

PISA - wie schief steht der Turm der Bildung?

In der italienischen Stadt Pisa ist das weitere Hinsinken des schiefen Turms abgefangen und Besucher dürfen für 30 Minuten den physikgeschichtlich wichtigen Turm besteigen und ihre naturwissenschaftliche Bildung durch gedankliches Nachvollziehen eines vermutlich nie stattgefundenen Experiments beweisen. Ein tatsächlich durchgeführtes Experiment im Bildungsbereich hat in den letzten Tagen erste Ergebnisse gebracht. Im OECD Programme for International Student Assessment *PISA* sind die ersten Resultate, die internationale Rangfolge der Testleistungen der 15jährigen und einige weitere interessante Größen zum Bildungssystem, zur sozialen Stellung der Eltern und zu den Kosten der Bildung veröffentlicht worden.

Für Österreich sind noch wenige Einzelheiten bekannt, mehr sollen im Lauf des Jahres 2002 herauskommen, knapp vor dem nächsten Durchgang. PISA ist ein umfangreiches Programm zum Vergleich der Bildung der Bevölkerung. Stand beim Test 2000 die Lesefähigkeit im Vordergrund mit Zusatzaufgaben in Mathematik und Naturwissenschaften, so werden 2003 Mathematik und 2006 die Naturwissenschaften die zentrale Rolle spielen.

Ziel ist es herauszufinden, in welchem Ausmaß Schüler gegen Ende der Schulpflicht jene Kenntnisse und Fertigkeiten besitzen, die für das Leben in der modernen Gesellschaft benötigt werden. Dabei geht es um die folgenden Kompetenzen der 15-Jährigen:

Lesekompetenz

Fachkompetenz in Mathematik und Naturwissenschaften

Fachübergreifende Kompetenzen

Es ist verfrüht, die Ergebnisse im Detail betrachten zu wollen, jedoch scheint PISA die Ergebnisse der TIMS-Studie für die 15-Jährigen zu bestätigen. Wie damals liegen die österreichischen Schülerinnen und Schüler - erfreulicherweise - über dem Durchschnitt, im Lesetest etwa an zehnter Stelle unter 32 Ländern, an achter Stelle im Naturwissenschaftstest und Österreich wird unter den deutschsprachigen Ländern nur im Mathematikteil von der Schweiz übertroffen. Ein Oberstufentest ist nicht geplant. In Österreich wurden 4500 Schülerinnen und Schüler aller Schularten im Alter von 15 Jahren getestet, in der BRD ca. 5000.

Wie schon bei TIMS schlagen die Medien in der BRD Alarm. So schrieb *Die Zeit* schon vor der Veröffentlichung der Ergebnisse: "*Sitzen geblieben - Wieder schockt eine Studie die deutschen Schulpolitiker*". Und wieder ziehen sie je nach Parteizugehörigkeit ihre oft propagierten Lösungsvorschläge für die Krise aus der Lade. Doch "leider" verbietet sich eine einfache Schuldzuweisung, weder Gesamtschule, noch deren Gegenteil, weder kleine Klassen, noch viele Schüler in der Klasse, weder zentrale Prüfungen zum Erzwingen eines Standards, noch schulautonome Prüfungen sind das determinierende Element. Wesentlich scheint die Einstellung zum Lernen zu sein, die Neugierde, die Lesefreudigkeit etc. Keineswegs ein überraschendes Ergebnis!

Was wird eigentlich in diesem Test erwartet? Im wesentlichen die Fähigkeit, Texte verständnisvoll zu lesen und Schlussfolgerungen zu ziehen.

Bei der *Lesefähigkeit* sind es drei Fähigkeiten, die verschiedene Leistungsstufen messen. Das *Heraussuchen von Informationen* misst die Fähigkeit, Information in einem Text aufzufinden, Textinterpretation testet die Erfassung der Bedeutung eines Textes und die Fähigkeit, Schlüsse aus Texten zu ziehen, während die höchste Stufe Reflektieren die Fähigkeit zur Herstellung einer Verbindung zwischen dem Textinhalt und eigenem Wissen, Ideen und Erfahrungen prüft.

Das erfreuliche Ergebnis weist 9% der österreichischen Schülerinnen und Schüler als ausgezeichnete und weitere 25% als sehr gute Leser aus, während 4% als Risikogruppe für Analphabetismus und 10% als schlechte Leser einzustufen sind. Die Leistungen der Mädchen sind beim Lesen und Rechnen besser als jene der Buben.

Naturwissenschaftliche Grundbildung beinhaltet nach den Ansichten der PISA-Organisatoren die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, die die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen.

Naturwissenschaftliche Kompetenzen sind also, Fragestellungen erkennen, die naturwissenschaftlich untersucht werden können;

Belege/Nachweise identifizieren, die in einer naturwissenschaftlichen Untersuchung benötigt werden;

Schlussfolgerungen ziehen und bewerten;

Gültige Schlussfolgerungen kommunizieren;

Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte zeigen.

Bislang sind nur Aufgaben aus dem Vortest verfügbar. Eine physikalische Frage daraus ist die folgende:

Ein Bus fährt eine gerade Straße entlang. Vor dem Busfahrer steht auf dem Armaturenbrett ein Becher mit Wasser. Plötzlich muss der Fahrer stark auf die Bremse treten.

Es werden zwei Fragen gestellt: Zunächst im Auswahlverfahren, ob und wie das Wasser aus dem Becher schwappt, und weiters in freier begründeter Antwort, ob Elektrobusse mit Oberleitung für die Umwelt besser seine als solche mit Verbrennungsmotoren. (Es sind also hier zwei verschieden schwer zu beantwortende - und auszuwertende - Fragen gestellt.)

In PLUS LUCIS 1/2002 wird auf Einzelheiten genauer eingegangen werden.

Allen Leserinnen und Lesern wünscht die PLUS LUCIS Redaktion und der Vorstand des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts frohe Festtage und einen guten Rutsch ins Neue Jahr.

Kraft und Ausdauer wünscht Ihnen

Ihr Helmut Kühnelt

Jahresbericht 2000/2001

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts

Die Jahreshauptversammlung für das laufende Vereinsjahr, das 108. Jahr seit der Vereinsgründung, fand am 28. November 2001 statt. Das Interesse an Organisatorischem ist verständlicherweise gering, so dass lediglich der Vorstand und einige Beiratsmitglieder anwesend waren. Die vorangegangene Führung durch das Uhrenmuseum der Stadt Wien - kundig und interessant gestaltet durch den Direktor der Sammlung - und vor allem den anschließenden Vortrag in der Akademie der Wissenschaften fanden eine größere Zahl von Mitgliedern attraktiv.

An Aktivitäten gab es im abgelaufenen Jahr die 55. Fortbildungswoche, die mit 430 Anmeldungen zum Workshop- und Exkursionsprogramm wieder bestens besucht war und auch zahlreiche neue Mitglieder brachte, die Herausgabe von PLUS LUCIS und - erwartungsgemäß wenig erfolgreiche - Interventionen im BMBWK zu Stundenreduktionen.

Der Mitgliederstand ist nach Streichung von langjährig Säuligen rund 1280.

Zur Finanzsituation: Während im Vereinsjahr 1999/2000 ein kleiner Überschuss das Vermögen erhöhte - allerdings waren die Reisekosten eines ausländischen Vortragenden noch nicht abgerechnet -, holte uns die allgemeine Kostensteigerung bei Porto und Papier, sowie die natürlich ebenfalls gestiegenen Kosten der Fortbildungswoche (pro Teilnehmer ca. öS 200), wieder auf den Boden der nüchternen Tatsachen. Für das laufende Jahr sind Portoerhöhungen der Post bekannt, und auch die Druckkosten für PLUS LUCIS mit ca. öS 36000 pro Auflage von 1600 Stück sind langsam im Ansteigen.

Da die Rücklagen unter die Hälfte der Jahresbeiträge gesunken sind, musste der bereits im Vorjahr gefasste Beschluss bestätigt werden, die Mitgliedsbeiträge auf folgende Eurobeträge festzusetzen:

Aktive Mitglieder 20 €

Mitglieder im Ruhestand 15 €

Studentische Mitglieder 5 €

Nichtmitglieder zahlen bei der Fortbildungswoche einen Beitrag von 20 €

OStR Prof. Adolf Zöchling legte nach langer Tätigkeit sein Amt als Kassier nieder, zu seinem Nachfolger wurde HOL Christian Fürst gewählt. Im Namen des Vereins dankte der Obmann dem scheidenden Kassier für seine mühevollen und gewissenhaften Arbeit.

Die Vereinsfunktionäre im laufenden Jahr

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

Stv. Obmann: LSI Mag. Wolfgang Wurm

Kassier: HOL Christian Fürst

Stv. Kassier: Prof. Mag. Theodor Duenbostl

Schriftführerin: Prof. Mag. Helga Stadler
Stv. Schriftführer: HR Mag. Dieter Litschauer
Kassenprüfer: HOL Werner Rentzsch,
Prof. Mag. Helmut Wanek

Beirat:

OStR Prof. Dr. Ralf Becker, OStR Prof. Mag. Hertha Craigher, ao. Univ.-Prof. Dr. Maria Ebel, Dr. Erhard Hayer, HR Dr. Helmut Heugl, Prof. Mag. Michael Kugler, OStR Prof. Ing. Mag. Helmuth Mayr, HOL Werner Rentzsch, Univ.-Prof. Dr. Romano Rupp, OStR Prof. Dr. Josef Schreiner, OStR Mag. Leopold Stadler Prof. Mag. Dr. Franz Streisselberger, ao. Univ.-Prof. Friedrich W. Vierhapper Prof. Mag. Helmut Wanek, Prof. Mag. Rupert Zeitlhofer

Kassaentwicklung

alle Beträge in öS	1999/2000	2000/2001
Vereinsvermögen zu Beginn des Vereinsjahres	157440	165492
<i>Einnahmen</i>		
Mitgliedsbeiträge und FBW Teilnahmegebühr	240942	252886
Inserate, Subventionen	53000	109880
Zinsen	1297	1842
Summe der Einnahmen	295239	363807
<i>Ausgaben</i>		
Druckkosten	109344	153887
Kosten für Vorträge	79574	118813
Computersatz PLUS LUCIS	18000	21000
Bankspesen	8275	9849
Büromaterial	6209	5314
Porto	21164	28782
Vergütungen für Arbeiten wie Versand, Karteiführung, Organisation der FBW, etc.	36468	63040
Diverses	7856	1862
Summe der Ausgaben	287187	402551
Vermögen zu Ende des Vereinsjahres	165492	126742

Freude und Bürde der Wissenschaft

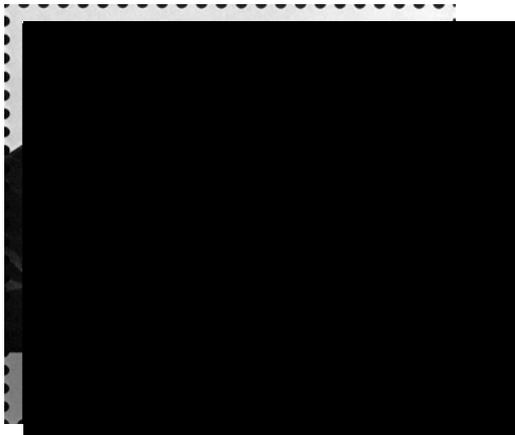
Zum hundertsten Geburtstag von Werner Heisenberg

Helmut Rechenberg

Die Quantenmechanik, die heute gültige Theorie der Atome, wird als wichtigster Fortschritt in der Physik des 20. Jahrhunderts angesehen. Unter ihren Vätern nimmt der vor hundert Jahren in Würzburg geborene Werner Heisenberg einen Ehrenplatz ein.

Werner Heisenberg stammte aus einer akademischen Familie und besuchte in München ein elitäres Gymnasium, das er trotz widrigen Weltkriegsjahren mit Bravour absolvierte. Im Eilschritt erwarb er 1923 an der Münchner Universität den Dr. phil., bereits 1924 habilitierte er sich in Göttingen. Die folgenden Jahre arbeitete er abwechselnd in Göttingen und bei Niels Bohr in Kopenhagen, bis er kurz vor dem 26. Geburtstag das Ordinariat für Theoretische Physik an der Universität Leipzig erhielt. 1942 wurde er nach Berlin als Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physik und an die Universität geholt. Nach dem Zweiten Weltkrieg erneuerte er sein Institut in Göttingen als Max-Planck-Institut für Physik.

Heisenberg leitete das Institut, das 1958 nach München übersiedelte, bis 1970. Er starb am 1. Februar 1976.



"Heisenberg war in erster Linie spontaner Mensch, dem nächst genialer Wissenschaftler, dann ein Künstler, nahe der produktiven Gabe, und erst in vierter Linie, aus Pflichtgefühl, Homo politicus" - so umriss Carl Friedrich von Weizsäcker die verschiedenen Facetten seines Lehrers. Während Aussenstehende Heisenberg eher als zurückhaltend und sachlich diplomatisch empfanden, brach seine Spontanität im engen Freundeskreis und bei der Entwicklung kühner physikalischer Ideen durch. Die Kunst - Heisenberg übte regelmässig Klaviersonaten von Beethoven und Mozart, und professionelle Musiker schätzten ihn als Partner - spiegelte sich wesentlich in der Sprache seiner populären Schriften wider.

Dr. Helmut Rechenberg war der letzte Doktorand von Heisenberg und arbeitet heute am Max-Planck-Institut für Physik in München. Er ist Mitherausgeber der Gesammelten Werke von Heisenberg.
Dieser Artikel erschien in NZZ vom 5.12.2001

Der aufmerksame Biograph wird Heisenbergs Leben in zwei fast gleich lange Perioden einteilen, deren erste mit "die fröhliche Wissenschaft" überschrieben werden sollte, die zweite eher mit "die Bürde der Wissenschaft". In der Tat eilte Heisenberg bis 1933, scheinbar unbeirrt von den Zeitläuften, von Erfolg zu Erfolg. Dann brach die Politik in sein Leben ein: Das Naziregime zwang ihn, seine Wissenschaft und ihre Vertreter in Deutschland zu verteidigen. Nach dem Zusammenbruch des Dritten Reiches musste er mühevoll die Forschung in der Heimat wieder aufbauen und die unterbrochenen Beziehungen zum Ausland erneuern.

