Quark-Modell, Stromalgebra), tiefere Einsichten in die Dynamik der starken Wechselwirkung blieben ihr aber ebenso versagt wie der S-Matrix-Theorie.

In der 2. Hälfte der 60er Jahre kam der entscheidende Hinweis (Friedman, Kendall, Taylor, Nobelpreis 1970). In der so ge-

nannten tief inelastischen Streuung von Leptonen (Elektronen, Neutrinos, Myonen) an Nukleonen zeigten die Streuquerschnitte bei hohen Energien und großen Transversalimpulsen eine immer einfachere Struktur (Skalenverhalten). Unter diesen Bedingungen erscheinen die Nukleonen wie eine Ansammlung von freien Teilchen, die von Feynman als Partonen bezeichnet wurden. Offensichtliche Kandidaten für diese Partonen waren die Quarks von Gell-Mann und Zweig. Damit war aber das Dilemma für eine QFT der starken Wechselwirkung scheinbar unlösbar geworden: wieso konnten die Quarks auch mit den höchsten zur Verfügung stehenden Energien nicht isoliert werden, wo sie sich doch andererseits in der tief inelastischen Streuung wie quasifreie Teilchen verhalten? So wird verständlich, dass Gell-Mann noch 1973 darauf bestand, dass die Quarks rein mathematische Konstrukte seien, denen keine physikalische Realität zukomme.

Anfang der 1970er Jahre wurde mit den Renormierungsgruppengleichungen in der modernen Formulierung von Wilson (Nobelpreis 1982), Callan und Symanzik ein neues Instrument zur Untersuchung des Skalenverhaltens entwickelt. Die entscheidende Größe in diesem Zusammenhang ist die so genannte Beta-Funktion, die angibt, wie sich die Kopplungskonstante bei einer Änderung der Renormierungsskala verhält. Für die Untersuchung des Skalenverhaltens reicht es aus, das Vorzeichen der Beta-Funktion bei kleinen Werten der Kopplungskonstante zu kennen. Ist das Vorzeichen positiv, so wächst die effektive Kopplungsstärke logarithmisch mit der Energie, während bei einem negativen Vorzeichen die Kopplung entsprechend abfällt und asymptotisch verschwindet (ultraviolette Stabilität, später asymptotische Freiheit genannt).

Die QED ist ultraviolett instabil, die effektive Ladung wächst mit der Energie oder, etwas anschaulicher, sie nimmt mit wachsendem Abstand zu einer anderen Ladung ab. Dieses Verhalten war seit langem bekannt: im Vakuum der QED gibt es durch Quantenfluktuationen virtuelle Elektron-Positron-Paare, die die realen Ladungen abschirmen. Je weiter zwei Ladungen voneinander entfernt sind, desto mehr werden sie gegenseitig abgeschirmt und die effektiven Ladungen nehmen daher mit wachsendem Abstand ab.

Dieses Phänomen ist nicht auf die QED beschränkt. In einer Arbeit, die im März 1973, kaum zwei Monate vor den Nobelpreisarbeiten [1,2], bei Physical Review eingereicht wurde [3], konnte A. Zee zeigen, dass die Ladungsabschirmung in einer großen Klasse von QFT auftritt. Im Abstract dieser Arbeit heißt es: "On the basis of this result we conjecture that there are no asymptotically free quantum field theories in four dimensions." Zur gleichen Zeit arbeiteten Gross und S. Coleman an demselben Problem, mit der deklarierten Absicht [4] zu zeigen, dass eine renormierbare QFT nicht asymptotisch frei sein kann. Zu dieser Zeit war die Klasse der renormierbaren QFT gerade um die nichtabelschen Eichtheorien (Yang-Mills-Theorien) erweitert worden ('t Hooft, Veltman, Nobelpreis 1979). Auch die experimentellen Hinweise mehrten sich, dass die elektromagnetischen und schwachen Wechselwirkungen

Univ.Prof. Dr. Gerhard Ecker, Institut für theoretische Physik, Universität Wien (eMail: gerhard.ecker@univie.ac.at), forscht auf dem Gebiet Quantenfeldtheorie.

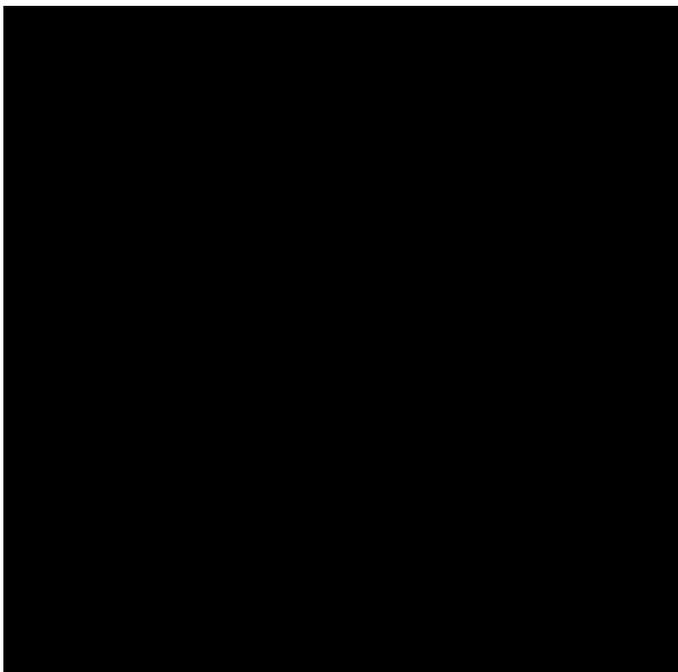


Abb. 1: Energieabhängigkeit der starken Feinstrukturkonstante α_s .

durch eine vereinheitlichte Yang-Mills-Theorie beschrieben werden können. Obwohl Yang und Mills ihre Theorie ursprünglich auf die starke Wechselwirkung anwenden wollten, war diese Möglichkeit aus verschiedenen guten Gründen sehr bald wieder aufgegeben worden. Um dieses "Schlupfloch" in der Argumentation zur vermeintlichen Unverträglichkeit von renormierbarer QFT und asymptotischer Freiheit zu schließen, wurden die Doktoranden Politzer (Univ. Harvard, Betreuer Coleman) und Wilczek (Univ. Princeton, Betreuer Gross) beauftragt, die Beta-Funktion für nichtabelsche Eichtheorien zu berechnen. Der Rest ist Physikgeschichte.

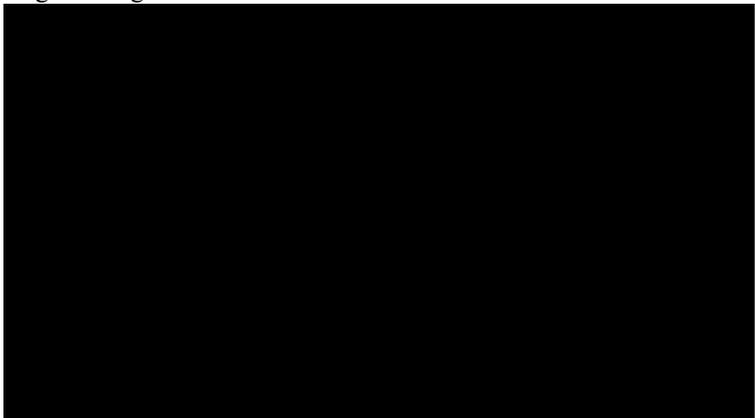
Warum ist die Beta-Funktion einer Yang-Mills-Theorie negativ? Mit den heutigen Hilfsmitteln lässt sich diese Frage in einer guten Stunde in allen Details beantworten. Es genügt, die Divergenzstruktur einiger Ein-Schleifen-Diagramme zu untersuchen, um das Ergebnis herzuleiten. In gewisser Weise lag die asymptotische Freiheit schon immer unter dem Teppich versteckt, unter den die Divergenzen angeblich gekehrt worden waren. Ein physikalisches Verständnis des Phänomens erhält man, wenn man das Vakuum einer QFT als polarisierbares Medium interpretiert [5].