Die fröhliche Wissenschaft

In der Atomphysik, auf die sich der Student Heisenberg bereits im ersten Semester warf, hatte er die hervorragendsten Lehrer: In München war es Arnold Sommerfeld, der eifrige Förderer der Bohr'schen Atomtheorie, nach der Elektronen wie Planeten auf stabilen Bahnen um den Atomkern kreisen; in Göttingen Max Born, der die strengen, für die Behandlung von Atomproblemen geradezu geschaffenen mathematischen Methoden David Hilberts vermittelte; in Kopenhagen Niels Bohr, der tief um das physikalische Verständnis der Mikrophysik rang.

Diese Lehrer waren von talentierten Schülern umgeben, die sich einen freundschaftlichen Wettbewerb um die Formulierung einer neuen Theorie der Atome lieferten. Denn die Krisensymptome des Bohr'schen Atommodells traten seit 1922 immer deutlicher zutage. Zwar konnte man mit diesem Modell das Spektrum von wasserstoffartigen Atomen berechnen; sobald man die Theorie aber auf Atome mit mehreren Elektronen oder auf Moleküle anwendete, versagte sie. Heisenberg und der etwa gleichaltrige Wolfgang Pauli begannen daher, an der Existenz von Elektronenbahnen im klassischen Sinn zu zweifeln. Bei Heisenberg setzte sich mehr und mehr die Einsicht durch, dass eine Theorie der Atome nur auf messbaren Grössen wie der Frequenz oder der Intensität von Spektrallinien aufbauen dürfe.

Im Juni 1925 gelang ihm dann der Durchbruch: Er schlug vor, die messbaren physikalischen Grössen von atomaren Systemen durch neuartige "quantentheoretische Fourierreihen" zu beschreiben, die im Gegensatz zu den Grössen der klassischen Physik beim Multiplizieren nicht vertauschen. Max Born und Pascual Jordan entwickelten dann aus Heisenbergs Ideen die sogenannte "Matrizenmechanik", die erste systematische Form der Quantenmechanik.

Im Januar 1926 überraschte plötzlich Erwin Schrödinger in Zürich mit einer für praktische Rechnungen gleichwertigen, aber inhaltlich alternativen Theorie. Diese "Wellenmechanik" kam im Gegensatz zur Quantenmechanik scheinbar ohne die 1900 von Max Planck entdeckten diskreten Quantensprünge

aus. Die Pioniere in Göttingen und Kopenhagen waren entsetzt. Wieder fand Heisenberg den Schlüssel zur Erklärung: Im Gegensatz zur makroskopischen Physik lassen sich Impuls und Ort eines Elektrons im Atom nicht gleichzeitig beliebig genau messen. Sowohl aus der Quanten- als auch aus der Wellenmechanik folgt eine "Unbestimmtheitsrelation", die der Messgenauigkeit Grenzen setzt. Folglich verlor das gewohnte Kausalitätsprinzip seine Bedeutung in der Atomphysik. Seither hatten nicht nur Laien, sondern auch Physiker wie Albert Einstein und Erwin Schrödinger die grössten Schwierigkeiten, die Quantenmechanik als die endgültige Theorie in der Mikrophysik zu akzeptieren.

Die Quantenmechanik trat nach 1927 einen grossen Siegeszug an, an dem sich eine wachsende Anzahl von Theoretikern aus aller Welt beteiligten, darunter viele Schüler von Bohr, Born, Heisenberg und Pauli. Heisenberg selbst trug einige Perlen zum Glanz dieser Theorie bei: Mit seinen ersten Leipziger Studenten Felix Bloch und Rudolf Peierls stieg er 1928 auf der Basis der Quantenmechanik in die moderne Theorie der Festkörper ein, mit Pauli begründete er 1929 eine relativistische Quantenfeldtheorie für atomare Prozesse, die mit höchster Energie ablaufen. 1932, nach der Entdeckung des Neutrons, schuf Heisenberg unter der Annahme besonderer Kernkräfte eine Quantentheorie der Atomkerne.

Gemeinsam mit Pauli hing er drei Jahrzehnte dem grossen Traum an, eine einheitliche Theorie der Elementarteilchen zu entwickeln, in der sich alle ihre Eigenschaften berechnen lassen. Hier gelangen aber nur bescheidenere Zwischenschritte. Den letzten gemeinsam ausgearbeiteten Vorschlag, die sogenannte "Weltformel" von 1958, verwarf Pauli kurz vor seinem Tod. Was damals als Hybris Heisenbergs galt, wird seither in anderer Gestalt als "Grand Unified Theory" eifrig verfolgt, aber keiner der bisherigen Entwürfe erfüllt den Traum von Heisenberg und Pauli.

Die Bürde der Wissenschaft

Die Machtübernahme der Nationalsozialisten in Deutschland und ihre rassistischen Massnahmen trieben Heisenberg zunehmend in die wissenschaftliche Isolation und in persönliche Schwierigkeiten. Sie beraubte ihn zunächst der meisten Lehrer und der hoffnungsvollsten Schüler durch Entlassung und Emigration. Er selbst weigerte sich nicht nur, Ergebnisadressen an den Führer Adolf Hitler zu unterzeichnen, sondern setzte sich auch mannhaft für gefährdete Kollegen zu Hause ein und stellte nie seine engen Verbindungen zu jüdischen Kollegen im Ausland ein. Ab 1935 erfolgte der Angriff einflussreicher Vertreter einer "Deutschen Physik" auf die als "jüdisch" diffamierten Relativitäts- und Quantentheorien. Dieses Kesseltreiben gipfelte in der Forderung, als "Statthalter des Einstein'schen Geistes im neuen Deutschland" müsse Heisenberg "ebenso verschwinden wie die Juden selbst". Heisenberg unterzog sich Verhören der Gestapo in Berlin und wurde schliesslich "rehabilitiert", denn "wir können es uns nicht leisten, diesen jungen Menschen tot zu machen" (so schrieb 1938 der oberste SS-Führer Heinrich Himmler).

Obwohl ihm die Nachfolge auf den Lehrstuhl seines Lehrers Sommerfeld verweigert wurde, und er während eines USA-Aufenthalts verlockende Angebote bekam, kehrte er kurz vor Kriegsausbruch nach Deutschland zurück. War er selbst zum

Nazi geworden, wie manche Kollegen mutmassten, ja wollte er sogar die Atombombe für Hitler bauen?

Die Tatsachen und historischen Dokumente belegen das Gegenteil und stützen weitgehend Heisenbergs eigene spätere Darstellung der Gründe. Zu allererst wollte er seine Schüler und Freunde in der Heimat nicht im Stich lassen. Als er zum Geheimprojekt des Heereswaffenamtes einberufen wurde, beteiligte er sich, weil er es für eine wichtige Aufgabe der deutschen Wissenschaft hielt, die Möglichkeit zu prüfen, Energie aus der Urankernspaltung zu gewinnen. Stets betonte er dabei vor seinen Auftraggebern, dass die technischen und ökonomischen Mittel in Deutschland einen Bau von Atombomben nicht erlaubten - und hoffte insgeheim, dass es auch beim Kriegsgegner nicht gelänge.

Man mag nachträglich Heisenbergs Haltung als naiv und zugleich als Zusammenarbeit mit dem Naziregime auslegen, aber jedenfalls änderte er den Widerstand gegen die militärische Nutzung der Kernenergie auch nach dem Zweiten Weltkrieg nicht, wie die "Erklärung der Göttinger Achtzehn" von 1957 belegt, die er mit entwarf.

Im Zusammenhang mit der gegenwärtigen Diskussion um das weltweit erfolgreiche Theaterstück "Kopenhagen" von Michael Frayn sollte man vielleicht betonen, dass sich Heisenbergs Auslandsbesuche im Krieg, den historischen Quellen nach zu urteilen, keineswegs als Propaganda für die Nazis auslegen lassen: Er benützte sie ganz wesentlich, um wissenschaftliche Kontakte aufrechtzuerhalten und um Kollegen in besetzten Ländern zu helfen. Ohne dass er es beabsichtigte, traten dabei auch Missverständnisse auf, die ihn schmerzlich berührten, aber seine optimistische Hoffnung, dass die Beziehungen nach dem Krieg wieder ins Lot kämen, gab er nie auf.

In der westdeutschen Bundesrepublik spielte Heisenberg als Berater von Konrad Adenauer eine aktive Rolle beim Wiederaufbau der nationalen Wissenschaft. Nachdrücklich half er, die internationale Zusammenarbeit zwischen den Physikern zu erneuern. So setzte er sich mit aller Kraft für die Gründungen des europäischen Kernforschungszentrums Cern bei Genf und des Hamburger Beschleuniger-Laboratoriums Desy ein. Als Präsident der Alexander-von-Humboldt-Stiftung lud er Nachwuchswissenschaftler aus aller Welt ins neue, demokratische Deutschland ein.

Physik und Philosophie

Der Physiker Heisenberg beschäftigte sich früh mit den erkenntnistheoretischen Folgerungen aus seinen Ergebnissen. So gelangte er bereits 1927 zu der Überzeugung, das seit Jahrhunderten eingebürgerte Kausalitätsprinzip aufzugeben und die Descartes'sche Trennung von Subjekt und Objekt einzuschränken. Die neue, mathematisch und begrifflich widerspruchsfreie Quantenmechanik veranlasste ihn, tiefer über ihr Verhältnis zu den früheren klassischen Theorien der Physik nachzudenken.

In den Wirren des Zweiten Weltkrieges formulierte Heisenberg seine eigene umfassende Wissenschaftstheorie, die "Ordnung der Wirklichkeit" (1942): eine Darstellung der verschiedenen menschlichen Beschreibungen (oder "Sprachen") der Realität, die aufsteigt von der klassischen Physik über die Quantentheorie (Chemie), Biologie, Psychologie, die Sym-

bole der menschlichen Gemeinschaft (Soziologie) bis zur Kunst. Er betrachtete all diese Beschreibungen als verschiedene, begrifflich abgeschlossene Systeme, die ebenso gleichberechtigt nebeneinander stehen und sich ergänzen wie etwa die naturwissenschaftliche Wahrheit und die religiöse Wahrheit.

Ein besonderes Merkmal der Sprachen erkannte der praktizierende Musiker in ihrer Schönheit und der Verbindung von Klarheit und Tiefe, die Menschen empfinden können. So wandelte sich Heisenberg, der sich in der Jugend entschieden hatte, den Weg der strengen, abstrakten Theorien zu gehen, namentlich in seinen späten Vorträgen zu einem Künstler. Die Physik hatte ihn die zentrale innere Ordnung der Materie gelehrt, die er kurz vor seinem Tod auf folgende Weise mit dem Religiösen verband: "Das Zentrale, das Christliche. Wenn jemand sagen würde, ich sei kein Christ gewesen, der hätte nicht recht. Freilich, wenn jemand sagen würde, ich sei ein Christ gewesen, der würde wohl zu viel sagen." Nach den Massstäben früherer Jahrhunderte sollten wir vielleicht sagen: Er war nicht nur ein grosser Naturwissenschaftler, sondern auch ein grosser Denker und Mensch.

Literatur zu Werner Heisenberg

Es gibt wohl keinen Wissenschaftler des 20. Jahrhunderts, der zu solchen Kontroversen Anlass gibt wie Werner Heisenberg. Dass Heisenberg als Physiker ein Ausnahmetalent war, ist unbestritten. Schon mit 23 Jahren legte er den Grundstein zur Quantenmechanik, und in den folgenden Jahren trug er ganz wesentlich zur Erweiterung und zur Interpretation dieser Theorie bei. Es ist seine Rolle im Dritten Reich und insbesondere seine Verstrickung in das deutsche Atomforschungsprojekt, die einen Schatten auf seine Karriere werfen.

Wer sich näher mit dem Leben und dem Werk dieses außergewöhnlichen Physikers auseinandersetzen möchte, hat ausgiebig Gelegenheit dazu. Rechtzeitig zum Jubiläumsjahr hat der Spektrum-Verlag die Heisenberg-Biographie des amerikanischen Wissenschaftshistorikers David Cassidy neu aufgelegt. Mit seinen fast 800 Seiten ist dieses Buch an Ausführlichkeit kaum zu überbieten. Hier findet der Leser eine minutiöse Darstellung von Heisenbergs wissenschaftlichen Leistungen. Während mancher Biograph aus dem angelsächsischen Sprachraum dem Menschen Heisenberg mit verdeckter bis offener Ablehnung begegnet, ist Cassidy um Verständnis bemüht. Er benennt zwar das oftmals zweideutige und von fragwürdigen Kompromissen geprägte Verhalten Heisenbergs während des Dritten Reichs. Dabei verliert er aber nicht aus dem Auge, welchen politischen Zwängen Heisenberg ausgesetzt war, für den ein Auswandern aus Heimatverbundenheit und aus Sorge um die Physik in Deutschland nicht in Frage kam.

Neu auf dem Markt ist die im Piper-Verlag erschienene Heisenberg-Biographie von Ernst Peter Fischer. Für den Wissenschaftshistoriker ist der junge Heisenberg ein Genie vom

Range Mozarts oder Schuberts. Dieser Vergleich ist nicht nur metaphorisch gemeint. Fischer sieht in Heisenberg einen Künstler, der mit mathematischen Symbolen Melodien komponierte und dabei auf das "Gesetz der Atome" stiess. Doch mit der Machtübernahme der Nationalsozialisten im Jahr 1933 wurden dem Schmetterling die Flügel gestutzt. Unter der Last der politischen Verhältnisse fand der unpolitische Heisenberg keinen Zugang mehr zu seiner kreativen Ader und verstummte als Künstler. Aus dem "selbstvergessenen Genie" - so der Untertitel des Buches - wurde ein pflichtbewusster deutscher Beamter. Schade ist, dass diese Unterscheidung von Fischer dazu benutzt wird, den jungen Heisenberg zu verklären. Die Frage, ob der erwachsene Heisenberg mit den Nazis gemeinsame Sache gemacht hat oder nicht, wird vor diesem Hintergrund für mehr oder weniger unbedeutenderklärt. Damit sollen sich die "Handwerker der Wissenschaftsgeschichte" beschäftigen.

Zu diesen zählt sich die Soziologin und Historikerin Elisabeth Kraus. Im Rahmen ihrer Dissertation, die Anfang des Jahres als Buch aufgelegt wurde, ist sie anhand von Archivmaterial dem Verhalten von Wissenschaftlern nachgegangen, die sich der Verantwortung für die Folgen ihres Schaffens gestellt haben. Die Autorin stellt das Geschehen von der Entdeckung der Kernspaltung 1938 bis zur Göttinger Erklärung im Jahr 1957 (in der sich 18 Naturwissenschaftler gegen eine Aufrüstung der Bundesrepublik mit Atomwaffen aussprachen) aus der Sicht von drei führenden Atomforschern dar. In dem Verhalten von Otto Hahn, dem Entdecker der Kernspaltung, Werner Heisenberg und Carl Friedrich von Weizsäcker, der die treibende Kraft hinter der Göttinger Erklärung war, erkennt die Autorin drei idealtypische Verhaltensmuster: das des Humanisten, des Fachwissenschaftlers und des politischen Wissenschaftlers.

Auch das Theater bietet Möglichkeiten, sich mit der Person Heisenbergs auseinanderzusetzen. An verschiedenen Bühnen wird derzeit das empfehlenswerte Stück "Kopenhagen" von Michael Frayn aufgeführt. Das Stück thematisiert den denkwürdigen Besuch, den Werner Heisenberg 1941 seinem Mentor und Freund Niels Bohr in Kopenhagen abstattete. Das Treffen endete mit einem Zerwürfnis der beiden, und es wird bis heute darüber debattiert, welche Intentionen Heisenberg mit diesem Besuch verfolgte. Auch Frayn offeriert keine einfache Antwort. Vielmehr werden in dem Stück verschiedene Möglichkeiten durchgespielt, wie das Gesprächverlaufen sein könnte. Ein Charakteristikum der Quantenmechanik, nämlich die Unmöglichkeit, definitive Aussagen über das atomare Geschehen zu machen, findet damit auf der Bühne seine "klassische" Entsprechung.

David C. Cassidy: *Werner Heisenberg. Leben und Werk*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin 2001.

Ernst Peter Fischer: *Werner Heisenberg. Das vergessene Genie*. Piper-Verlag, München 2001.

Elisabeth Kraus: *Von der Uranspaltung zur Göttinger Erklärung. Otto Hahn, Werner Heisenberg, Carl Friedrich von Weizsäcker und die Verantwortung des Wissenschaftlers*. Königshausen & Neumann, Würzburg 2001.

Bose-Einstein Kondensation

Johannes Leitner

Einleitung

Das Ziel dieser Arbeit war eine grundlegende Auseinandersetzung mit der Bose-Einstein-Kondensation, angeregt durch die Exkursion ins Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching.

In Kapitel 1 beschäftige ich mich mit der historischen Entwicklung, den Biographien der beiden berühmten Wissenschaftler, und letztendlich auch mit der theoretischen Vorhersage der Bose-Einstein-Kondensation. In Kapitel 2 und 3 gebe ich einen grundlegenden Überblick über die Mechanismen, die der Bose-Einstein-Kondensation zugrundeliegen, ohne jedoch allzu sehr in die Theorie einzudringen. Auch beschäftige ich mich mit der Realisierung der Bose-Einstein-Kondensation und versuche einen groben Überblick über die experimentellen Methoden zu geben. In Kapitel 4 beschreibe ich kurz den Atomlaser, eine neue Entwicklung, welche als Grundlage der Bose-Einstein-Kondensation verwendet. In Kapitel 5 stelle ich noch kurz die letzte Entdeckung auf dem Gebiet der Bose-Einstein-Kondensationsforschung vor. Die Bosenova, welche im März 2001 erstmals beobachtet worden ist.

1. Albert Einstein und Satyendra Nath Bose - Ein historischer Rückblick

1.1 Kurzbiographie Satyendra Nath Bose

Satyendra Nath Bose wurde am 1. Januar 1894 in Kalkutta, Indien, geboren. Nach dem Besuch der Grundschule trat er mit 15 Jahren in das Presidency College ein, wo er hauptsächlich naturwissenschaftliche Kurse belegte. Er absolvierte sein Examen als Jahrgangsbester im Alter von 19 Jahren. Schon mit 22 Jahren erhielt er eine Anstellung als Dozent am University College, wo er sich unter anderem mit den Arbeiten von Albert Einstein auseinandersetzte.

Mit 27 Jahren verließ Bose Kalkutta um Lektor an der Dacca University zu werden. In dieser Zeit schrieb er seine wohl berühmteste Arbeit, die sogenannte "Photonenstatistik", die später ihm und Einstein zu Ehren in Bose-Einstein Statistik umbenannt wurde. Dirac nannte später die Teilchen, die dieser Statistik genügen, Bosonen.

1921 verbrachte er einige Zeit in Paris und arbeitete in den Laboratorien von Madame Curie. Etwas später machte er in Berlin mit Einstein Bekanntschaft. Mit 32 Jahren kehrte er nach Dacca zurück und trat eine Stelle als Professor der Physik an der Universität an. Diese Position behielt er bis zu seinem 62. Lebensjahr. 1974, im Alter von 80 Jahren, starb er in Kalkutta.

1.2 Kurzbiographie Albert Einstein

Albert Einstein wurde am 14. März 1879 in Ulm geboren und übersiedelte in frühen Jahren mit seinen Eltern nach München.

Mit 15 Jahren brach er seine Schullaufbahn ab und verbrachte mit seinen Eltern ein Jahr in Mailand. Da er dennoch studieren wollte, suchte er sich eine Hochschule, die kein Abitur voraussetzte, die Eidgenössische Polytechnische Hochschule in Zürich. Da er aber die Aufnahmeprüfung nicht bestand, besuchte er stattdessen die Kantonschule in Aarau, wo auch der berühmte Mathematiker Minkowski unterrichtete, der seinerzeit Einstein ein eher schlechtes Zeugnis ausstellte.

Im Frühjahr 1900 legte Einstein seine Diplomprüfung ab, und trat eine Stelle als Hilfslehrer an. Danach war er einige Zeit am Patentamt in Bern beschäftigt. 1903 heiratete Einstein seine frühere Studienkollegin Mileva, die er jedoch 1914 wieder verließ. 1919 heiratete er seine Kusine Elsa, die dann die Pflege seiner schwerkranken Mutter übernahm.

1905 publizierte Einstein über die Lichtquantenhypothese, worin er das Licht als ein "Bombardement von Teilchen" betrachtete. Diese Erklärung deckte die Doppelnatur des Lichtes auf und erlaubte Einstein eine Erklärung des Photoeffektes, für die er 16 Jahre später den Nobelpreis erhielt. Ebenfalls 1905 entwickelte er seine spezielle Relativitätstheorie. 1911 wurde Einstein als Professor an die deutsche Universität nach Prag gerufen. Dort hatte er seine ersten Ideen zur allgemeinen Relativitätstheorie, welche er im Jahre 1916 vollendete. Doch der endgültige Durchbruch gelang ihm erst nach Kriegsende 1918, durch Experimente, welche seine allgemeine Relativitätstheorie bestätigten (Nachmessung der Lichtablenkung).

Neben all seinem Ruhm hatte Einstein als Jude in Deutschland auch erhebliche Probleme, weshalb er immer häufiger Reisen ins Ausland unternahm, so 1921 seine erste USA Reise. Mit der Machtergreifung der Faschisten in Deutschland 1933 ging er ins politische Exil an das "Institute for Advanced Science" in Princeton, USA. Dort leistete er unter anderem auch Beiträge, die zur Entwicklung der Atombombe führten. Desweiteren forschte er, allerdings leider erfolglos, an der Vereinigung der vier Wechselwirkungskräfte. Am 18. April 1955 starb Einstein in Princeton, nachdem er seit 1949 mit verschiedenen Krankheiten zu kämpfen hatte. Er erhielt im Laufe seines Lebens viele Auszeichnungen, darunter 25 Ehrendokorate und den Nobelpreis.

1.3 Einsteins und Boses historische Ansätze

Alles begann mit einem Brief des jungen Bose an Einstein im Juni 1924, über seine Arbeit mit dem Titel *Plancks Gesetz und die Lichtquantenhypothese*, in dessen Rahmen das erste Mal das Planck'sche Strahlungsgesetz mit Methoden der statistischen Mechanik hergeleitet wurde. Bose nahm an, gleichartige Teilchen seien ununterscheidbar, ohne jedoch diese Annahme zu rechtfertigen, und leitete mit ihrer Hilfe direkt das Planck'sche Strahlungsgesetz her, indem er verschiedene Zustände des Photons zuließ. Er fand eine Gleichung für die Zustandsdichte von Photonen in einem Kasten-Potential, indem er die Anzahl der Photonen in Abhängigkeit von ihrer Energie zugänglichen Quantenzustände abzählte. Statt Teilchen

Johannes Leitner studiert an der Universität Wien Physik.

als voneinander unabhängig zu betrachten, verwendete Bose Teilchen in einer Phasenraumzelle, in welcher die Teilchen dann ununterscheidbar sind. Der Phasenraum eines dynamischen Systems ist ein mathematischer Raum, wo die mikroskopischen Variablen (die den unmittelbaren Zustand des Systems beschreiben) als Koordinaten verwendet werden. Die von ihm benutzte Methode lieferte gleichzeitig die quantenmechanische Beschreibung des idealen Gases.

Bose sandte diese Arbeit an Einstein mit der Bitte um Durchsicht und bat ihn auch, gegebenenfalls eine Veröffentlichung in der "Zeitschrift für Physik" zu erwirken. Einstein entsprach dieser Bitte und fügte als Anmerkung sogar noch hinzu, dass er die Arbeit von Bose als einen wichtigen Fortschritt betrachtete.

Aber nicht nur Bose, sondern auch Einstein beschäftigte sich mit dem Planck'schen Gesetz und der statistischen Mechanik. Er war es, der zum ersten Mal die klassische Gastheorie, die gleichartige Teilchen als unterscheidbar annimmt, der neu entwickelten quantenmechanischen Gastheorie, in der gleichartige Teilchen als ununterscheidbar gelten, gegenüberstellte. Das Gas betrachtete er, wie Bose, in einem Phasenraum, der in Zellen, deren Größe durch die Unschärferelation bestimmt ist, eingeteilt ist. Er folgerte verschiedene Eigenschaften des idealen Quantengases, darunter auch die Sättigung des Gases und die anschließende Kondensation eines Teils des Gases im quantenmechanischen Grundzustand. Dieses Phänomen ist heute als die Bose-Einstein-Kondensation bekannt.

Somit wurde die Bose-Einstein-Kondensation, welche erst 1995 experimentell bestätigt wurde, schon im Jahre 1924/1925 von den beiden berühmten Physikern vorausgesagt.

2. Die Bose-Einstein-Kondensation

2.1 Die experimentelle Bestätigung

Alles begann mit der International Conference of Laserspectroscopy, einer in der 2. Juniwoche 1995 abgehaltenen Physikertagung auf der Insel Capri. Dort berichtete Eric Cornell vom Joint Institute of Laboratory Astrophysics in Boulder, dass er und seine Forschungsgruppe bei der Abbildung einer kalten Atomwolke unterhalb von bestimmten Temperaturen merkwürdige Erscheinungen beobachtet haben, die alle im Einklang mit den theoretischen Prognosen der Bose-Einstein-Kondensation stehen.

Obwohl damals von den meisten Physikern die Realisierung dieser neuen Materieart angezweifelt wurde, sind heute weltweit viele verschiedene Experimente im Laufen, welche das Bose-Einstein-Kondensat genauestens untersuchen. So sind der Gruppe aus Boulder, einem Forschungsteam von Wolfgang Ketterle am MIT und einigen deutschen Forschungsteams unter der Leitung von Prof. Hänsch am Max Planck Institut für Quantenoptik in Garching bedeutende Experimente gelungen. Beispielsweise wurde in Garching der weltweit erste Laser, der statt einem Lichtstrahl einen kontinuierlichen Materiestrahl aussendet, entwickelt.

2.2 Das Bose-Einstein-Kondensat

Durch die Abkühlung von Atomen (z.B.: Rb) auf beinahe 0 K, also nur knapp über dem absoluten Nullpunkt, erreicht man,

dass die Atome kurzzeitig ihre Eigenständigkeit aufgeben und sich wie ein einziges Superatom verhalten. Alle haben dieselben physikalischen Eigenschaften, insbesondere identische Orte und Geschwindigkeiten im Rahmen der Heisenberg'schen Unschärferelation. Dieses Verhalten ist grundsätzlich anders als das von Gasen bei deutlich höheren Temperaturen. Dort zeigen sie ja unterschiedliche Verhaltensweisen, die Atome bewegen sich verschieden schnell, da manche Atome energiereicher als andere sind.

Im Bose-Einstein-Kondensat haben nun alle Atome die gleiche Energie, d. h. sie besetzen gemeinsam das tiefstmögliche Energieniveau. Die Voraussetzung ist allerdings, dass es sich um Bosonen, also Teilchen mit ganzzahligem Spin, handelt. Formal bedeutet dies, dass die Wellenfunktionen der einzelnen Bosonen bei extremer Kühlung zu einer einzigen, der des Superatoms, verschmelzen. Da die Wellenfunktion ja sämtliche physikalischen Eigenschaften wie Ort und Geschwindigkeit beschreibt, werden die einzelnen Atome ununterscheidbar.

Die quantenmechanische Wellenfunktion erstreckt sich über das gesamte Kondensat und erreicht Ausmaße, die 100.000mal größer sind als gewöhnliche Atome, es bildet sozusagen den Mikrokosmos makroskopisch ab.

2.3 Maxwell-Boltzmann-Verteilung/Bose-Einstein-Verteilung

In der statistischen Physik beschreibt man Gase im thermischen Gleichgewicht durch verschiedene Verteilungsfunktionen, die die Wahrscheinlichkeit angeben, ein Teilchen in einem bestimmten Zustand zu finden. Diese Funktionen hängen dabei von Größen, wie zum Beispiel der Temperatur, ab und ermöglichen im Prinzip die Berechnung aller anderen makroskopischen Größen, die das System charakterisieren.

Die Maxwell-Boltzmann-Verteilung gilt im Gegensatz zur Fermi-Dirac oder zur Bose-Einstein-Verteilung in der Näherung klassischer idealer Gase, d.h. bei wechselwirkungsfreien Gasen, die keine Quanteneffekte zeigen (Modell: "harte, unterscheidbare Kugeln"). Im Fall der Bose-Einstein-Statistik, für die die Zahl der Teilchen, die in einem Einteilchen-Zustand untergebracht werden können, nicht beschränkt ist, erhält man den Zustand niedrigster Energie des gesamten Gases, wenn sich alle Teilchen des Gases im gleichen Zustand niedrigster Energie befinden.