Im Gegensatz zu einem üblichen Medium ist das Produkt aus Dielektrizitätskonstante ϵ und Permeabilität μ in einer relativistischen Theorie immer gleich eins. Eine "normale" QFT wie die QED hat wegen der Ladungsabschirmung $\epsilon > 1$ und das Vakuum kann daher auch als Diamagnet ($\mu < 1$) angesehen werden. In einer nichtabelschen Theorie wie der QCD tragen aber nicht nur die Materieteilchen (Quarks in diesem Fall) eine Ladung (die so genannte Farbladung, die natürlich nichts mit der optischen Farbe zu tun hat), sondern auch die Träger der Wechselwirkung, im Fall der QCD die "farbigen" Gluonen. Dagegen sind die Photonen bekanntlich ungeladen. Die Gluonen, die wie die Photonen Spin 1 haben, wirken wie permanente magnetische Farbdipole und machen das Vakuum zu einem Paramagneten ($\mu > 1$). Tatsächlich wirken die Farbladungsabschirmung der Quarks und der Paramagnetismus der Gluonen in entgegengesetzter Richtung. Entscheidend für das Vorzeichen der Beta-Funktion und damit für die Existenz der asymptotischen Freiheit in einer Eichtheorie mit Eichgruppe

$SU(N_C)$ ist das Vorzeichen des Ausdrucks $2 N_F - 11 N_C$: für drei Farben ($N_C = 3$) ist die Theorie asymptotisch frei, wenn es nicht mehr als 16 Quarksorten gibt ($N_F = 16$). Da die Natur offenbar mit 6 Quarksorten auskommt, ist die QCD asymptotisch frei.

Damit war die QFT zur Beschreibung aller mikroskopischen Wechselwirkungen wie der Phönix aus der Asche wiedererstand. Seit nunmehr 30 Jahren hat das Standardmodell der starken und elektroschwachen Wechselwirkungen praktisch alle experimentellen Tests mit Bravour bestanden. In Abbildung 1 ist der von der asymptotischen Freiheit vorhergesagte Abfall der starken Feinstrukturkonstante α_s mit der Energie wiedergegeben. Der vom Nobelpreiskomitee gewürdigte Schritt zu einer großen Vereinheitlichung lässt sich an Abbildung 2 ablesen. Das linke Bild zeigt, dass mit den derzeit bekannten Teilchen eine Vereinheitlichung unwahrscheinlich ist. Die Supersymmetrie ist eine theoretisch attraktive Variante, die "große Wüste" mit Leben zu erfüllen, um eine Vereinheitlichung bei etwa 10^{16} GeV zu ermöglichen, wie aus dem rechten Bild ersichtlich wird.

Die Kehrseite der asymptotischen Freiheit wird in der blumigen Sprache der Teilchenphysiker oft als "infrarote Sklaverei" bezeichnet. Bei kleinen Energien oder großen Distanzen steigt die effektive Kopplung an, wie aus Abbildung 1 hervorgeht. Viele theoretische Argumente und vor allem der experimentelle Befund sprechen dafür, dass Quarks und Gluonen permanent in den Hadronen eingesperrt sind (Confinement). Im Gegensatz zur asymptotischen Freiheit ist das Confinement bisher noch nicht aus den Grundgleichungen der QCD abgeleitet worden. Die universelle Verwendungsfähigkeit der QFT zeigt sich aber auch darin, dass wir heute selbst für offensichtlich gebundene Systeme wie Pionen und Nukleonen so genannte effektive Quantenfeldtheorien mit großem Erfolg bei niedrigen Energien verwenden. Aber das ist eine andere Geschichte.



Literatur

- [1] D.J. Gross and F. Wilczek, Ultraviolet behavior of non-Abelian gauge theories, *Phys. Rev. Letters* 30 (1973) 1343
- [2] H.D. Politzer, Reliable perturbative results for strong interactions?, *Phys. Rev. Letters* 30 (1973) 1346
- [3] A. Zee, Study of the renormalization group for small coupling constants, *Phys. Rev. D* 7 (1973) 3630
- [4] D.J. Gross, 25 years of asymptotic freedom, *Nucl. Phys. Proc. Suppl.* 74 (1999) 426
- [5] N.K. Nielsen, Asymptotic freedom as a spin effect, *Am. J. Phys.* 49 (1981) 1171

Physics for a Better Future

35. Internationalen Physik-Olympiade-2004 in Korea

Helmuth Mayr

Es war einfach nicht zu übersehen: Wo immer man sich in der 510 000-Einwohner-Stadt Pohang im Süden Koreas bewegte, an allen Straßenkreuzungen, entlang der breiten, belebten Boulevards und in allen Winkeln hingen auffällige Fahnen mit der Aufschrift: **"35th International Physics Olympiad - Physics for a Better Future"**. Jeden Abend vom 15. bis 23. Juli 2004 brachte der meist gesehene Fernsehsender Koreas in den Abendnachrichten einen Bericht darüber, was die 332 Schülerinnen und Schüler aus 71 Nationen im Verlauf der Physik-Olympiade gerade taten, und betonte, dass diese jungen Talente die Hoffnungsträger "for a better future" seien.

Bereits die Eröffnung zeigte, welche ungeheure Bedeutung der Staat Korea der Förderung junger naturwissenschaftlich-technischer Talente beimisst. Der Hauptredner war niemand geringerer als der Staatspräsident, der in wohlgesetzten Worten den Zusammenhang von gesellschaftlicher Entwicklung und physikalisch-technischer Bildung in einem zum Bersten besetzten, riesigen Festsaal betonte.

Für uns Teilnehmer war dies einerseits ehrenvoll, andererseits mit einigem Unbill verbunden. Mussten wir doch am Eröffnungstag bereits um 6 Uhr frühstücken, damit wir - nach einer mittellangen Busfahrt von der Unterkunft zum Festsaal der POSTECH-Universität in Phoang - ab 1/8 Uhr jene Sicherheitsschleusen passieren konnten, die extra wegen der Anwesenheit des Präsidenten aufgestellt wurden. Bedenkt man, dass 332 Teilnehmer/innen, 139 Leader, etliche Beobachter, eine erhebliche Zahl an Ehrengästen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik sowie ungefähr 100 Personen aus dem Staff jene türähnliche Schleuse - die von den Sicherheitschecks in Flughäfen vertraut ist - zu durchqueren hatten, lässt sich leicht abschätzen, dass dies erhebliche Zeit in Anspruch nahm.

Der Tradition der IPHOs folgend begannen am frühen Nachmittag des selben Tages die Beratungen über die theoretischen Aufgaben. Der Konferenzraum war zum Bersten mit den Leadern der 71 teilnehmenden Nationen und etlichen Beobachtern von künftigen Teilnehmerstaaten gefüllt.

Auf den Leader-Plätzen lag die englischsprachige Angabe der ersten Aufgabe bereit: Es soll ein großer Plattenkondensator untersucht werden, in den ein kleines Plättchen eingebracht wurde (siehe Abbildung 1). Legt man an das System eine geeignete elektrische Spannung an, beginnt das Plättchen sich auf und ab zu bewegen. Die Teilnehmer/innen sollten unter Beachtung diverser Idealisierungen die elektrischen und die Bewegungsverhältnisse in diesem System berechnen.

Wie zu erwarten war, wurde durch zahlreiche Diskussionsbeiträge um eine möglichst korrekte Formulierung gerungen, was bei zirka 140 Diskutanten/innen und einer größeren Anzahl

von Lösungsmöglichkeiten einige Zeit in Anspruch nahm. Dann musste noch das Punkteschema besprochen werden, und als nach fast zwei Stunden die letzte Abstimmung zur allgemeinen Akzeptanz führte, wurde dies mit Applaus begrüßt.

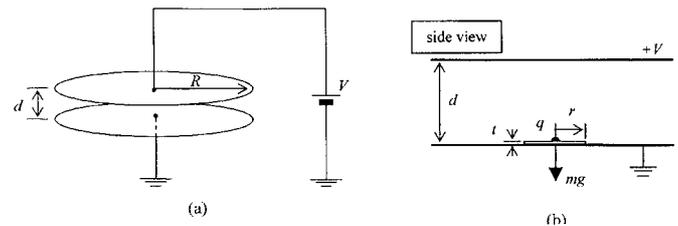


Abbildung 1

Nach einer kurzen Kaffeepause wiederholte sich das Spiel mit der zweiten Aufgabe. In ihr wird ein heliumgefüllter Ballon betrachtet, zuerst der Schwebezustand. Die Nachwuchstalente mussten funktionale Zusammenhänge für verschiedene mechanische und thermodynamische Größen berechnen. Sodann waren auf Grund einer gegebenen Theorie Daten über die Ballonhülle und den Überdruck zu berechnen und zuletzt wurde nach der erreichbaren Aufstiegshöhe des Ballons gefragt. Wiederum wurde die Aufgabe eingehend erörtert und eine offizielle englischsprachige Fassung einschließlich des Punkteschemas besprochen.