2.4 Kritische Temperatur

Ausgehend von einem idealen Bosegas (keine Wechselwirkung zwischen den einzelnen Teilchen) möchte ich nun eine Formel zur Berechnung der kritischen Temperatur angeben. Unterhalb dieser kritischen Temperatur ist der Grundzustand makroskopisch abbildbar, das Gas ist nach Bose-Einstein kondensiert, oberhalb nicht mehr.

$$\text{Kritische Temperatur } T_c = \frac{h^2}{2\pi m k_B} \left(\frac{N}{2.612} \right)^{2/3}$$

Mit $\frac{N_0}{N} = 1 - \left(\frac{T}{T_c} \right)^{2/3}$ kann die Anzahl der Teilchen im Grundzustand (also im Kondensat) bestimmt werden, wobei k_B = Boltzmann Konstante, h = Plancksches Wirkungsquantum, N = Gesamtanzahl der Teilchen, N_0 = Anzahl der Teilchen im

Grundzustand und $T =$ Temperatur sind. Oberhalb von T_c liegt diese Anzahl in einer guten Näherung bei Null.

3. Herstellung eines Bose-Einstein-Kondensats

3.1 Bosonen und Fermionen

Da Atome aus Fermionen zusammengesetzt sind, kann sich ein Atom nur dann effektiv wie ein Boson verhalten, wenn es insgesamt eine gerade Anzahl von Elektronen, Protonen und Neutronen enthält. Nur dann addieren sich die halbzahligen Spins zu einem ganzzahligen Gesamtspin auf.

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen 2 Arten von Teilchen, den Bosonen und den Fermionen. Zu den Fermionen gehören insbesondere alle Bestandteile von Atomen, also Protonen, Neutronen und Elektronen. Photonen, zum Beispiel, sind dagegen Bosonen. Der Unterschied zwischen diesen beiden Teilchenklassen offenbart sich dadurch, wenn man versucht unterschiedliche Energiezustände mit ihnen zu besetzen, da Fermionen ja dem Pauli-Verbot unterliegen, was bedeutet, dass zwei Elektronen niemals denselben Quantenzustand einnehmen können.

Die Zugehörigkeit zu einer der beiden Klassen, Fermionen oder Bosonen, ist eine unveränderliche Eigenschaft der Teilchen, die durch den Spin bestimmt ist. Dieser kann in Einheiten des Planck'schen Wirkungsquantums nur halb- oder ganzzahlige Werte annehmen.

Der Bosonencharakter spielt bei der Bose-Einstein-Kondensation, bei der sich fast alle Teilchen in ihrem Zustand der niedrigsten Energie befinden, eine zentrale Rolle.

3.2 Der Phasenübergang

Bei der Bose-Einstein-Kondensation geht unterhalb einer bestimmten Temperatur ein wesentlicher Anteil der Gasatome in eine neue Phase über. Diese ist dadurch gekennzeichnet, dass sich alle Atome im Grundzustand, also dem Zustand niedrigster Energie, befinden und dabei ein kollektives Verhalten zeigen.

Der Phasenübergang findet statt, wenn die thermische deBroglie Wellenlänge größer ist als der mittlere Abstand der Teilchen untereinander. Die thermische deBroglie Wellenlänge ist ein Maß für die räumliche Ausdehnung der jedem einzelnen Teilchen zugeordneten Wellenfunktion, also für die Ortsunschärfe der einzelnen Teilchen. Für höhere Temperaturen dagegen ist die deBroglie Wellenlänge zu klein, und das System verhält sich wie ein klassisches Gas. Aus der Tatsache, dass der Phasenübergang durch das Verhältnis von typischem Teilchenabstand und thermischer deBroglie Wellenlänge bestimmt ist, ergeben sich verschiedene Konsequenzen für die experimentelle Realisierung der Bose-Einstein-Kondensation.

Eine Möglichkeit den Phasenübergang zu erreichen, besteht in der Verwendung kleiner Teilchenabstände oder, besser gesagt, in einer relativ hohen Teilchendichte. Ist die Dichte jedoch zu hoch, so können die Wechselwirkungen zwischen den Teilchen (Kollisionen) im Allgemeinen nicht vernachlässigt werden, und die Bose-Einstein-Kondensation tritt nicht in ihrer eigentlichen Form auf. Dies ist zum Beispiel bei der Superfluidität von Helium 4 und bei der Supraleitung der Fall.

Dieses Problem lässt sich durch die Wahl einer großen thermischen deBroglie Wellenlänge umgehen. Die Erzeugung der dazu benötigten extrem tiefen Temperaturen stellt aber auch heute noch eine große Herausforderung an die Experimentalphysiker dar.

3.3 Experimentelle Mechanismen

Um ein Bose-Einstein-Kondensat zu erzeugen, ist es notwendig, sehr tiefe Temperaturen (fast am absoluten Nullpunkt) zu erreichen. Dies geschieht durch eine Kombination von verschiedenen Methoden, auf die ich hier nur oberflächlich eingehen will.

Die Entwicklung der Laserkühlung in den 80er Jahren war ein wichtiger Schritt zur Erreichung von Temperaturen knapp über 0 K. Es stehen heute verschiedenste Verfahren der Laserkühlung zur Verfügung, beispielsweise Techniken zum Abbremsen oder Fangen von Atomen.

1985 wurde von Hess vorgeschlagen, die Temperatur des Gases zusätzlich mittels einer Verdampfungskühlung zu verringern, so dass zum Erreichen der Bose-Einstein-Kondensation keine so hohen Dichten mehr nötig sind. Dieses Verfahren ist heutzutage meist der letzte Schritt vor dem Erreichen des Phasenübergangs. Es beruht auf einer selektiven Entfernung der jeweils energiereichsten (heißesten) Teilchen aus der Magnetfalle und verringert somit die durchschnittliche kinetische Gesamtenergie (die Temperatur), bei einer gleichzeitigen Erhöhung der Phasenraumdichte. Eine Magnetfalle dient dazu, das Gas von seiner Umgebung thermisch zu isolieren, damit es in keinem Kontakt mit der Luft oder den Kammerwänden steht.

Da bei den verwendeten Magnetfallen nur extrem kalte Teilchen gefangen werden können, und da die Verdampfungskühlung mit einem erheblichen Verlust an Teilchen verbunden ist, wird die Laserkühlung benutzt um möglichst günstige Anfangsbedingungen, also tiefe Temperaturen und hohe Dichten, zu schaffen. In den derzeitigen Experimenten führt die Verdampfungskühlung zu einem Verlust von 99% der Teilchen und zu einer Erhöhung der Phasenraumdichte um 6 bis 7 Größenordnungen. Auch bei der Verdampfungskühlung gibt es verschiedenste Verfahren. Namentlich seien hier die Adsorption, das Umpumpen durch Licht und das Hochfrequenzfeld erwähnt.

4. Anwendung - Atomlaser

Die Grundlage für einen Atomlaser bildet das Bose-Einstein-Kondensat. Durch einen Magnetkäfig wird es an einem Ort festgehalten. Nun lässt man aus diesem Käfig eine Welle austreten, die sich dann weiter ausbreitet und einen Materiewellenstrahl erzeugt. Dazu bohrt man zuerst mit einem Radiofrequenzstrahl ein Loch in den Magnetkäfig, durch die Schwerkraft wird dann die Welle nach unten gezogen und bildet einen kurzen Materiestrahle. Dieser ist vergleichbar mit dem Lichtstrahl eines Lasers, der einzige Unterschied sind die Materiewellen anstatt der Lichtwellen.

Der Atomlaser ist eine völlig neue Entwicklung, sodass es noch nicht genau abschätzbar ist, welche zahlreichen praktischen Möglichkeiten er uns eröffnen wird. So sollte es möglich sein, Atomlaserstrahlen bis an deren Beugungsgrenze von 10^{-9} m hin zu fokussieren. Es ist zu erwarten, dass mit Hilfe

von Atomlasern in Zukunft Messungen von Rotationsbeschleunigungen mit einer Genauigkeit und Empfindlichkeit durchgeführt werden können, die den bisherigen Stand bei weitem übertreffen.

Auch in Bereich der Nanotechnologie wird der Atomlaser große Taten vollbringen, so lassen sich beispielsweise durch direktes Ablegen von Atomen auf Oberflächen feinste Nanostrukturen erzeugen, wie sie zum Beispiel für zukünftige Computerbausteine benötigt werden.

5. Neue Entdeckung - Bosenova

In den letzten Jahren wurde ein neuer kurioser Mechanismus des Bose-Einstein-Kondensats entdeckt. Carl Wieman, ebenfalls von der Universität in Boulder, führte mit seinem Team Experimente bei einer Temperatur von 3 nK durch. Sie untersuchten die Dynamik von Materiewellen, indem sie das Magnetfeld, das die Rb85-Atome auf kleinem Raum festhält, gezielt variierten. Dadurch gelang es ihnen, zwischen anziehender und abstoßender Wechselwirkung beliebig hin und her zu schalten.

War die Wechselwirkung leicht abstoßend, so quoll das Bose-Einstein-Kondensat, wie theoretisch vorhergesagt, auf. Stellten sie jedoch das System an Anziehung, so tat sich etwas Seltsames. Wie erwartet schrumpfte das Kondensat zunächst, jedoch um sich dann zu einem Klumpen zusammenzuziehen und zu explodieren. Es hinterließ ein kaltes kleines Überbleibsel inmitten einer expandierenden Wolke. Die Wissenschaftler stellten auch fest, dass sich von den ursprünglichen Atomen innerhalb des Kondensats die Hälfte aufgelöst hatte.

Da das Phänomen sehr an eine Supernova - im Kleinen gesehen - erinnert, gab man diesen Effekt den Namen Bosenova. Das Interessante an dieser Entdeckung ist, dass die physikalischen Ursachen, die zu dieser Explosion führen, gänzlich unbekannt sind, und die theoretischen Berechnungen ein ganz anderes Verhalten voraussagten. Somit stellt dieser Mechanismus etwas völlig Neuartiges dar und es bedarf noch weiterer Forschung, bis wir den Prozess der Bosenova verstehen.

Literatur

- Spektrum der Wissenschaft - Wissenschaftsnachrichten vom 11.10.1999: *Bose-Einstein-Kondensation*; 14.03.2001: *Spurlos verschwunden - Bosenova*; 16.03.1999: *Laserstrahl aus Materie wird Realität*; 26.01.2000: *Wenn sich Materie als Welle zeigt*; 16.09.1999: *Bose-Einstein-Kondensation für Fortgeschrittene*; 18.03.1998: *Eine neue Falle für Atome*
- Diplomarbeit von Claus Fühner, Universität Hannover: *Experimentelle Bose-Einstein-Kondensation*; <http://garnix.heh.uni-hannover.de/~fuehner/diplomarbeit>
- Spektrum der Wissenschaft 07/2000: *Wenn Materie Quantenwellen schlägt*
- Spektrum der Wissenschaft 02/2001: *Das kälteste Gas im Universum*
- Jahrbuch der Universität Augsburg 1996: *Altes und Neues von der BEC*
- Optik Zentrum der Universität Konstanz, *Jahresbericht 1997*, <http://www.uni-konstanz-de/ozk/ozk97>

- F. Reif, *Statistische Physik und Theorie der Wärme*
- G. Adam, O. Hittmair, *Wärmethorie*, Vieweg Verlag
- Haken, Wolf, *Atom- und Quantenphysik*, Springer Verlag
- Max Planck Institut für Laserspektroskopie in Garching, <http://www.mpq.mpg.de/~haenschl/>
- Abraham Pais, *Raffiniert ist der Herrgott*, Spektrum Verlag

Bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik

im Physikunterricht der Sekundarstufe I

Roland Berger, Manuel Hofer und Bernhard Riedl

1. Einleitung

Aus einer Reihe von Untersuchungen ist bekannt, dass das Interesse von Schülerinnen und Schülern am Physikunterricht im Laufe der Schulzeit in einem wesentlich stärkerem Maß abnimmt als an den meisten anderen Fächern und dass Physik zu den unbeliebtesten Schulfächern gehört. Dieser Befund gilt unabhängig von der Schulart und ist zumindest zum Teil auf den Physikunterricht selbst zurückzuführen. Einen Ansatzpunkt, um diesem Problem zu begegnen, liefert die Tatsache, dass das Interesse von Schülerinnen und Schülern weniger vom behandelten physikalischen Gebiet abhängt, als vielmehr vom Kontext, in den die Lehrplaninhalte eingebettet werden. Beispielsweise ist das Thema "mechanische Pumpen" vor allem für viele Schülerinnen interessanter, wenn die Prinzipien am Herzen, und nicht im technischen Kontext einer Erdölpumpe unterrichtet werden [1]. Insgesamt hat sich bei den Untersuchungen gezeigt, dass es sinnvoll ist, den Interessen der Schülerinnen zu folgen, denn dann wird man auch denen der Schüler gerecht. Umgekehrt ist es aber häufig nicht der Fall. Sowohl für Schülerinnen als auch für Schüler interessante Kontexte sind Beispiele mit lebensweltlichem Bezug, z.B. Alltagsphänomene und medizinische Anwendungen der Physik. Zu diesen Bereichen wurden in den letzten Jahren konkrete Unterrichtseinheiten vorgeschlagen, mit denen es gelingt, die Interessantheit von Physikunterricht deutlich zu verbessern (z.B. [2] und [3]). Erfreulicherweise setzt sich auch in den Lehrplankommissionen die Erkenntnis durch, dass ein an den Interessen der Schülerinnen und Schülern orientierter Unterricht in lebensweltlichen Kontexten sinnvoll sein kann. Dem entsprechend enthält z.B. der neue Lehrplan Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I an Gesamtschulen von Nordrhein-Westfalen im Rahmenthema "Gesundheit und Krankheit" das Fachthema Physik "Vom Ultraschall zur Computertomographie". Dabei sollen neben fachphysikalischen Inhalten auch erste Vorstellungen über die Bildentstehung dieser technischen Diagnoseverfahren vermittelt werden.

Mit dem vorliegenden Aufsatz wird ein Vorschlag zur Umsetzung der Themen Röntgen-Computertomographie und Ultraschalldiagnostik im Unterricht der Sekundarstufe I unterbreitet. Diese Unterrichtseinheiten wurden ursprünglich für die Oberstufe des Gymnasiums konzipiert und dort erfolgreich unterrichtet. Dabei hatte sich gezeigt, dass die technischen Prinzipien dieser bildgebenden Verfahren der medizinischen Diagnostik sehr einfach zu verstehen sind und einem Zugang zu ihrem physikalischen Kern nicht im Wege stehen. Es erschien daher möglich, diese beiden Themen in einer "abgespeckten" Version auch in der Sekundarstufe I zu unterrichten.

Roland Berger hat mit diesem Thema an der Universität München in Fachdidaktik Physik dissertiert und ist nun an der GH Kassel tätig. M. Hofer und B. Riedler haben im Rahmen ihrer Abschlussarbeiten an diesem Thema mitgearbeitet.

Entsprechende Unterrichtseinheiten wurden von den Studenten M. Hofer und B. Riedl im Rahmen ihrer Examensarbeiten für das Lehramt an Hauptschulen an der Universität München auf der Grundlage des Vorschlags für die Oberstufe angepasst und in einem kleinen Rahmen erprobt und bewertet^{*)}. Hintergrund für diesen Versuch ist die Beobachtung, dass die Anstrengungen von Seiten der Fachdidaktik sich bisher überwiegend auf die weiter führenden Schulen konzentrierten. Besonders in der Hauptschule erscheint aber eine Ausrichtung des Physikunterrichts an den Interessen der Schülerinnen und Schüler besonders dringend.

Im Folgenden wird zunächst die Technik und Physik der Röntgen-Computertomographie bzw. des so genannten Impuls-Echo Verfahrens der Ultraschalldiagnostik beschrieben. Dies sind die Grundlagen für die vorgestellten Unterrichtseinheiten, gehen aber zum Teil darüber hinaus und sind damit auch als Hintergrundinformation für die unterrichtende Lehrkraft gedacht.



Abb. 1: Röntgen-Computertomogramm. Die CT-Aufnahme zeigt einen Querschnitt durch den Brustbereich. Sogar Details der Lungenstruktur sind gut zu erkennen.

2. Die Röntgen-Computertomographie

1973 entwickelten der Medizinphysiker Alan M. Cormack und der Elektroingenieur Godfrey N. Hounsfield die Röntgen-Computertomographie (CT), ein Verfahren, welches die Röntgendiagnostik revolutioniert hat. Nach dem Urteil vieler Fachleute ist diese Technik die bedeutendste Erfindung, die seit der Entdeckung der Röntgenstrahlen im Jahre 1895 auf diesem Gebiet gemacht wurde. 1979 erhielten Cormack und Hounsfield für ihre Entwicklung den Nobelpreis für Medizin. Die Bezeichnung "Tomographie" leitet sich aus dem griechischen Wort für Schicht ("tomos") ab. Mit der Röntgen-Com-

^{*)}In vielen deutschen Bundesländern ist das Schulsystem nach der vierjährigen Grundschule im Gegensatz zu Österreich dreigliedrig (Hauptschule, Realschule und Gymnasium).

putertomographie, kurz CT, wurden erstmals Querschnittsaufnahmen der Patienten möglich. Dies erleichtert die genaue Lokalisierung und Diagnose z.B. von Tumoren ganz wesentlich und ist daher aus der modernen Medizin nicht mehr wegzudenken. Bei herkömmlichen Röntgenaufnahmen wird ein schattenartiges Bild erzeugt, sodass ein Tumor, der z.B. hinter dem Magen liegt, nur schwer zu erkennen ist. Ein weiterer großer Vorteil ist der im Vergleich zu konventionellen Röntgenaufnahmen wesentlich verbesserte Kontrast, der durch den Einsatz des Computers bei der Datenauswertung auch noch die Hervorhebung verschiedener Gewebearten ermöglicht. Ein Beispiel für eine CT-Schichtaufnahme zeigt Abb. 1.

2.1. Prinzip der Röntgen-Computertomographie

Das Prinzip der Röntgen-Computertomographie ist in Abb. 2 dargestellt.

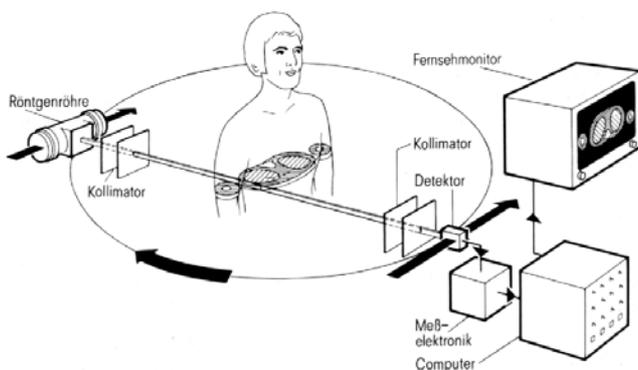


Abb. 2: Schematische Darstellung der CT-Messanordnung. Ein Röntgenstrahl durchdringt den Körper und wird dabei geschwächt. Die Restintensität wird von einem Detektor registriert. Die Einheit aus Röntgenröhre und Detektor wird entlang der geraden Pfeile verschoben und dabei laufend die Intensität gemessen. Der entscheidende Unterschied zu herkömmlichen Röntgenaufnahmen besteht nun darin, dass diese Durchstrahlung aus verschiedenen Richtungen wiederholt wird (gekrümmter Pfeil).

Mit Hilfe von Blenden wird aus der von einer Röntgenröhre erzeugten Strahlung zunächst ein einzelner Strahl ausgeblendet. Dieser durchdringt die zu untersuchende Körperschicht. Der Strahl wird nun auf seinem Weg durch den Körper mehr oder weniger stark geschwächt. Luft absorbiert die Röntgenstrahlung nur wenig, Weichgewebe schon mehr und Knochen am stärksten. Hinter der Schicht trifft der so geschwächte Strahl auf einen Detektor, mit dessen Hilfe die Intensität in ein elektrisches Signal verwandelt wird, welches vom Computer weiterverarbeitet werden kann. Um die ganze Scheibe zu erfassen, wird die Einheit aus Röntgenröhre und Detektor entlang der geraden Pfeile in Abb. 2 senkrecht zum Strahl verschoben und laufend die Intensität mit Hilfe des Detektors gemessen. Ist die gesamte Schicht auf diese Art abgetastet worden, liegt dem Computer zunächst nicht mehr Informationen über diese Schicht vor, als bei der Aufnahme eines herkömmlichen Röntgenbildes auch. Die wesentliche Idee der CT ist nun, das System aus Röntgenröhre und Detektor um einen kleinen Winkel in Richtung des gekrümmten Pfeils in Abb. 2 zu drehen. Nach dieser Drehung beginnt die Durchstrahlung von neuem: Röhre und Detektor werden wieder senkrecht zum Strahl verschoben und der Detektor nimmt laufend die Intensität des Röntgenstrahls auf. Die Prozedur aus Drehung und Verschiebung wird so lange wiederholt, bis die Röhren-Detektor-

Einheit einmal den Körper umkreist hat. In der Gesamtheit der gemessenen Daten ist die Information über den Querschnitt der Körperschicht enthalten. Dieser Querschnitt kann nun vom Computer rekonstruiert und auf einem Monitor dargestellt werden. Je stärker eine Substanz die Röntgenstrahlung schwächt, desto heller wird sie dort dargestellt. Beispielsweise erscheinen Knochen weiß und die Luft in der Lunge schwarz (vgl. Abb. 1).

2.2. Bildrekonstruktion durch Rückprojektion

Woher weiß der Computer nun, wo Knochen sind, wo die Lunge und andere Organe? Für die Bildberechnung teilt der Computer den abzubildenden Schichtquerschnitt in der Regel in ein quadratisches Muster von 512 mal 512, also 262.144 Bildpunkte (Pixel), auf. Eine feinere Einteilung würde zwar die Bildschärfe erhöhen, aber gleichzeitig auch die Rechenzeit. Die ersten CT-Bilder hatten nur 80 mal 80 Pixel. Hier konnte man die einzelnen Pixel auf der Aufnahme noch mit bloßem Auge unterscheiden. Das Auflösungsvermögen war dementsprechend gering. Im nächsten Schritt müssen den einzelnen Pixeln Grauwerte so zugeordnet werden, dass sie der Schwächungsfähigkeit der entsprechenden Körpersubstanz entsprechen. Dazu gibt es verschiedene Möglichkeiten. Eine häufig benutzte Methode ist die so genannte "Rückprojektion". Dabei wird nach jeder einzelnen Messung die vom Detektor registrierte Strahlintensität gleichmäßig auf alle Pixel entlang des Strahlweges verteilt. Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass man aus dem Messwert für einen Strahlweg noch nicht schließen kann, an welchem Orten des Weges die Intensität geschwächt wurde. Diese Rückprojektion wird nun für alle Richtungen wiederholt. Das Prinzip der Rückprojektion ist mit Hilfe eines Modells aus 4 mal 4 Stäben, die quadratisch angeordnet senkrecht auf einem Brett stehen, leicht einzusehen (Abb. 3 rechts).

Diese 16 Stäbe repräsentieren eine CT-Abbildung mit 16 Pixeln (Abb. 3a). Eines der Pixel (bzw. einer der Stäbe im Spiel), z.B. das in der Abb. 3a dunkel dargestellte, soll den Strahl schwächen, die anderen Pixel nicht. Dies entspräche im Körper z.B. einer starken Absorption im Knochen bzw. einer im Vergleich dazu sehr schwachen Absorption, z.B. in der Lunge. Die Position des stark absorbierenden Pixels lässt sich nun auf die folgende Art ermitteln: Jede der in Abb. 3a eingezeichneten acht Durchstrahlungen erfolgt mit einem "Kugelstrahl". Dieser Strahl bestehe aus acht Kugeln und repräsentiert den ungeschwächten Röntgenstrahl vor der Durchquerung der Schicht. Für jede der acht Durchstrahlungen werden die folgenden Regeln aufgestellt:

1. Trifft der Kugelstrahl auf jenen Stab, der den Strahl schwächt, verschwindet die Hälfte der Kugeln aus dem Strahl. Dies simuliert die Strahlschwächung.
2. Die Kugeln, die die Schicht durchquert haben, werden gleichmäßig auf alle Stäbe entlang des Strahlweges verteilt. Diese Regel simuliert die Rückprojektion.

Mit diesen Regeln ergibt sich die in Abb. 3b durch Zahlen dargestellte Kugelverteilung auf den Stäben. Das schwächende Pixel erkennt man daran, dass dort, wie zu erwarten, die wenigsten Kugeln sind. Um dieses Bild, welches bis jetzt nur aus Zahlen besteht, besser interpretieren zu können, werden diesen Kugelzahlen (bzw. Intensitätswerten in der Realität) Graustu-

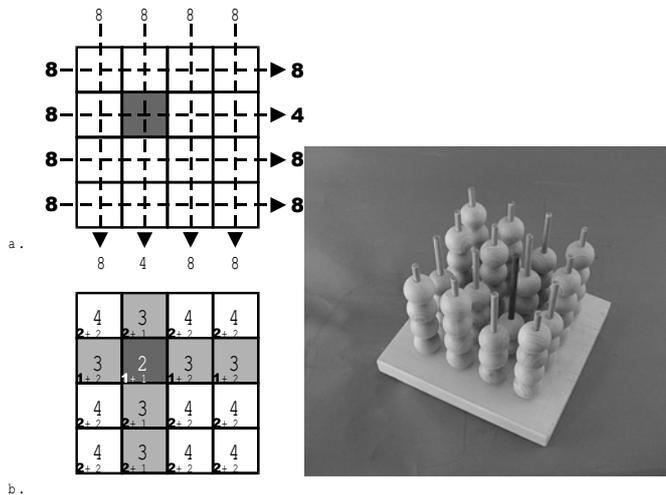


Abb. 3: Prinzip der Rückprojektion
 Oben links durchsetzt die Röntgenstrahlung (gestrichelte Pfeile) die 16 Bildelemente ("Pixel"). Das dunkel dargestellte Pixel absorbiert die Hälfte der Anfangsintensität. Durch die anderen Pixel gelangen die Strahlen ungeschwächt. Dies ist mit einer Anfangsintensität von "8" dargestellt. Die Restintensitäten werden vom Computer gleichmäßig auf die Pixel entlang des Strahlweges verteilt (Zahlen in den Pixeln in Abb. b.; 1. Zahl: Intensität gemäß waagrechtlicher Durchstrahlung, 2. Zahl: Intensität aufgrund senkrechter Durchstrahlung). Dann werden die Summen gebildet (große Zahlen), die anschließend entsprechend ihrem Wert graukodiert werden. Das stärker absorbierende Element (dunkles Pixel) ist somit eindeutig zu rekonstruieren. Der Vorgang kann mit dem Kugelmodell veranschaulicht werden (rechts).

fen zugeordnet. Man könnte z.B. die folgende Vereinbarung treffen: Je kleiner die Kugelzahl, desto dunkler wird das Pixel dargestellt. Anders in realen CT-Bildern: Dort möchte man Knochen auf dem Monitor hell wiedergeben. Daher werden stark schwächende Pixel hell kodiert. Das Ergebnis der Graukodierung zeigt Abb. 3b. Man erkennt jetzt, dass das schwächere Element durch das dunkelste Pixel dargestellt wird. Der Unterschied zu den anderen Pixeln ist nicht sehr deutlich, das Bild ist kontrastarm. In der Realität begegnet man diesem Problem auf drei Arten:

1. Die Scheibe wird aus sehr vielen Richtungen (nicht nur zwei wie im Modell) durchstrahlt.
2. Die einzelnen Projektionen werden vor der Rückprojektion noch bearbeitet ("Filterung").
3. Es stehen eine Reihe von Standardmethoden der Bildbearbeitung zur Verfügung, die eine Kontrasterhöhung nach der Rückprojektion ermöglichen.

Trotzdem verdeutlicht das einfache Modell die Idee der Rückprojektion, wie sie in den meisten Computertomographen zur Bildrekonstruktion verwendet wird. Das Verfahren der Rückprojektion kann auch sehr anschaulich mit dem Lernprogramm CTSim erlernt werden. Dieses Computerprogramm kann unter <http://www.physik.uni-muenchen.de/didaktik/Computer/computer.htm> kostenlos heruntergeladen werden.

2.3 Erzeugung der Röntgenstrahlung

In einem glühenden Draht (Glühkathode K , Abb. 4) bewegen sich die Elektronen so schnell, dass sie diesen verlassen können.

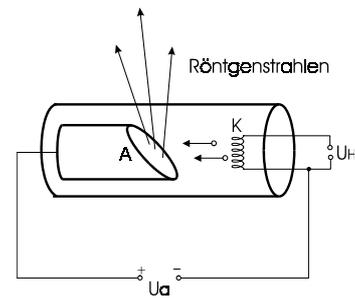


Abb. 4: Schematischer Aufbau einer Röntgenröhre. Die an der Glühkathode K (Heizspannung U_H) freigesetzten Elektronen werden durch die Anodenhochspannung U_a beschleunigt. Beim Auftreffen auf der Anode A entsteht Röntgenstrahlung.