Nach einer weiteren Kaffeepause folgte die dritte theoretische Aufgabe. In ihr wurde eines jener Mikroskope betrachtet, bei denen das Bild einer Oberfläche durch Abtasten mit einer feinen Spitze entsteht (siehe Abbildung 2). Zuerst wurde nach Details der elektrischen Steuerung gefragt, was von den Teilnehmern/innen ausgezeichnete Kenntnisse über Überlagerungen von Schwingungen und Wellen verlangte. Danach wurden die mechanischen Verhältnisse der Abtastspitze untersucht, insbesondere deren elastisches Verhalten.

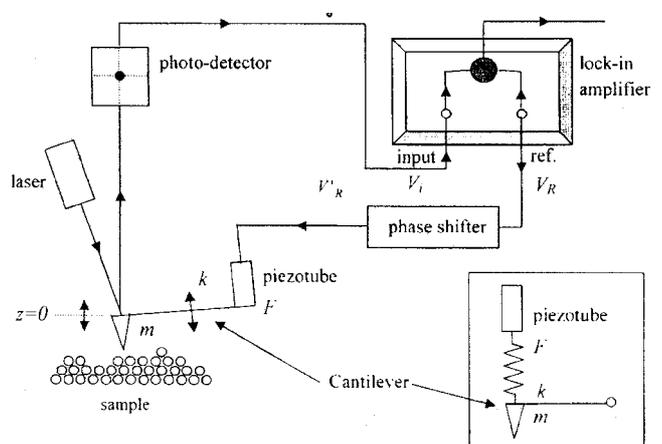


Abbildung 2

OSTR Ing. Mag. Helmuth Mayr (e-Mail: helmuth.mayr@chello.at), BGRG 15 Wien, leitet mit Dir. Mag. Günther Lechner, BORG St. Johann i.T., die österreichische Delegation bei der internationalen Physikolympiade.

Roman Ulrich Sexl-Preis 2004

Der Roman Ulrich Sexl-Preis 2004 wurde an Herrn Prof. Mag. Engelbert Stütz, BRG Hamerlingstraße Linz, für seine Leistungen zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Schule und in Lehreraus- und -fortbildung vergeben.

Wir gratulieren!

Ausschreibung Roman Ulrich Sexl-Preis 2005

Die Österreichische Physikalische Gesellschaft stiftet mit dem Ziel der Förderung einer motivierenden und effizienten physikalischen Lehre den Roman Ulrich Sexl-Preis.

Die auszuzeichnenden Leistungen können in der Lehre, in der Unterrichtsplanung und Unterrichtserteilung auf jedem Wissensniveau, im Rahmen der Lehrerfortbildung oder bei der Erstellung von Lehrbehelfen jeder Art erbracht werden. Es werden nur solche Leistungen ausgezeichnet, die sich in der Lehrpraxis bewährt haben. Als Preisträger kommen Personen bzw. Personengruppen in Betracht, die ihre auszeichnende Leistung in Österreich erbracht haben. Vorschläge auf Auszeichnung können durch jedes Mitglied der ÖPG gemacht werden. Eigenbewerbung ist ausgeschlossen.

Der Roman Ulrich Sexl-Preis ist derzeit mit EUR 1500 dotiert.

Über die Zuerkennung des Preises entscheidet der Vorstand der ÖPG unter Ausschluß des Rechtsweges.

Vorschläge müssen bis spätestens **1. Februar 2005** beim Vorsitzenden der ÖPG

Univ. Prof. Dr. Helmut Rauch
Atominstitut
Technische Universität Wien
Stadionallee 2, 1020 Wien
schriftlich eingebracht werden.

Physikolympiade 2004

Christian Hofstadler, HTBLA Leonding, III. Jahrgang (Kursleiter: Stütz),

Anna Celarek, BRG Wörgl, 8. Kl. (Kursleiterin: Tusch),

Jakob Egger, Europagymnasium Linz-Auhof, 8. Kl. (Kursleiterin: Wirth),

Stefan Hierz, BGRG Graz-Pestalozzistraße, 7. Kl. (Kursleiter: Raudner),

Matthias Weißenbacher, BGRG Graz-Seebachgasse, 8. Kl. (Kursleiter: Stremitzer),

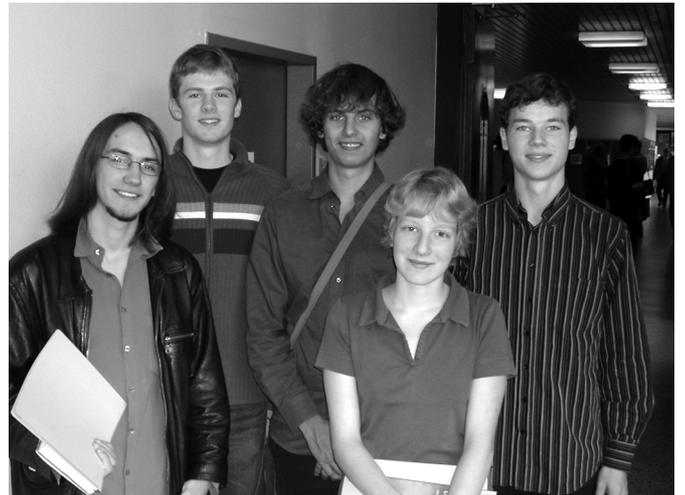
Arno Tripolt, BGRG Carnerigasse Graz, 7. Kl. (Kursleiter: Stremitzer)

waren die Besten des Österreichischen Bundeswettbewerbs. Wegen Verhinderung von M. Weißenbacher durfte A. Tripolt an der 35. Internationalen Physikolympiade teilnehmen. Einen Bericht über diesen Wettbewerb finden Sie in diesem Heft. Die erfreulichen Ergebnisse lauten:

Bronzemedaille für *Christian Hofstadler*,
4. Platz für *Stefan Hierz*.

Wir gratulieren herzlichst!

Die ÖPG lud die Sieger der Österreichischen Physikolympiade und Teilnehmer an der IPhO zur Jahrestagung nach Linz ein. Prof. Gero Vogl, Vorsitzender der ÖPG, gratulierte ihnen und dankte OStR Mag. Helmuth Mayr und Dir. Mag. Günther Lechner für die Betreuung



Die Sieger der österreichischen Physikolympiade

Fachbereichsarbeiten aus Physik 2004

Zur Prämierung wurden bis Mai 2004 12 Arbeiten eingesandt, die von den betreuenden Lehrkräften als besonders gelungen bezeichnet wurden. Lediglich drei Arbeiten benutzten experimentelle Methoden. Die Jury fand, dass Niveau und Qualität der Arbeiten ausgezeichnet sind.

Die folgenden drei Preisträger wurden ermittelt, wobei die experimentelle Arbeit einerseits und sorgfältige Ausarbeitung eines schwierigen Themas andererseits den Ausschlag gaben:

Peter Asenbaum (betreut von Mag. Wolfgang Wisenöcker an der Albertus Magnus Schule Wien): "Nichtlinearer Oszillator"

Antonius Dorda (betreut von Dr. Erich Reichel am BG/BRG Seebachgasse Graz): "Abgehobene Physik - Dem dynamischen Auftrieb auf der Spur"

Cornelia Faustmann (betreut von Mag. Gisela Schreiber am BG Wiener Neustadt Zehnergasse): "Entstehung und Eigenschaften Schwarzer Löcher"

Die Ausgezeichneten wurden zur Jahrestagung der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft in Linz eingeladen. Im Rahmen einer kleinen Feier wurden vom Vorsitzenden der Gesellschaft, Prof. Dr. Gero Vogl, Urkunden und Buchpreise überreicht. Sie waren Gäste bei den Exkursionen zu interessanten Industriebetrieben.