Die so erzeugten freien Elektronen werden mit Hilfe einer Hochspannung U_a (z.B. 100 kV) in einem starken elektrischen Feld beschleunigt und prallen auf eine Anode A aus Metall, meistens Wolfram. Durch die Abbremsung wird Röntgenstrahlung emittiert. Insgesamt wird aber nur ca. 1% der Elektronenenergie in verfügbare Röntgen-Strahlungsenergie verwandelt. Das hängt damit zusammen, dass die Elektronen zum Teil die Metallatome nur zu Schwingungen anregen. Dies äußert sich in einer starken Temperaturerhöhung der Anode, falls sie nicht aufwändig gekühlt wird. Teilweise wird die erzeugte Röntgenstrahlung auch direkt im Metall wieder absorbiert und steht damit für die Anwendung nicht zur Verfügung.

2.4. Schwächung der Röntgenstrahlung

Wie stark der Röntgenstrahl in den verschiedenen Materialien abgeschwächt wird, hängt im Wesentlichen von zwei Faktoren ab:

1. Von der Energie der Strahlung: Je größer die Energie der Photonen, desto geringer die Schwächung des Strahls. Deshalb werden in der CT die Anteile des Röntgenspektrums mit kleiner Energie durch geeignete Absorber herausgefiltert, da diese den Detektor praktisch nicht erreichen und damit nur zur Strahlenbelastung des Körpers beitragen.
2. Von der Dichte der durchstrahlten Substanz: Dies liefert gerade den Kontrast zwischen unterschiedlichen Organen: Dichteres Gewebe schwächt den Röntgenstrahl stärker und lässt somit weniger Photonen passieren als dünneres Gewebe.

2.5. Biologische Wirkung der Röntgenstrahlung

Die Strahlungsenergieaufnahme bei einer CT-Aufnahme hängt stark von der untersuchten Region, der Anzahl und der Dicke der aufgenommenen Schichten ab. Außerdem spielt die Beschleunigungsspannung der Röntgenröhre, die Strahlungsintensität und die Geometrie des CT-Gerätes eine große Rolle. Ganz grob kann man sagen, dass eine CT-Schichtaufnahme der Strahlenbelastung bei der Aufnahme eines herkömmlichen Röntgenbildes entspricht. Die Strahlenbelastung durch eine CT ist im Vergleich zu den meisten anderen medizinischen Diagnoseverfahren damit relativ hoch, da in der Regel 10 bis

20 Schichten abgebildet werden. Der Arzt sollte dies in jedem Einzelfall gegen den diagnostischen Nutzen abwägen.

Was geschieht nun, wenn Röntgenstrahlung auf biologisches Gewebe trifft? Die Folgen kann man grob in drei Phasen unterteilen, die sich durch ihre unterschiedlichen Zeitskalen unterscheiden.

In der *Physikalischen Phase* werden in großer Anzahl Atome ionisiert, d.h. ein (oder mehrere) Elektronen herausgestoßen. Da der Körper zu fast 80% aus Wasser besteht, entstehen beim Durchgang der Röntgenstrahlung vor allem so genannte Wasserradikale: das sind Bruchstücke von Wassermolekülen (Elektronen, Protonen, neutraler Wasserstoff und OH-Gruppen). Die Dauer dieser Vorgänge ist im Wesentlichen von der Durchquerungsdauer der Photonen durch die Zelle festgelegt. Die Zeitskala ist damit sehr klein und beträgt 10^{-16} bis 10^{-13} Sekunden.

In der *Physikalisch-Chemischen Phase* breiten sich die Radikale in der Körperzelle aus und lagern sich an Wasser an oder reagieren mit anderen Molekülen der Zelle, die dadurch ihre chemische Struktur verändern und ihrerseits Radikale bilden können. Diese Vorgänge verlaufen auf einer Zeitskala von 10^{-13} bis 10^{-2} Sekunden. Radikale können z.B. der DNS, in der die Erbinformation enthalten ist, Wasserstoffatome aus Wasserstoffbrücken entziehen. Besonders kritisch sind dabei Schäden an den Basen, den "Quersprossen" des DNS-Doppelstranges, da in der Basenreihenfolge die genetische Information kodiert ist. Eine direkte Schädigung der DNS durch Röntgenstrahlung ohne "Umweg" über die Wechselwirkung mit Radikale ist sehr unwahrscheinlich, da das Volumen der DNS im Vergleich zum gesamten Zellvolumen sehr klein ist.

Da Lebewesen schon immer ionisierender natürlicher Strahlung ausgesetzt waren, haben sie im Laufe der Evolution sehr leistungsfähige Reparaturmechanismen für Strahlenschäden entwickelt. So sind im Zellplasma Substanzen enthalten, die Radikale neutralisieren und die Zelle damit schützen können. Auch ein Schaden an einem Strang der DNS wird mit hoher Wahrscheinlichkeit repariert. Der zweite Strang dient dabei als Vorlage. Ein seltener Doppelstrangbruch kann daher mit einer nur wesentlich geringeren Wahrscheinlichkeit repariert werden. Dies ist kritisch, da die meisten Bestandteile der Zelle mehrfach, die DNS als zentrale Steuereinheit aber nur einfach in der Zelle vorhanden ist.

Kann ein Schaden nicht repariert werden, so kann dies in der *Biologischen Phase* zur Zellteilungshemmung oder zum Zelltod führen. Auch Erbgutveränderungen sind möglich. Daraus kann sich ein Tumor entwickeln. Die Vorgänge in dieser Phase laufen innerhalb von 10^{-2} Sekunden bis hin zu Jahrzehnten ab. Nicht jede Mutation ist aber mit der Bildung eines Tumors verbunden, da die Erbinformation in der DNS oft auch dann noch "lesbar" ist, wenn einzelne Veränderungen aufgetreten sind. Bereits jede Zellteilung erzeugt ohne äußere Einwirkung eine bis zehn fehlerhafte Basen, die zu Mutationen führen können. Ohne diese "spontanen" Mutationen wäre die Evolution zum Menschen hin nicht möglich gewesen.

2.6. Unterrichtserprobung

Der Unterricht zur Röntgen-Computertomographie wurde in einer 10. Klasse einer Münchener Hauptschule mit 10 Schüle-

rinnen und 14 Schülern erprobt. Die Unterrichtseinheit umfasste fünf Stunden. Sie spiegeln im Wesentlichen die in den letzten Abschnitten dargestellten Inhalte wider.

Motivation

Anhand von Abb. 1 oder einer CT-Aufnahme aus dem örtlichen Krankenhaus werden die wesentlichen Vorteile der Computertomographie gegenüber herkömmlichen Röntgenaufnahmen erarbeitet. Konkret sind dies die Möglichkeit der Darstellung ohne Verdeckung (Schichtaufnahmen) und der hohe Kontrast der Bilder moderner Systeme. Anschließend wird den Schülerinnen und Schülern der Film "CT-Prinzip" gezeigt, in dem die grundlegenden Aspekte des Verfahrens anschaulich erklärt werden.

Prinzip der Röntgen-Computertomographie

Das Prinzip der Messwertaufnahme bei der Röntgen-Computertomographie wird anhand der Abb. 2 erarbeitet. Die Röntgenstrahlung wird als aus kleinsten Energiepaketen (Photonen) bestehend beschrieben. Die Strahlung ist umso intensiver, je mehr Photonen pro Zeiteinheit auf eine bestimmte Fläche auftreffen. Mit dem in Abb. 3 dargestellten Modell kann das Prinzip der Rückprojektion gezeigt und entsprechend erarbeitet werden. Zur Vertiefung ist es sinnvoll, das Lernprogramm CTSim einzusetzen. Damit können sich die Schülerinnen und Schüler die Rückprojektionstechnik auch selbstständig erarbeiten.

Erzeugung der Röntgenstrahlung

In der Röntgenröhre werden durch Glühemission freie Elektronen erzeugt und durch eine Hochspannung in Richtung der Anode beschleunigt (Abb. 4). Den Schülerinnen und Schülern wird mitgeteilt, dass die Abbremsung von Elektronen in der Anode zur Emission von Photonen führt. Auf die Unterscheidung zur charakteristische Röntgenstrahlung muss dabei nicht eingegangen werden.

Wirkung von Röntgenstrahlung auf den Körper

Anhand eines Arbeitsblattes wird die Erzeugung von Wasserbruchstücken (Radikale) durch Photonen und deren Ausbreitung in der Zelle erarbeitet. Die Wasserbruchstücke können mit den Basen der DNS reagieren. Da in der Reihenfolge der Basen die Erbinformation kodiert ist, kann dies, falls keine Reparatur erfolgt, zu schwerwiegenden Veränderungen des Erbgutes führen.

Mit Fragebogen wurde vor der Durchführung der Unterrichtseinheit das Allgemeine Physikinteresse (ein Maß für längerfristiges Interesse am Physikunterricht, vgl. [3]), und nach der Unterrichtseinheit deren Interessantheit erhoben ([2]). Dabei wurden die Antworten auf einer fünfstufigen Ratingskala von 1 ("trifft gar nicht zu") bis 5 ("trifft genau zu") beantwortet. Das allgemeine Physikinteresse war in der Versuchsklasse recht hoch. Folgenden Items des Fragebogens zur Interessantheit wurde dabei in hohem Maße (etwa 4 und mehr) zugestimmt:

- Der Unterricht war abwechslungsreich
- Im Unterricht gab es etwas Neues für mich zu entdecken
- Es gab Dinge, die mich besonders interessiert haben
- Ich hatte das Gefühl, für mich selbst etwas dazugelernt zu haben

- Die Schule würde mir mehr Spaß machen, wenn wir öfter solche Dinge behandeln würden

Ein Unterschied zwischen den Beurteilungen durch die Schülerinnen bzw. Schülern war nicht zu beobachten. Der Durchschnitt betrug bei Schülerinnen und Schülern jeweils 3,1 und ist entsprechend dem allgemeinen Physikinteresse der Klasse damit vergleichsweise hoch. Dies stützt die Vermutung, dass eine Orientierung an den Interessen der Schülerinnen auch die Schüler nicht abschreckt.

Einige zusätzlich durchgeführte Interviews zeigen, dass wie erhofft gerade der lebensweltliche Bezug geschätzt wird: "Interessant war es schon, wobei ich Physik nicht so spannend finde. Röntgen ist was, das jeder mitmacht. Es ist einfach was Interessantes. Dann weiß ich wenigstens, was los ist, wenn ich beim Arzt war. Am meisten hat mich eigentlich interessiert, wie das dem Körper schadet. Man hat das ja schon mal gehört und da wusste keiner Bescheid. Eigentlich war aber alles interessant."

"So ärztliche Sachen, alles was mit dem Arzt zu tun hat, interessiert mich sowieso schon. Das Interessanteste fand ich eigentlich am Schluss, wie diese Röntgenstrahlen so auf den Körper wirken. Eigentlich war alles interessant. Für mich war nichts langweilig."

In einem benoteten Wissenstest erhielten die Hälfte der Schülerinnen und Schüler die Note "Sehr Gut", der Durchschnitt war 2,2. Die Leistungen der Schülerinnen und der Schüler unterschieden sich im Durchschnitt nicht. Der Test umfasste Reproduktionsaufgaben zur Technik der CT, zur Erzeugung der Röntgenstrahlung und den Vorgängen in einer Zelle, wenn sie von Röntgenstrahlung getroffen wird.

Insgesamt ist der Unterricht sowohl bei Schülerinnen als auch bei Schülern gleichermaßen auf Interesse gestoßen und es hat sich gezeigt, dass die Inhalte auch auf Hauptschulniveau gut vermittelbar sind.

3. Die Ultraschalldiagnostik

3.1. Prinzip des Impuls-Echo-Verfahrens

Neben der Röntgenstrahlung durchdringt auch Ultraschall den menschlichen Körper und kann daher zur medizinischen Diagnose genutzt werden. Ultraschall wurde erstmals 1942 in Österreich von K.T. Dussik zur Darstellung des Schädels eingesetzt. Dabei kam zunächst das Durchschallungsprinzip zur Anwendung: Der Ultraschall durchdringt den Kopf des Patienten und auf der anderen Seite wird die Restschallstärke gemessen. Die Weiterentwicklung der Ultraschalltechnik während des Zweiten Weltkriegs z.B. zur U-Boot-Ortung führte bald zum Einsatz des so genannten Impuls-Echo-Verfahrens zur Untersuchung biologischer Objekte. Mit weit reichenden technischen Verbesserungen ist dieses Verfahren auch heute noch im Einsatz. Das Prinzip dieses Verfahrens lässt sich mit hörbarem Schall bereits im Gebirge verstehen: Ein Wanderer, welcher einen kurzen "Hallo" ruft, hört aus dem Wald oder den dahinterliegenden Bergen jeweils ein Echo. Aus dem Zeitunterschied zwischen dem Rufen und dem Hören des Echos kann er auf seine Entfernung zum Wald bzw. zum Berg schließen. Dieser Vorgang läuft im Prinzip auch bei einer Embryo-Untersuchung mit Ultraschall ab: Ein kurzer Ultraschallimpuls wird in den Körper der Mutter geschickt und die Echos an den Grenz-

schichten der beschallten Organe der Mutter und des Embryos registriert.

3.2. Bildentstehung

Der Schallkopf, welcher den Sender und Empfänger für den Ultraschall enthält, sendet einen Ultraschall-Impuls in das Untersuchungsobjekt. Dort wird er an den Organengrenzen teilweise zurückgeworfen. Zeitgleich mit dem Senden des Ultraschallimpulses startet der Leuchtpunkt auf dem Bildschirm z.B. eines Oszilloskops seine Bewegung. Ein vom Schallkopf registriertes Echo wird entsprechend seiner Stärke in ein elektrisches Signal umgesetzt, welches den Elektronenstrahl eines Bildschirms umso weiter auslenkt, je stärker das Echo war (Abb. 5 unten). Daraus kann zweierlei abgelesen werden:

- Je größer die Schalllaufzeit im Körper ist, desto weiter weg vom Startpunkt erscheint der Ausschlag des Elektronenstrahls. Die Abstände der Ausschläge vom oberen Bildschirmrand sind damit ein Maß für die Objektentfernung, d.h. für den Ort der abgebildeten Struktur im Körper.
- Je stärker das Echo ist, desto größer ist die Amplitude. Sie ist damit ein Maß für die Fähigkeit der Gewebegrenzen, den Ultraschall zurückzuwerfen. Dieser Reflexionsgrad hängt im Wesentlichen vom Dichteunterschied der angrenzenden Gewebeschichten ab.

Da die Information über die Echostärke in der Amplitude enthalten ist, heißt diese Darstellung auch Amplituden-Bild (A-Bild).