Freihandexperimente

Werner Rentzsch

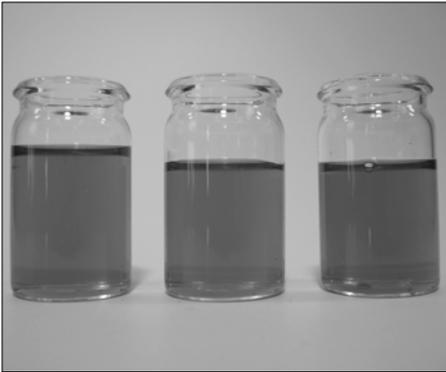
Die bunte Vielfalt

Geräte: 3 Schnappdeckelgläser, 2 Pasteurpipetten

Chemikalien: verdünnte Natronlauge, verdünnte Salzsäure

Materialien: Rotkrautsaft, Schutzbrille

Fülle drei Schnappdeckelgläser zu etwa je $\frac{3}{4}$ mit verdünntem Rotkrautsaft.



Gib mit der Tropfpipette in das *erste* Reagenzglas einige Tropfen Salzsäure.



In das *dritte* Glas gib mit der zweiten Tropfpipette einige Tropfen Natronlauge.



Beobachtung: Die Säure bewirkt eine Rotfärbung, im neutralen Wasser bleibt die Violettfärbung und bei Zugabe einer Base färbt sich die Lösung grün. Der in Rotkraut enthaltene Indikator, das so genannte Anthocyan, hat die Farbe geändert.

Hinweise: Ist der Rotkrautsaft zu konzentriert (zu dunkel), muss er so lange mit Wasser verdünnt werden, bis die Flüssigkeit durchscheinend ist.

Frischen Rotkrautsaft kann man leicht selber herstellen. Rotkraut wird mit einem scharfen Messer feinblättrig geschnitten.

Eine handvoll Blätter gibt man in ein Becherglas mit heißem Wasser und lässt einige Minuten "ziehen". Mit einem Sieb kann die Indikatorflüssigkeit von den Rotkrautblättern getrennt werden.

Die Limonadefabrik

Geräte: Schnappdeckelglas, Löffel, Spritzflasche

Chemikalien: Natriumhydrogencarbonat (Natron), Weinsäure

Materialien: Holzspan, Feuerzeug

Gib je einen Löffel Natron und Weinsäure in das Glas und vermische durch Schütteln.



Gib Wasser auf das Gemenge.



Entzünde einen Holzspan und tauche ihn in das Becherglas.



Beobachtung: Das Gemenge schäumt auf und der Holzspan erlischt. Beim Auflösen in Wasser setzt die Weinsäure aus Natron Kohlenstoffdioxid frei. Kohlenstoffdioxid besitzt eine größere Dichte als Luft und erstickt die Flamme.

In richtigem Brausepulver befinden sich noch Zucker und Farbstoffe.

Nicht nur für Röntgenzwecke

Geräte: 5 Schnappdeckelgläser mit Deckel, Spritzflasche, Messpipette, Peleusball, Pasteurpipette oder Tropfpipette

Chemikalien:

Schwefelsäure (10 %),
Bariumchloridlösung (1 M - ca. 18 %)



Materialien: Schutzbrille

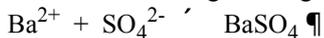
Fülle in das 1. Glas ca. 20 ml Schwefelsäure - das entspricht ca. einem fast vollen Schnappdeckelglas - siehe Foto!



Stelle die anderen Gläser daneben. Entnimm dem 1. Glas mit einer Messpipette 2 ml Säure und gib sie in das 2. Glas. Füll mit Wasser aus der Spritzflasche auf ca. 20 ml auf, verschließe mit dem Deckel und vermische durch Schütteln. Verfahre so bis zum 5. Glas. Gib nun in jedes Glas ca. 1 ml Bariumchloridlösung, verschließe mit dem Deckel und vermische durch Schütteln. Lass die Gläser einige Zeit ruhig stehen und beobachte.



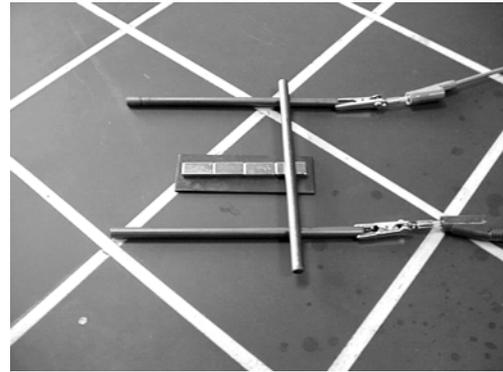
Beobachtung: Es entsteht vom 1. bis zum 5. Glas eine immer schwächer werdende Trübung. In den ersten Gläsern kommt es auch zur Niederschlagsbildung.



Die Reaktion ist sehr empfindlich und geht beim vorherigen Versuch bis zu einer Verdünnung 1:100000. Das nicht wasserlösliche Bariumsulfat wird als Kontrastmittel für Röntgenzwecke verwendet.

Lorentz-Kraft

Herbert Klinglmair



Zwei gleichgerichtet nebeneinander liegende Cretacolor MonolithGraphit 9B-Zeichenstifte (Art.-Nr. 204 09, Bleistiftfabrik A-7024 Hirm; nicht imprägnierte Rohware [!]) haben jeweils über Kabel und Klemme mit dem Plus- bzw. Minuspol einer stufenlos regelbaren Gleichstromquelle Kontakt und werden durch eine gleichartige dritte, quer über sie gelegte Mine miteinander verbunden. Man regelt den durch diese drei Grafitstifte fließenden elektrischen Strom auf etwa 4 A, unterbricht den Stromkreis und legt längs zwischen die beiden parallelen Minen ein Stück dickes Eisenblech ("Zufallsmaß" - s. Foto - ca. 90 mm x 30 mm x 2 mm) samt mehreren darauf haftenden, gleichpolig (z. B. alle N-Pole nach oben) ausgerichteten Dauermagneten (z. B. extrem starke NdFeB-Magnete von www.conrad.at, Art.-Nr. 50 36 22-55, 20 mm x 10 mm x 4 mm).

Wird jetzt der Stromkreis wieder geschlossen, rollt der quer liegende Stift je nach Magnetpol- und Stromrichtung zur einen oder anderen Seite.

Variante:



Anstelle der drei Grafitminen werden Aluhülsen für "Held"-Raketentreibsätze (www.winklerschulbedarf.com, Art.-Nr. 5803) verwendet. Die beiden nebeneinander liegenden Aluzylinder können auf einer Seite (z. B. mit ein paar Bierdeckeln) etwas angehoben werden, während die quer liegende Hülse mit einem beliebigen kleinen Gegenstand (z. B. Zündholzschachtel) am Abrollen gehindert wird. Schließt man nun den Stromkreis (Stromstärke bis gegen 10 A), so rollt der dritte Zylinder bei entsprechender Magnetpol- und Stromrichtung bergauf. (Das Eisenblech mit den Dauermagneten kann eventuell mit ein paar Kartonplättchen o.ä. ein wenig "aufgebockt" werden.)

Physik provozieren

Klaus Albrecht

Grundgedanke und Absicht

"Was wird passieren, wenn ...?" Vorhersagen über den Ablauf eines Experimentes haben in der Physik ihre unangefochtene Berechtigung. In manchen Fällen deckt sich die Erwartungshaltung jedoch nicht mit der Beobachtung. Diese Experimente provozieren uns! Im günstigen Fall weisen uns diese Experimente auf grundlegende Fehlkonzepte hin.

Umsetzung im Unterricht

Das Experiment vorzuführen und anschließend schulmeisterlich die Erklärung zu diktieren genügt nicht. Oft ist es günstig, vor der Durchführung des Experimentes die Erwartungen der Schüler einzufordern. Die in der Beschreibung des Experimentes eingefügten Fragestellungen und Behauptungen sollen zum Nachdenken herausfordern.

Die folgenden Beispiele aus meiner Sammlung "Physik provozieren" konkretisieren meine Absicht und die Realisierung im Unterricht. Die Skizzen für den Versuchsaufbau sind im Anschluss an die Beschreibung des jeweiligen Experimentes abgedruckt.

Wasserstandsmessung

Materialaufwand:

- Wasserbecken
- Schale (Spielzeugboot)
- Stein
- Holz

Herausforderung: "Ändert sich der Wasserspiegel, wenn man die Schiffsladung über Bord wirft?"