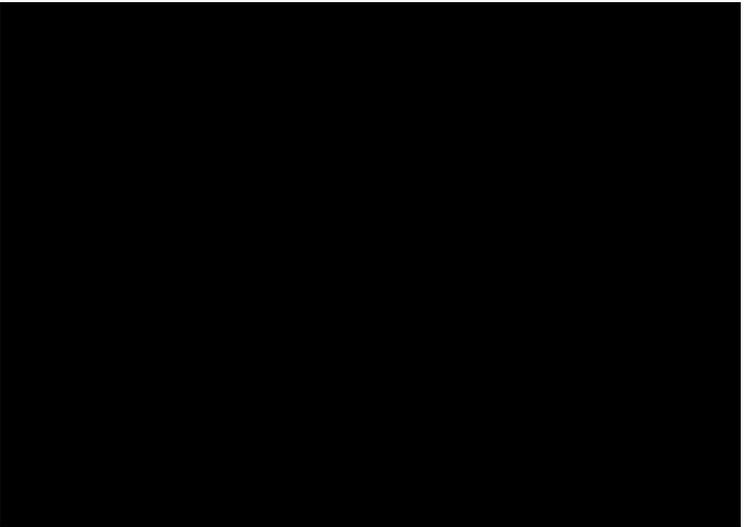


Abb. 5: Echoauswertung einer Ultraschallaufnahme des Auges. Unten ist das Amplituden-Bild (A-Bild) zu sehen. Die Positionen der Ausschläge geben die Lage der Reflektoren an, ihre Höhen die jeweilige Echostärke. Oben: Die Ausschläge werden entlang der eingezeichneten Linie umso heller dargestellt, je stärker das Echo im Amplituden-Bild ist. Schwenkt man den Ultraschallsender sehr schnell hin und her, so erhält ergibt sich auf diese Weise das dargestellte Querschnittsbild durch das Auge (B-Bild).

(Quelle: http://www.nova.edu/hpd/otm/pics/procl_usoundb.html)

Die Stärke des Echos lässt sich auch auf andere Weise darstellen: An der Stelle des Ausschlags auf dem Bildschirm wird nur ein Punkt gezeichnet. Dadurch entsteht eine Reihe von Punkten auf dem Bildschirm. Diese geben genauso die Gewebegrenzen an wie das A-Bild (Abb. 5 oben). Damit die in der Amplitude enthaltene Information über die Echostärke nicht verloren geht, werden die Punkte umso heller dargestellt, je

stärker das Echo war ("Graukodierung"). Die Helligkeitsdarstellung liefert nur Informationen über die Organgrenzen, welche der Ultraschallstrahl durchlaufen hat. Um die Organe im Querschnitt darzustellen, braucht man den Ultraschallstrahl nur noch über den Untersuchungsbereich hinwegzubewegen. Dies kann durch Schwenken des Ultraschallkopfs erreicht werden. Das so erhaltene Schnitt-Bild heißt B-Bild (Abb. 5 oben). Der Buchstabe B bezieht sich auf Brightness, das englische Wort für Helligkeit.

3.4. Laufzeitartefakte

Artefakte sind Bilderscheinungen, welche die wahren anatomischen Verhältnisse nicht richtig wiedergeben. Sie entstehen durch unterschiedliche physikalische Effekte, die Auswirkungen auf den Schallstrahl haben. Jeder Arzt, der mit Ultraschall arbeitet, muss die verschiedenen Artefakte kennen, um eine falsche Bildinterpretation und damit eine mögliche Fehldiagnose zu vermeiden. Die Kenntnis der physikalischen Ursachen der Artefakte erleichtert die Diagnose wesentlich. In Abb. 6 ist ein so genanntes Laufzeitartefakt schematisch dargestellt.

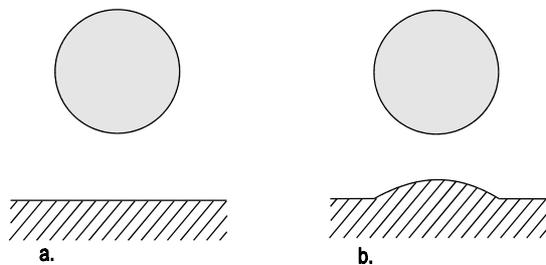


Abb. 6: Entstehung eines Laufzeitartefakts (schematisch). In a. ist die korrekte anatomische Struktur zu sehen. Die Schallgeschwindigkeit im Knochen (kreisförmiger Querschnitt) ist größer als im umliegenden Gewebe. Daher gelangen Echos von der Schicht unter dem Knochen schneller zum Empfänger, wenn sie durch den Knochen gelaufen sind. Da die Laufzeit vom Computer als Maß für die Tiefe des Objekts gewertet wird, erscheint die Grenzschicht nach oben ausgebuchtet (b.).

Die Bereiche direkt unter dem Kreis (z.B. einem Rippenquerschnitt) scheinen nach oben gewölbt zu sein (Abb. 6 b.), obwohl das tatsächlich nicht der Fall ist (Abb. 6 a.). Die Ursache ist die im Vergleich zum übrigen Gewebe hohe Schallgeschwindigkeit in Knochen: Die Echos aus den Bereichen unterhalb der Rippen erreichen daher den Ultraschallempfänger deutlich früher als die Echos aus dem Zwischenrippenraum. Da die Laufzeit aber als Maß für die Tiefe der beobachteten Struktur im Körper dient, werden alle Strukturen unterhalb der Rippen zu weit oben auf dem Bildschirm dargestellt. Die Schicht in Abb. 6 erscheint daher nach oben gewölbt. Damit sind wir aber auf ein grundsätzliches Problem gestoßen: Hätten die verschiedenen Gewebearten stark voneinander abweichende Schallgeschwindigkeiten, so wäre das Ultraschallbild durch Laufzeitartefakte derartig verzerrt, dass eine sinnvolle Auswertung kaum möglich wäre. Die Ultraschalldiagnostik "lebt" von der Tatsache, dass die Schallgeschwindigkeiten der meisten Körperstoffe nur wenig voneinander abweichen und etwa dem Wert von Wasser entsprechen (1,5 km/s). Dies hängt damit zusammen, dass der Körper zu etwa 70% aus Wasser besteht.

3.5. Erzeugung von Ultraschallimpulsen

Sowohl die Erzeugung der Ultraschallimpulse, als auch der Empfang der Echos erfolgt mit Piezokeramiken (piezein (griechisch): drücken). Dabei kann ein und dieselbe Keramikscheibe sowohl als Sender des Ultraschallimpulses als auch als Empfänger für die Echos verwendet werden. Die Entdeckung des Piezoeffekts verdanken wir den Brüdern Jan und Pierre Curie. Im Jahr 1880 beobachteten sie, dass beim Zusammendrücken eines Quarzes auf dessen Oberflächen elektrische Ladungen auftraten. Damit eignen sich piezoelektrische Materialien als Ultraschallempfänger: Trifft das Echo auf die Piezokeramikscheibe, so wird diese kurz zusammengedrückt und erzeugt ein zur Echointensität proportionales elektrisches Signal. Dieses kann dann, wie bereits diskutiert, zur Darstellung auf dem Bildschirm herangezogen werden. Aber auch die Umkehrung ist möglich: Beim Anlegen einer Spannung wird die piezoelektrische Substanz je nach Polung gedehnt oder gestaucht. Um einen Schallimpuls zu erzeugen, wird für kurze Zeit, z.B. 10 ms, eine Wechselspannung an die Piezokeramik angelegt. Diese schwingt während dieser Zeit und setzt die umgebende Materie, z.B. die Atome und Moleküle des Körpers ebenfalls in Bewegung. Dadurch entsteht eine Schallwelle, die sich im Körper ausbreitet.

3.6. Reflexion und Brechung von Ultraschall

Der Anteil des Schallimpulses, welcher an einer Grenzfläche im Körper nicht zurückgeworfen wird, läuft weiter in die ursprüngliche Richtung. Welcher Anteil des Ultraschalls reflektiert wird, hängt im wesentlichen vom Dichteunterschied der Materialien ab^{**)} . Der Dichteunterschied von Luft zu Wasser ist sehr groß: Ein Liter Luft wiegt etwas mehr als ein Gramm, dasselbe Volumen Wasser achthundertmal soviel. Ultraschall wird fast vollständig beim Übergang von Luft in den Körper (und umgekehrt) reflektiert. Aus diesem Grund wird bei Ultraschallaufnahmen ein Koppelgel auf den Körper aufgebracht. Auch sind Aufnahmen der Lunge und des gasgefüllten Darms nicht möglich. Starke Reflexionen sind die Ursache zweier Arten von Artefakten, die in Abb. 7 beschrieben sind.

Trifft der Ultraschallstrahl schräg auf eine Grenzfläche, so gilt für ihn genauso das Reflexionsgesetz wie für Licht: Der Einfallswinkel ist gleich dem Reflexionswinkel und das Einfallslot liegt mit den Schallstrahlen in einer Ebene. Allerdings gibt es einen Unterschied zur Optik: Beim Eintritt in ein dichteres Medium wird Ultraschall nicht zum Lot hin, sondern von ihm weg gebrochen. Denn für die Brechung gilt die zur Optik analoge Formel

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2}$$

wobei α und β den Einfallswinkel bzw. den Brechungswinkel bezeichnen und c_1 und c_2 die Schallgeschwindigkeiten sind. Im Gegensatz zu den Verhältnissen beim Licht nimmt die Schallgeschwindigkeit mit der Dichte zu. Auch die Schallbrechung kann zu Artefakten führen: Trifft der Ultraschall auf

^{**)} Genauer gesagt ist der Unterschied der Wellenwiderstände entscheidend. Der Wellenwiderstand einer Substanz ist das Produkt aus Massendichte und Schallgeschwindigkeit. Da aber die Schallgeschwindigkeit i.a. mit der Dichte ansteigt, genügt für qualitative Überlegungen häufig die Betrachtung der Dichten alleine.

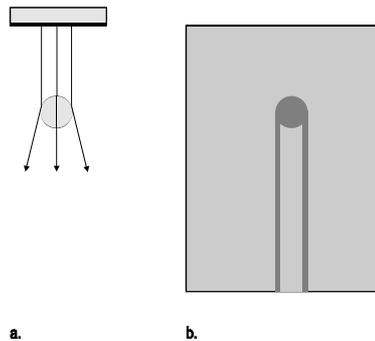
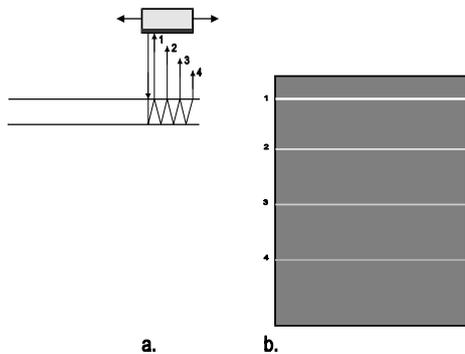


Abb. 7: Starke Reflexion von Ultraschall. Links: Wird der Ultraschallimpuls zwischen zwei Grenzflächen wiederholt hin und her reflektiert, so gelangen entsprechende Echos zeitversetzt zum Schallkopf und werden dem entsprechend in äquidistantem Abstand am Bildschirm dargestellt. Dieses Artefakt wird als Wiederholungsecho bezeichnet.

(Quelle: <http://www1.stpaulshosp.bc.ca/stpaulsstuff/USartifacts/USArtifacts.html>)

Rechts: Aufgrund starker Reflexionen kann der Ultraschall nicht in tiefer liegende Strukturen eindringen und dieser Bereich wird somit dunkel dargestellt. Für die Diagnostik sind solche Schallschattenartefakte ein wichtiger Hinweis auf die Bildung einer Verkalkung bzw. eines Steins im Körper.

(Quelle: <http://www.vet.gla.ac.uk/guss/guss/quiz/quiz4/quiz4.htm>)

eine wassergefüllte Zyste, so entstehen die für deren Diagnostik charakteristischen Zystenrandschatten (Abb. 8).

Eine Konkavlinse wird häufig auch verwendet, um den Ultraschall zu fokussieren. Dadurch wird das seitliche Auflösungsvermögen von Ultraschallaufnahmen verbessert und die Echointensität erhöht. Wird der Einfallswinkel des Schallstrahls auf ein dichteres Gewebe zu groß, so kann es wie in der Optik sogar zur Totalreflexion kommen. Auch dieser Effekt kann daher zu Schallschatten führen.

3.7. Unterrichtserprobung

Die Unterrichtseinheit wurde in einer 9. Klasse und in einer 10. Klasse zweier Münchener Hauptschulen erprobt. Der Unterricht musste aus Zeitgründen auf zwei Doppelstunden komprimiert werden. Die Inhalte werden im folgenden skizziert.

Motivation

Ein kurzer Ultraschall-Film zeigt die Bewegungen eines Embryos im Mutterleib. Um den Begriff des Ultraschalls erfahrbar zu machen, ermitteln die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe eines Frequenzgenerators ihre Hörschwelle und grenzen so Schall im Hörbereich von Ultraschall ab.

Bildentstehung

Die Laufzeit eines Ultraschallimpulses ist ein Maß für die Entfernung des reflektierenden Organs. Diese Information lässt

Abb. 8: Zystenrandschatten. Schematische Darstellung der Brechung (a) und die resultierenden dunklen Bereiche: Aufgrund der im Vergleich zur Umgebung größeren Schallgeschwindigkeit in der flüssigkeitsgefüllten Zyste werden die Ultraschallstrahlen am Zystenrand so gebrochen, dass auf dem Ultraschallbild Schatten (b. und Pfeile in der Aufnahme rechts) entstehen. (Ich danke C. Kollmann vom Institut für Biomedizinische Technik & Physik der Universität Wien für die Aufnahme)

sich mit Hilfe eines Oszilloskops darstellen (A-Bild). Die entsprechenden Entfernungen und Echostärken lassen sich graukodieren. Durch Abtasten einer Schicht gewinnt man das B-Bild (vgl. Abb. 5).

Reflexion und Brechung von Ultraschall

Starke Reflexionen können zu Artefakten führen, die eine Diagnose erschweren können (Beispiele in Abb. 7).

Um zwei nahe bei einander liegende Objekte (z.B. Fingerchen eines Embryos) auf dem Ultraschallbild noch getrennt darstellen zu können, wird ein möglichst schmales Ultraschallbündel benötigt. Dies erreicht man durch Fokussierung mit Hilfe einer Linse. Auch ein mit Flüssigkeit gefüllter Gewebehohlraum (Zyste) wirkt als Linse für Ultraschall. Der damit verbundene Zystenrandschatten dient als Kriterium für die Zystendiagnostik (Abb. 8).

Die Ausbreitung des Ultraschalls im Körper wird wesentlich durch die Schallgeschwindigkeit bestimmt. Unterschiedliche Schallgeschwindigkeiten führen zu Laufzeitartefakten (Abb. 6).