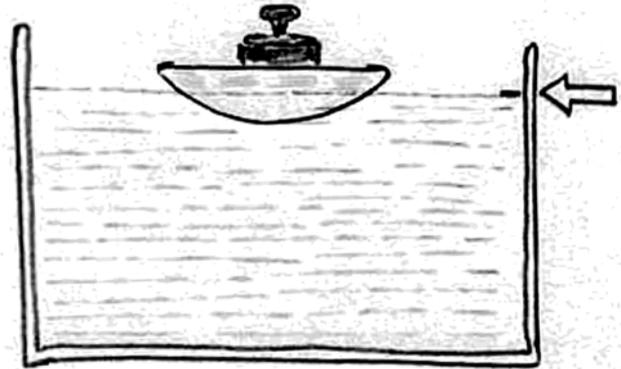
Ablauf:

Der Lehrer lässt die Schale (bzw. das Boot) mit dem Stein im Wasserbecken schwimmen (siehe Skizze). Der Wasserstand wird am Beckenrand markiert. Der Lehrer fragt: "Wird sich der Wasserstand am Beckenrand ändern, wenn ich den Stein aus dem Boot nehme und in das Wasser werfe?" Das Experiment wird durchgeführt. Lehrer: "Warum sinkt der Wasserspiegel? Der untergetauchte Stein müsste doch Wasser verdrängen und somit sollte der Wasserspiegel eigentlich ansteigen." Nachdem sich in einer anschließenden Erörterung eine Lösung abzeichnet, fordert der Lehrer das gewonnene Verständnis der Schüler erneut heraus: "Was wird passieren, wenn wir anstelle des Steines ein Stück Holz nehmen? Wird der Wasserspiegel nun wieder sinken?"

Kernpunkt: Auftrieb, Auftriebskraft

Details: Wasserbecken: ca. 50 cm x 30 cm

Skizze:



Lichterkette

Materialaufwand:

- Zwei 40 Watt Glühlampen und eine 100 Watt Glühlampe mit Fassung
- Verbindungskabel

Herausforderung: "Warum leuchtet ausgerechnet die stärkste Glühlampe nicht auf?"

Ablauf:

Der Lehrer baut eine Serienschaltung mit den drei Glühlampen auf. Lehrer: "Ich habe hier drei Glühlampen - zwei 40 Watt und eine 100 Watt Lampe - in Reihe geschaltet. Was wird passieren, wenn ich diese Reihenschaltung an die Netzsteckdose anschließe?" (siehe Skizze). Der Lehrer führt das Experiment durch und fragt: "Warum leuchtet eine Glühlampe nicht? Könnte es sein, dass eine Lampe kaputt ist?" In der anschließenden Erörterung erwartet sich der Lehrer schlüssige Argumente und Adaptionen des Experimentes für die individuellen Behauptungen. So zum Beispiel könnte man die Glühlampen einzeln an die Netzspannung anschließen und herausfinden, dass keine der drei Lampen defekt ist.

Kernpunkte:

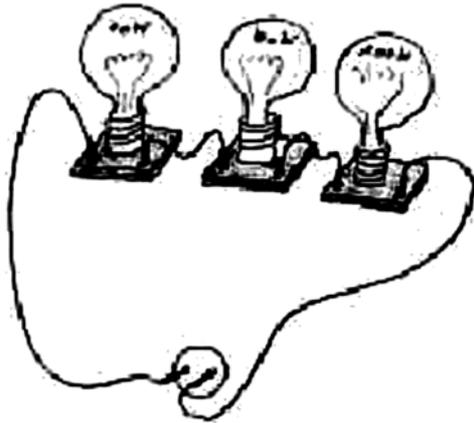
- Serienschaltung
- Elektrische Leistung
- Spannung, Strom, Widerstand

Hinweis 1: In der ursprünglichen Versuchsanordnung sollte sich die 100 Watt Lampe an einem Rand der Serienschaltung befinden. Dies führt meist zum Schülerargument, dass der Strom schon verbraucht ist, ehe er die letzte Lampe erreicht.

Hinweis 2: Prinzipiell lässt sich diese Herausforderung mit nur zwei Glühlampen (40 Watt und 100 Watt) realisieren. Verwendet man jedoch drei Lampen, so können Schüler durch einfache Intensitätsvergleiche die beiden 40 Watt Lampen leichter von der 100 Watt Lampe unterscheiden.

Hinweis 3: Das Experiment fordert zu einer Unzahl von Variationen heraus. So werden die Schüler hoffentlich vorschlagen, einzelne Glühlampen herauszudrehen, die Reihenfolge und die Anzahl der Lampen zu ändern oder die Lampen in einer Parallelschaltung zu betreiben.

Skizze:



Physikalische Telepathie

Materialaufwand:

- Zwei Getränkedosen
- Kupferdraht und Faden
- Metallstange und Holzstange

Herausforderung: "Die Übertragung von Gedankenschwingungen in Metallen kann experimentell überprüft werden."

Ablauf:

Der Lehrer fixiert die beiden Getränkedosen mit Hilfe des Fadens nebeneinander auf einer Holzstange. Die beiden Drähte haben unterschiedliche Längen. Der Lehrer behauptet: "Ich versuche eine Gedankenübertragung zu den Dosen herzustellen. In dem ich mich fest auf eine der beiden Dosen konzentriere, wird es mir gelingen, dass die entsprechende Dose wie ein Pendel zu schwingen beginnt. Zuerst versuchen wir eine Übertragung durch eine Holzstange. Die Dosen werden mit einem Faden an der Stange fixiert. Damit keine Missverständnisse während des Konzentrationsflusses aufkommen, haben die beiden Pendel unterschiedliche Längen - eine Verwechslung ist somit nicht möglich und ich kann mich besser auf die entsprechende Dose konzentrieren. Die Bezeichnung "linke Dose" oder "rechte Dose" würde nur unnötige Konzentration vergeuden. Auf welche Dose soll ich mich zuerst konzentrieren?" Der Lehrer legt ein Ende der Stange auf das Fensterbrett und hält sich das andere Ende an die Stirn (siehe Skizze). Lehrer: "Damit der Gedankenfluss nicht abgelenkt wird, muss es im Klassenzimmer vollkommen still sein!" Der Lehrer konzentriert sich, aber das Pendel wird sich nicht bewegen. Leh-

rer: "Holz ist kein guter Gedankenleiter, versuchen wir es mit einer Metallstange." Der Lehrer wiederholt das Experiment und fixiert nun die beiden Getränkedosen mit Hilfe des Kupferdrahtes an einer Metallstange. Tatsächlich beginnt nun das gewünschte Pendel zu schwingen. Anmerkung: Entscheidend ist allerdings die Anregungsfrequenz - mit einiger Übung sind diese Bewegungen von Kopf und Hand für die Schüler nicht einfach wahrzunehmen. So gelingt es dem Lehrer das von den Schüler gewünschte Pendel in Schwingung zu versetzen. Lehrer: "Mit ausreichender Gedankenkonzentration ist es sogar möglich, das Pendel gar nicht zu berühren und die Gedanken über eine Luftstrecke überspringen zu lassen. Luft ist allerdings ein sehr schlechter Gedankenleiter und nach einem solchen Experiment hat man immer schreckliche Kopfschmerzen. Da ich mich heute ohnehin nicht gut konzentrieren kann, werde ich dieses Experiment auslassen."

Merksatz: Wir notieren: Metall leitet Gedanken besser als Holz oder Luft."

Kernpunkte:

- Frequenz
- Resonanz
- Pendellänge

Hinweis 1: Ich baue natürlich darauf, dass einzelne Schüler meine Begründung für die unterschiedlichen Pendellängen nicht unwidersprochen hinnehmen.

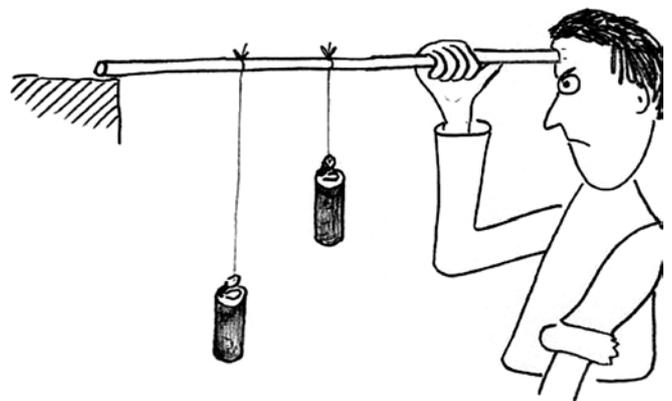
Hinweis 2: Der Lehrer lässt die ersten "telepathischen Minuten" verstreichen, ohne das Pendel anzuregen. So schwächt er meist die Beobachtungskonzentration der Schüler für den weiteren Verlauf des Experimentes.

Hinweis 3: Schüler, die behaupten, dass die Stange mit der Hand bewegt wird, können gerne diese These überprüfen. Meist ist für die Schüler die Resonanz der Bewegung kein Thema und in diesen Schülerversuchen beginnen vielfach beide Pendel zu schwingen.

Details:

Kupferdraht: 0,4 mm Durchmesser,
Metallstange: Stativstange 120 cm Länge,
Getränkedosen: 250 ml Dosen vollständig mit Wasser gefüllt,
Pendellängen: Länge(1) = 50 cm, Länge(2) = 70 cm

Skizze:



Die andere Bildung

Was man von den Naturwissenschaften wissen sollte.

Ernst Peter Fischer

Ullstein, Heyne, List, 2003, brosch, ISBN 3-548-36448-9, EUR 9,95.

Ernst Peter Fischer ist ja schon mit einigen sehr erfolgreichen Büchern zur Wissenschaftsgeschichte (*An den Grenzen des Denkens, Einstein, Hawking, Singh und Co.*) hervorgetreten und dürfte daher auch einigen Lesern von PLUS LUCIS vertraut sein. Sein nun als Taschenbuch erschienenes Werk *Die andere Bildung* ist sozusagen ein Gegenbuch, eine vehemente Antwort auf das Buch des deutschen Philologen Dietrich Schwanitz, der in seinem Buch *Bildung - Alles, was man wissen muss!* wortwörtlich behauptet hatte: "Und so bedauerlich es erscheinen mag: Naturwissenschaftliche Kenntnisse müssen zwar nicht versteckt werden, aber zur Bildung gehören sie nicht." Ernst Peter Fischers Buch ist nun ein einziger flammender Appell gegen diese Ghettoisierung der Naturwissenschaften durch das sog. Bildungsbürgertum, an der sie aber beileibe selbst nicht unschuldig sind. Sein Buch ist ein regelrechter Feldzug gegen diesen naturwissenschaftlichen Bildungsnotstand. Dabei bedeuten Naturwissenschaften für E.P. Fischer, der promovierter Physiker und Biologe und jetzt Professor für Wissenschaftsgeschichte an der Universität Konstanz ist, daher fast ausschließlich Physik und Biologie. Und da muss der Leser schon vorgewarnt werden, dass einige Kapitel des Buches tief in die moderne Biologie hinein und hoch in sie hinaufführen.

Man kann diese vier anspruchsvollen und sehr lehrreichen Kapitel über Darwin und die Evolution auch überblättern, ohne das eigentliche Angriffsziel von E.P. Fischer aus den Augen zu verlieren. Aber dies wäre schade, denn für mich gehörten sie zu den spannendsten des Buches und man denke daran, wenn man zu ermüden droht (und das Buch hat seine Durststrecken - das sei gar nicht verschwiegen!), dass es zwei ganz große Männer unseres Faches waren, die mit ihrer sozusagen penetranten Fragestellung zu Geburtshelfern der Molekularbiologie wurden: Erwin Schrödinger und Wolfgang Pauli.

Jeder, der das Buch in der Buchhandlung in die Hand nimmt, wird feststellen: der Autor rennt ja bei mir offene Türen ein. Aber wie ist denn oft unsere Situation im Alltag? Vielleicht wurden auch Sie schon einmal von Kollegen im Konferenzzimmer mit der Frage in Verlegenheit gebracht: "Du, wofür haben jetzt die beiden Amerikaner in Stockholm den Nobelpreis erhalten?" Vielleicht werden Sie es selbst nicht wissen. Aber wenn Sie zu erklären beginnen, werden Sie bald resignieren: Sie merken, in welchem ungeheuren Erklärungsnotstand wir Physiker (und mit uns alle Naturwissenschaftler) uns befinden. E.P. Fischers Feldzug zur Propagierung der Naturwissenschaften ist daher ein leidenschaftlicher Versuch, Phy-

sik und Biologie aus ihrem extremen Expertenghetto, aus dem Dunkel der Labors herauszuführen in das Licht der Öffentlichkeit, aber auch ein Appell an den willigen Durchschnittsbürger, es sich intellektuell doch nicht zu leicht zu machen und den Experten bei ihren oft wahrhaft unheimlichen Fortschritten zu folgen.

Immer wieder lässt der Autor aus seinem reichen Erfahrungsschatz als Wissenschaftshistoriker glänzende Formulierungen aufleuchten und stellt unglaubliche Querverbindungen her, die man so bisher noch nicht gesehen hatte. Manchmal versteigt er sich auch zu spekulativen Behauptungen, zu denen ihm nicht jeder zu folgen bereit sein dürfte (etwa, wenn er bei den Betrachtungen zu den ihm offenbar am Herzen liegenden Themen Alchemie und Astrologie - unter Berufung auf Goethe - die wunderbare Geldvermehrung im modernen Kapitalismus durch Anhäufung von bedrucktem Papier als sog. "Banknoten" als die Erfüllung des uralten alchemistischen Menschheitstraumes der Verwandlung von Dreck zu Gold sieht).

Sehr schön ist in der Einleitung das Beispiel des Dichters Alfred Döblin zitiert, der meinte, er verstehe die Welt nicht mehr, seit Einstein den Kosmos neu beschrieben habe - wahrscheinlich ein Stoßseufzer von Millionen Physikunterrichts-Geschädigter auf der ganzen Welt. (Und ich muss dabei an die köstliche Formulierung von Karl Heinrich Waggerl denken: "Ich würde vieles verstehen, wenn man mir es nicht vorher erklärt hätte." Eine große Gefahr für uns Physik-Lehrer, dass wir den Schülern viel zu viel hinweg erklären!). E.P. Fischer dazu: "Mathematische Formeln sind eben nicht das Wissen selbst. [...] Wir können dasselbe wissen, müssen es aber nicht mit denselben Symbolen auszudrücken versuchen." Mir fällt da ein wunderbares Wort von Maria Montessori ein, das sie in Richtung Naturwissenschaft gesprochen hat: "Sie verwechseln den Schlüssel zum Universum mit dem Universum selbst." (Und gleich noch ein beherzigenswertes Wort des kürzlich verstorbenen Frederic Vester für alle Kollegen, die den Computer überreich zur Animation im Physik-Unterricht einsetzen: "Der Computer lehrt uns, die Landkarte für das Gelände zu halten." Ich werde den Verdacht nicht los, dass viele Kosmologen noch gar nie "draußen in ihrem Gelände" gewesen sind.)

Herrlich einige der ureigensten Formulierungen von Ernst Peter Fischer: Einsteins Lösungen seien keine Lösungen, sondern Verbindungen! Und - wegen der zentralen Stellung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit - müsse seine Relativitätstheorie eigentlich Absolutheitstheorie heißen. "informatio" sei die wahre Einbildung und Entropie sei die nicht verfügbare Information, also Neg - information. Oder über die "Schwarzen Löcher", mit deren Existenz sich Einstein bis zu seinem Lebensende nicht abfinden wollte, schreibt er: "Das heißt konkret, dass wir nicht sicher wissen, was sich in der Mitte unserer Heimatgalaxie befindet - eine kuriose Lücke der Wissenschaft, und eine kuriose Idee, sie ausgerechnet durch etwas zu füllen, das man nicht sehen kann, nämlich durch ein Schwarzes Loch.

(Nebenbei wirkt diese Vorstellung deshalb gefällig, weil die Milchstraße dabei wie ein Auge erscheint, das ja auch in der Mitte ein Schwarzes Loch hat. Vielleicht blickt unsere Galaxie in den Kosmos."!). Köstlich auch, wenn E.P. Fischer meint, es verrate die totale naturwissenschaftliche Unbildung von Managern, wenn sie einer Technologie einen "Quantensprung" wünschen, denn nichts könne kleiner sein als ein Quantensprung.

Zum Abschluss noch ein Denkanstoß für alle in der physikalischen Forschung und Lehre Stehenden, und zwar bezieht ihn E.P. Fischer bei niemand Geringerem als Ludwig Wittgenstein: "Der ganzen modernen Weltanschauung liegt die Täuschung zugrunde, dass die so genannten Naturgesetze die Erklärungen der Naturerscheinungen seien. So bleiben sie bei den Naturgesetzen als bei etwas Unantastbarem stehen, wie die älteren bei Gott und dem Schicksal." Ich finde, das Buch von E.P. Fischer ist für alle gedacht, die - um mit Martin Wagenschein, einem der geistigen Lehrväter von E.P. Fischer, zu sprechen, nicht einfach ein-für-allemal gebildet sein wollen, sondern die selbst in (lebenslanger) Bildung bleiben wollen.

OStR Mag. Manfred Wasmayr

Was Professor Kuckuck noch nicht wusste

Henning Genz, Ernst Peter Fischer

rororo science, Rowohlt Taschenbuchverlag 2004, brosch., 318 S, 31 Abb., EUR 9,90. ISBN 3-499-61580-0.

"Naturwissenschaftliches in den Romanen Thomas Manns, ausgewählt, kommentiert und auf den neuesten Stand gebracht" ist der Untertitel, den der Teilchenphysiker Henning Genz und der Physiker, Biologe, Wissenschaftshistoriker Ernst Peter Fischer ihrem gemeinsamen Werk gegeben haben. Professor Kuckuck erklärt dem Hochstapler Felix Krull die Welt, doch wer hat sie Thomas Mann erklärt? Mann hat sich das Material für Kuckuck's Erklärungen wie auch für andere mathematische und naturwissenschaftliche Betrachtungen durch die Lektüre allgemein verständlicher Werke erarbeitet. Dabei war er ein schlechter Schüler gewesen, hatte die Schule vor dem Abitur verlassen - und brachte es doch zum Nobelpreisträger!

Zwei Kategorien von Lesern sollte dieses Buch ansprechen: Zunächst die Liebhaber von Manns Romanen. Sie erhalten sowohl den Hintergrund aus der Entstehungszeit beleuchtet, wie auch Missverständnisse Manns sowie den heutigen Wissensstand in verständlicher Sprache dargestellt. Und dann jene, die sich bisher eher Sachbüchern zugewandt haben, und nun erfahren, wie naturwissenschaftliche Erkenntnis in Meisterwerke der Weltliteratur eingeflossen sind. So ist das arbeitsteilig entstandene Buch doch ein Ganzes und spannt den Bogen vom Atomismus und der modernen Teilchenphysik - Mann amüsierte sich 1948 über das "missing link zwischen Energie und Materie, die gewichtlosen Neutrinos..." - bis zur evolutionären Erkenntnislehre.

H.K.

Experimente rund ums Kochen, Braten, Backen

Georg Schwedt

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 2004, ISBN 3-527-30669-2, EUR 29,90

Der neueste "Schwedt" behandelt das immer aktuelle Thema Kochen, Braten und Backen. Sowohl die historischen als auch die chemischen Aspekte werden behandelt.

Im kürzeren, geschichtlichen Teil wird auf das Kochen in chemischen Laboratorien und Schlössern eingegangen. Der Bogen spannt sich von der Schlossküche von Sanssouci über Rumfords Küchenchemie bis zu F.F. Runges "Hauswirtschaftlichen Briefen".

Zum Nachkochen das Rezept der verfeinerten Rumfordsuppe:

Rumfordsuppe - Armensuppe

Zutaten für 4 Portionen:

15 dag Trockenerbsen
1,25 L Fleischbrühe (od. Gemüsebrühe)
1 kleine Pfefferschote, grün
4 dag Graupen
1 Kartoffel, festkochend
5 dag gekochter Schinken in dünnen Scheiben geschnitten
1 Zwiebel
1 Knoblauchzehe
1 Bund Suppengrün
1 EL Öl
1-2 EL Zitronensaft
1 Bund Petersilie, gehackt
Salz und Pfeffer

Zubereitung:

Trockenerbsen mit Brühe aufkochen und zugedeckt bei schwacher Hitze garen.
Pfefferschote längs halbieren. Stiel, Kerne entfernen. Schotenhälften in Streifen schneiden und mit den Graupen zu den Erbsen geben. Erneut aufkochen und zugedeckt weiter 10 Min. garen.
Dann Kartoffel schälen, würfeln. In die Suppe geben und weitere 15 Min. garen.
Schinken in Streifen schneiden. Zwiebel und Knoblauch fein hacken. Suppengrün fein zerkleinern. Alle Zutaten im heißen Öl bei kleiner Hitze unter Rühren 5 Min. rösten. In die Suppe geben. Suppe mit Zitronensaft, Salz und Pfeffer würzen.
Mit kräftigem Bauernbrot, die Suppe heiß mit Petersilie bestreut auftragen.

Historisches:

Die Suppe bestand einst aus Erbsen, Graupen, Kartoffeln, Weizenbrot und saurem Bier. Nahrhaft war dies Massenauspeisung. Über den Geschmack des Originalrezeptes vermag man zu rätseln, denn außer Salz kamen keine Gewürze vor.

Rumfordsuppe war ein Begriff der Armenküche. Benannt nach Benjamin Thomson, einem Amerikaner, der dafür 1791 in Bayern vom Kurfürsten zum Graf Rumford geadelt wurde. Um in seinem "Militärischen Arbeitshaus" in der Münchner Au festgenommene Bettler und Obdachlose effektiv und nahrhaft zu versorgen, kreierte der Münchner Graf Rumford Ende des 18. Jhdts die Rumfordsuppe. Gefangene mussten zur dama-

ligen Zeit hart arbeiten. Sie benötigten daher ein Essen, das ihnen genügend Kraft gab, um das hohe Arbeitssoll zu erfüllen. Quelle: <http://www.kirchenweb.at/kochrezepte/>

Der experimentelle Teil gliedert sich in die folgenden Kapitel:

Die sieben Parameter für Versuche in der Küche (pH-Wert, Mineralstoffe, Eiweißstoffe, Stärkeprodukte, Reduzierende Stoffe, Phenolische Stoffe und Gerbstoffe).

Der Hauptteil behandelt die verschiedenen Garungsarten mit einer sehr großen Anzahl von Experimenten.

Für die Experimente werden nur wenige Geräte wie z.B. Kochtopf mit gläsernem Deckel benötigt. Die anderen Experimente können großteils in den bewährten Schnappdeckelgläsern durchgeführt werden. Viele weitere Experimente mit Schnappdeckelgläsern findet man auch in den beiden Büchern des Autors: "Experimente mit Supermarktprodukten" und "Noch mehr Experimente mit Supermarktprodukten".

Zum experimentellen Teil noch ein kurzer Auszug aus dem Vorwort: "In diesem Buch sollen die grundlegenden chemischen Veränderungen bei der Zubereitung von Nahrungsmitteln im Rahmen einer Systematik der Garprozesse - und nicht anhand von Rezepten - in einfach durchführbaren Versuchen vorgestellt, d.h. sichtbar gemacht und erläutert werden. Es werden dafür nur sehr geringe Mengen an Lebensmitteln benötigt, Reste können stets weiterverwendet werden."

Werner Rentzsch

A Philatelic Ramble through Chemistry

E. Heilbronner, F.A. Miller

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 2004, ISBN 3-906390-31-4, EUR 79,00

Ein wenig rar sind sie schon geworden - die Philatelisten. Vorbei ist die Zeit, als Briefmarkensammeln fast selbstverständlich war und Kinder mit ihren Steckalben doppelte Marken tauschten. Die Briefmarken wurden von den Briefen abgelöst und nach Ländern oder Motiven geordnet. Die Kunden der damals noch reichlich vorhandenen Briefmarkenhandlungen waren meist nur Erwachsene. Für Motivsammler des Themas Chemie ist die philatelistische Wanderung durch das Buch eine wahre Fundgrube.

Das in englischer Sprache verfasste Buch ist keine Geschichte der Chemie, die statt der üblichen Illustrationen Briefmarken verwendet, sondern eine Sammlung kurzer Essays und Anmerkungen zu jener Chemie, die auf Briefmarken und Briefen zu finden ist. Es wurden jene chemischen Themen ausgewählt, zu denen es Briefmarken gibt, wobei manchmal auch wichtige Teilgebiete der Chemie oder Chemiker nicht behandelt wurden.

Da die Anzahl der Briefmarken, Ersttage, Maximumkarten und anderer philatelistischer Ausgaben sehr hoch ist, konnte nur eine kleine Auswahl getroffen werden. Die gewählten Marken wurden fast durchwegs in ihrer Originalgröße abgedruckt. Nur einige kleinere Marken wurden der besseren Lesbarkeit wegen vergrößert.

Die einzelnen Briefmarken wurden nach Kapiteln getrennt durchnummeriert. Am Ende des Buches befindet sich eine Markenliste, aus der u.a. Land und Thema der einzelnen Marken ersichtlich sind. Außerdem findet man in dem Buch ein Stichwortverzeichnis der Namen und ein Sachverzeichnis. Die im Buch behandelten Artikel wurden abwechselnd von je einem der beiden Autoren verfasst.

Die folgenden Kapitel wurden behandelt:

1. Die Anfänge
2. Alchemie, die Chemie des Mittelalters
3. Anorganische Chemie und die Entdeckung der chemischen Elemente
4. Organische Chemie
5. Physikalische und theoretische Chemie
6. Spektroskopie
7. Röntgenstrukturanalyse
8. Technische Chemie
9. Verschiedene Themen

Das Buch ist im Großen und Ganzen gesehen für Chemiker und Philatelisten eine sehr erfreuliche Sammlung von Briefmarken und Sachinhalten.

Werner Rentzsch

Pohls Einführung in die Physik

Mechanik, Akustik, Wärmelehre

K. Lüders, R. O. Pohl (Hrsg.)

19., neu bearb. und mit Kommentaren versehene Auflage. 2004 xvi + 363 S., 484 Abb., 2 CD-Rom mit 43 Videofilmen. Geb. EUR 51,35. Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2004. ISBN 3-540-20309-5

Nach 20 Jahren wieder eine Neuauflage eines Klassikers - nostalgische Gefühle befallen den Rezensenten, der auch den "Pohl" in seiner Studienzeit geschätzt hat. Die erste Auflage erschien 1930, die 18. 1983. Was erwartet den Leser des 21. Jahrhunderts? Die Tradition wird fortgesetzt: Schwarz-weiße Abbildungen, viele als Schattenriss - Pohl war ein Meister des Demonstrationsexperiments im großen Experimentaltheater und hatte noch keine Videoprojektion zur Verfügung - keine anregenden Artikel mit Anwendungen, keine Hundertschaften von Rechenbeispielen, wenig Ableitungen von Formeln, aber eine plastische Sprache, die auf Verständnisschwierigkeiten Rücksicht nimmt und laufend Hinweise, wo das besprochene Phänomen in Natur und Technik auftritt. Die Herausgeber beschränkten sich auf Anpassungen an heutige Schreibweisen und Konventionen, sie fügten Kommentare und Hinweise auf neue Entwicklungen in der Randleiste ein. Besondere Aufmerksamkeit wird beispielsweise den beschleunigten Bezugssystemen gegeben: Im zweiseitigen Satz werden die Beschreibung im Inertialsystem und im beschleunigten System verglichen - der erfahrene Lehrer Pohl weiß, welche Verständnisschwierigkeiten im Studium auftreten.

Eine Neuheit ist anzusehen: Videofilme, gedreht mit originaler Experimentierausstattung, vom Institut für den wissenschaftlichen Film in Göttingen aufbereitet. Die Herausgeber als Experimentatoren. Zweifellos ganz vorteilhaft, wenn man ein Experiment nicht nur beschrieben findet, sondern in seinem Ablauf sieht. Allerdings sind nicht alle Szenen in Zeitlupe wie-

dergegeben. Da hätte man sich - neben einer besseren Qualität der Aufnahme (was allerdings den Preis des Buches in die Höhe getrieben hätte) - mehr Steuermöglichkeiten gewünscht. Will man die Filme selbst betrachten oder in einer Lehrveranstaltung vorführen, so empfiehlt es sich, die Filme auf den PC zu kopieren und etwa mit dem Windows Mediaplayer wiederzugeben. Die Wiedergabe über ein pdf-File, wie auf den CDs vorgesehen, erscheint dem Rezensenten eine unglückliche Wahl.

H.K.

Physik

David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker

1. Auflage, Hrsg. der dt. Übers. Stephan W. Koch, Wiley-VCH, Berlin 2003, xv + 1392 Seiten, geb., ISBN 3-527-40366-3. EUR 69,-.

Halliday-Resnick ist ein Klassiker der amerikanischen Lehrbuchliteratur, Zielgruppe: Einführung in die Physik. Nun ist erstmals eine deutsche Übersetzung der von J. Walker betreuten 6. Auflage erschienen. Im Umfang reicht sie von der newtonschen Mechanik über die Grundlagen der klassischen Physik bis zu Grundkonzepten der Quanten- und Elementarteilchenphysik.

Wodurch zeichnet sich dieses Buch gegenüber anderen aus? Hilfreich für Studierende ist die Wiederholung der notwendigen Mathematik (bis einschließlich Potenzreihenentwicklungen und Linienintegralen) und vor allem die eingehende Diskussion anhand von durchgerechneten Beispielen, wie Aufgaben gelöst werden können. Dies wird durch eine Unzahl von Aufgaben ergänzt, etwa 50 und mehr pro Kapitel und dies bei 45 Kapiteln!

Sowohl im Text als auch in den Aufgaben zeigen interessante Fragen aus dem täglichen Leben, Unfallbeschreibungen etc. die Anwendbarkeit des erworbenen Wissens.

Da das Werk an das Schulwissen gut anschließt, teilweise natürlich auch Wiederholungen bietet, kann es auch interessierten Schülern der Oberstufe und Studienanfängern sowie als Fundgrube für anregende Beispiele (z.B. Abstrahlung der bloßen Haut nach Saunagang am Südpol) empfohlen werden. Das Format allerdings reduziert die Benutzbarkeit auf den Schreibtisch.

H. K.

Auweia Chemie!

Ekkehard Unger

1. Aufl., Wiley-VCH, Weinheim 2004, viii + 210 S., 83 sw Abb., brosch. (Erlebnis Wissenschaft), ISBN 3-527-31238-2. EUR 16,90.

Flüssig und in vergnüglichem Stil wird jungen und jung geliebten Chemie Begeisterten und solchen, die bisher keinen Zugang zur Chemie gefunden haben, ein Gang durch die Chemie geboten. Und dieser führt von der Teilchenvorstellung bis zur DNS. Kurzweilige Märchen und flotte Zeichnungen lockern den Text auf.

Wer also zu Weihnachten einen Kosmoskasten verschenkt hat, kann zum Geburtstag dieses Buch nachliefern. Nicht nur für Söhne und Töchter, Neffen und Nichten, auch für Studierende ist das Buch geeignet, für angehende Lehrkräfte auch als Anregung.

Warum allerdings die Neuauflage eines 1998 erschienenen Buches im gleichen Verlag nun als 1. Auflage bezeichnet wird, wird sich wohl nur durch die Schnellebigkeit des Büchermarkts erklären lassen.

H. K.

Physik anwenden und verstehen

Aufgaben für die Sekundarstufe II

Bruno Cappelli et al.

Zürich: Orell Füssli, 2004. brosch. 320 S. zahlr. Abb. und graph. Darst., ISBN 3-280-04009-4. EUR 21.00

Das Schweizer Gymnasium stellt in der Regel eine vierjährige Oberstufenschule dar. So manche bei uns derzeit diskutierte Reform ist dort durchgeführt, Schülerentlastungen hat es ebenfalls gegeben. Schüler haben eine Anzahl von Grundlagenfächern zu wählen, dazu auch Vertiefungen. Physikunterricht scheint mehrheitlich in 2 Klassenstufen zu je 3 Wochenstunden stattzufinden, von denen 1 Stunde als Labor in geteilten Klassen erteilt werden sollte. Die Deutschschweizerische Physikkommission hat eine umfangreiche Aufgabensammlung durch ein Lehrerteam erarbeiten lassen. An die 1000 Aufgaben aus allen Gebieten werden in einem ansprechend mit farbigen Abbildungen ausgestatteten Buch den Schülern angeboten, um durch die Anwendung zum Verständnis geführt zu werden.

Die Aufgaben sind weitgehend an praktischen Problemen orientiert, sind selten reine Rechenaufgaben, sondern sind stark anwendungsbezogen. Zusammen mit der von H.P. Dreyer herausgegebenen Aufgabensammlung *Phänomene* (Buch und CD im SABE Verlag) betont diese Sammlung die starke Aufgabenorientierung des Physikunterrichts in der Schweiz. In Österreich werden die *Aufgaben für die Sekundarstufe II* vor allem bei vertieftem Unterricht interessant sein.

H.K.