In einem Kurztest wurden einige einfache Reproduktionsfragen zu Eigenschaften des Ultraschalls gestellt und die Bildentstehung sollte beschrieben werden. Anschließend war in einer Transferaufgabe zu berechnen, wie tief das Meer ist, wenn ein Ultraschallimpuls aus dem Echolot eines Bootes 2 Sekunden "unterwegs" ist. In zwei weiteren Aufgaben waren die Entstehung des Laufzeitartefakts zu diskutieren und das Demonstrationsexperiment zu beschreiben, mit dem im Unterricht Ultraschall gebündelt wurde. Die Testleistungen waren sehr unterschiedlich. In der 10. Klasse erbrachten die Jungen im Schnitt gute Leistungen, wogegen die Mädchen fast zwei Notenstufen schlechter waren. In der 9. Klasse waren die Ergebnisse dagegen durchweg schwach: Die Schüler zeigten ausreichende, Schülerinnen sogar nur mangelhafte Leistungen. Besondere Schwierigkeiten machte in dieser Klasse die kleine Rechenaufgabe. Nach unseren Beobachtungen wurden die Inhalte im Unterricht möglicherweise zu schnell behandelt und so eine Reihe von Schülerinnen und Schülern abgehängt. Wahrscheinlich besteht auch noch Verbesserungsbedarf in der Darstellung der Inhalte im Unterricht.

Um ein einfaches Maß für das überdauernde, individuelle Interesse zu erhalten, wurden die verschiedenen Unterrichtsfächer auf einer fünfstufigen Skala von "sehr interessant" bis "ganz uninteressant" eingestuft. In der 9. Klasse interessierten sich die Schülerinnen nur geringfügig weniger für Physik als die Schüler. Eine große Diskrepanz war dagegen in der 10. Klasse zu beobachten: die Schülerinnen schätzten den Physikunterricht im Schnitt auf der vorletzten Stufe ("weniger interessant") ein! Die Interessantheit der Unterrichtseinheit zur Ultraschalldiagnostik wurde von den Schülerinnen der 9. Klasse fast so hoch wie von den Schülern beurteilt. In der 10. Klasse konnte die Lücke zwischen den Schülerinnen und Schülern zumindest deutlich verringert werden. Insbesondere haben hier die am Fach Physik wenig interessierten Schülerinnen und Schüler am stärksten von der Maßnahme profitiert.

In den Interviews äußerten sich die am Versuch beteiligten erfahrenen Lehrkräfte nach anfänglicher Skepsis überzeugt davon, dass die Ultraschalldiagnostik ein auch für die Hauptschule geeigneter Unterrichtsgegenstand ist. Dazu einige Ausschnitte aus dem Interview mit der Lehrerin der 9. Klasse:

Hatten Sie den Eindruck, dass die Klasse dem Unterricht mit Interesse gegenüberstand?

"Die Klasse" kann man so nicht sagen. Also sagen wir mal: ein Großteil der Schüler durchaus, ein Teil der Schüler mit großem Interesse sogar. Einige Schüler hatten sicher weniger Interesse, aber das ist der Normalfall. Insgesamt würde ich sagen, ich würde das Thema behandeln, weil es einfach nahe liegt.

Würden Sie die Unterrichtseinheit als gelungen bezeichnen?

Vom Aufbau her grundsätzlich schon. Im Detail müsste man das eine oder andere verändern, vereinfachen. Aber von der Grundkonzeption her durchaus gelungen.

Was fanden Sie weniger gelungen?

Weniger gelungen jetzt speziell in dieser Stunde, dass einige Bereiche zu sehr in die Breite gingen, die man hätte ein bisschen einfacher darstellen können, wie ich schon sagte, die Bündelung. Und fraglich ist, ob ich die Laufzeitartefakte mit herein genommen hätte.

Hatten Sie den Eindruck, dass Ihre Schüler mehr gefordert waren als im herkömmlichen Unterricht?

Nicht grundsätzlich, es war natürlich ein bisschen komprimiert durch die zwei Doppelstunden. Ansonsten kann man das Ganze, wenn man eine Einzelstunde hat, ein bisschen entzerren. Es war halt ein bisschen kompakt, sonst waren die Schüler nicht grundsätzlich überfordert.

4. Schluss

Mit den vorgestellten Unterrichtseinheiten erscheint es möglich, sowohl für Schülerinnen als auch für Schüler interessante Lerngegenstände in den Physikunterricht der Sekundarstufe I zu integrieren. Dies wird wesentlich durch die vergleichsweise einfach zu verstehenden technischen Aspekte von Röntgen-Computertomograph und Ultraschallgerät begünstigt. An diesen Systemen lassen sich wichtige physikalische Inhalte einführen und diskutieren. Der Vorschlag kann ein Beitrag zur Schließung der häufig beklagten Lücke zwischen dem von Schülerinnen und Schüler erlebten Physikunterricht und deren außerschulischen Lebenswelt sein.

Die Autoren sind an Unterrichtserfahrungen der Kolleginnen und Kollegen zu diesem Themenbereich sehr interessiert. Un-

terrichtsmaterialien können auf CD bezogen werden. Senden Sie bei Interesse bitte einen ausreichend frankierten und adressierten Rückumschlag sowie 5,- in Briefmarken an Dr. Roland Berger, Universität Gh Kassel/Physikdidaktik, Heinrich-Plett-Straße 40, D-34132 Kassel

Literaturempfehlungen

Röntgen-Computertomographie:

- Die Unterrichtseinheit für die Oberstufe ist beschrieben in R. Berger, B. Kölbl, H. Wiesner (1999). Die Röntgen-Computertomographie - Eine medizintechnische Anwendung für den Physikunterricht, *PdN-Ph* 4/48, S. 44-47.
- Eine Reihe zusätzlicher, eher technischer Aspekte zum Thema sind in Maurer, H.J. & Zieler, E. (1984). Röntgen-Computertomographie. In: Maurer, H. J. & Zieler, E. (Hrsg.). *Physik der bildgebenden Verfahren in der Medizin*. Berlin: Springer, S. 79-98 gegeben.
- Die Strahlenwirkung wird in Krieger, H. & Petzold, W. (1992). *Strahlenphysik, Dosimetrie und Strahlenschutz, Band 1*, Stuttgart: Teubner, S. 234 ff. auf einem fundierten, aber trotzdem gut lesbaren Niveau diskutiert.

Ultraschalldiagnostik:

- In Berger, R. (2000). Ultraschalldiagnostik im Physikunterricht - das Impuls-Echo-Verfahren. *Praxis der Naturwissenschaften Physik*, 7/49, 18-25 ist die Unterrichtseinheit für die gymnasiale Oberstufe sowie einige Ergebnisse einer größeren Evaluation beschrieben.
- Eine knappe, aber sehr gute Einführung in die physikalischen Aspekte ist in Gosling, R. (1989). Medical imaging with ultrasound: some basic physics. *Physics Education* 24, S. 215-221 zu finden.
- Eine etwas vertieftere Diskussion auch von technischen Aspekten ist in Heinzerling, J. (1984). Physik der Bildgebung mit Ultraschall. In: Maurer, H. J. & Zieler, E. (Hrsg.). *Physik der bildgebenden Verfahren in der Medizin*. Berlin: Springer, S. 143-180 sowie Harder, D. & Giese, K. (1992). Ultraschall in der Medizin. *Praxis der Naturwissenschaften Physik* (41) 6 S. 2-13 zu finden.
- Im Buch von Hedrick, W. R.; Hykes, D. L. & Starchman, D. E. (1995) *Ultrasound physics and Instrumentation*. St. Louis: Mosby werden in sehr anschaulicher Weise (unterstützt durch sehr schöne Abbildungen) praktisch alle technischen und physikalischen Grundlagen (auch der Dopplersonographie) dargestellt.

Literatur

- [1] Häußler, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). *Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. IPN Kiel (ISBN 3-89088-124-6), S. 122
- [2] Hoffmann, L., Häußler, P. & Peters-Haft, S. (1997). *An den Interessen von Jungen und Mädchen orientierter Physikunterricht*. IPN Kiel Nr. 155
- [3] Berger, R. (2000). *Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik - ein Weg zu interessanterem Physikunterricht*. Dissertation Universität München. Berlin: Logos Verlag

Physlets - Computersimulationen im Physikunterricht

Frank Schweickert, Wolfgang Christian, Daniel Roth und Hansjörg Jodl

Moderne Internettechnologie ermöglicht es nun Physiklehrerinnen und -lehrern mit elementaren Programmierkenntnissen, kostenlos, bei relativ geringem Zeitaufwand maßgeschneiderte Simulationsprogramme für ihren Unterricht zu erstellen. Diese können sowohl im Unterricht als auch in Hausaufgaben auf Diskette oder per Internet eingesetzt werden. Die Internet-Homepage des Davidson College, North Carolina, hält Physiksimulationen, Physlets[®], zum Herunterladen für nichtkommerzielle Zwecke [1] bereit, die einen weiten Bereich physikalischer Sachgebiete abdecken. Neben einer technischen Orientierung sollen an dieser Stelle auch einige Anregungen zum praktischen Einsatz im Unterricht gegeben werden.

Wozu Simulationsprogramme im Unterricht?

Seit Jahrzehnten gibt es didaktische motivierte Computersimulationsprogramme für den physikalischen Unterricht. Sie implementieren mathematisch-theoretische Modelle mittels numerischer Methoden und stellen physikalische Objekte meist durch bewegte Zeichnungen (Animation) bildlich dar. Damit gehört der Einsatz von Simulationen grundsätzlich zum Bereich *deduktiven* Vorgehens: Sie zeigen, welche phänomenologischen Konsequenzen aus idealisierten, theoretischen Annahmen folgen, so z.B. die Trägheit eines Massenpunkts aus den Newton'schen Axiomen und weiter dessen Ellipsenbahn bei einem bestimmten, analytisch vorgegebenen Kraftgesetz und unter bestimmten Randbedingungen.

Durch ihre Interaktivität bieten Simulationen jedoch einen besonderen, handlungsorientierten Zugang zu physikalischen Vorstellungen, die auch sehr abstrakter Art sein können, beispielsweise beim Phasenraum der theoretischen Mechanik oder den Wahrscheinlichkeitswellen der Quantenmechanik. Die Hauptaufgabe von Simulationsprogrammen im Unterricht liegt damit im Bereich der Konzeptbildung. Aber es sollte durchaus einmal kritisch diskutiert werden, inwieweit sich auch experimentelle Grundfertigkeiten, wie das Beobachten, das systematische Variieren von Parametern, die Datenanalyse bis hin zur Fehlerabschätzung ebenfalls an Simulationen üben lassen. Denn die zunehmende Verfügbarkeit von Rechnern in den Haushalten lässt erwarten, dass auch die Hausaufgaben in Zukunft eine Vielzahl interessanter Schüleraktivitäten in diesem Bereich beinhalten können. Im übrigen sei darauf hingewiesen, dass modernes Experimentieren in der Forschung auch aus Kostengründen oft mit kostensparenden Simulationen Hand in Hand geht und dass auch in vielen Bereichen der theoretischen Physik mit Simulationen "experimentiert" wird.

Die Güte einer Simulation bemisst sich danach, wie exakt sie Theorie dargestellt, und zunächst *nicht* nach der Übereinstimmung des Dargestellten mit der Natur. An letzterem muss sich natürlich sehr wohl die zugrundeliegende Theorie messen lassen. Daher müssen die Schüler dreierlei unterscheiden lernen,

wenn eine Darstellung nicht den Erwartungen entspricht: Erstens kann eine Simulation unter gewissen Umständen numerisch versagen, zweitens kann das zugrundeliegende analytische Modell die experimentelle Situation unzureichend beschreiben und drittens kann seitens des Schülers ein falsches Präkonzept vorliegen, dem die Simulation schließlich widerspricht.

Im ersten Fall haben Schüler erfahrungsgemäß Freude daran, durch extreme Wahl von einstellbaren Parametern die numerischen Grenzen akkurater Simulation auszutesten. Sie bekommen dabei gleichzeitig ein Gefühl für die Natur der dabei auftretenden Effekte. Interessant ist es auch, mit den Schülern Methoden zu erarbeiten, um die Konsistenz des Dargestellten zu überprüfen. Dazu kann der Energieerhaltungssatz der Mechanik, der Strahlensatz bei optischen Abbildungen oder einfach eine geeignete Wahl der Parameter dienen.

Der zweite Fall, die unzureichende Theorie zur Simulation, wäre z.B. beim Vernachlässigen der Reibung oder anderer Einflussgrößen gegeben. Gerade hier spielt die weiter unten vorgestellte Technik der Physlets ihre Stärke aus: Verschiedene alternative Modelle für eine Simulation können vorbereitet werden, ohne dass die Bedienung der Software für die Schüler zu komplex wird.

Den dritten Fall der unzutreffenden Vorurteile illustriert das Beispiel einer simulierten elektrischen Ladung (Abb. 1), die auf ihrer Bahn durchaus nicht den elektrischen Feldlinien folgt, wie viele Schüler vielleicht angenommen hätten. Hier vermittelt der aktive Umgang mit der Simulation einen sehr viel plastischeren Eindruck vom Einfluss der Massenträgheit auf die Bewegung der Testladung. Mit einem üblichen apparativen Aufbau, etwa mit einem Kathodenstrahl im homogenen Feld eines Kondensators, wäre das so nicht zu erreichen.

In jedem Fall müssen aber in der Schule parallele Demonstrations- und Schülerexperimente dafür sorgen, dass die Bequemlichkeit der Softwarebedienung die Schüler nicht über die Notwendigkeit der ungleich mühsameren, *induktiven* Naturbeobachtung hinwegtäuscht.

Physlets - Was wird durch neue Techniken einfacher?

Bislang war jede Simulationssoftware unterschiedlich zu bedienen und oft auf verwirrend vielfältige Weise zu konfigurieren. Das paradoxe Ergebnis: Viele Programme waren so komplex, dass sie sich aufgrund der erforderlichen Einarbeitungszeit nur mühsam in bestehende Lehrpläne integrieren ließen. Andererseits waren sie immer noch nicht flexibel genug, um speziellen Darstellungswünschen der Lehrer zu genügen. Entsprechend gering blieb die Motivation, sich überhaupt auf die - zudem meist kostenpflichtige - Lernsoftware einzulassen. Auch die prinzipielle Möglichkeit, zumindest für entsprechend versierte Lehrkräfte, sich durch eigenes Programmieren maßgeschneiderte Lösungen zu schaffen, verschloss sich in

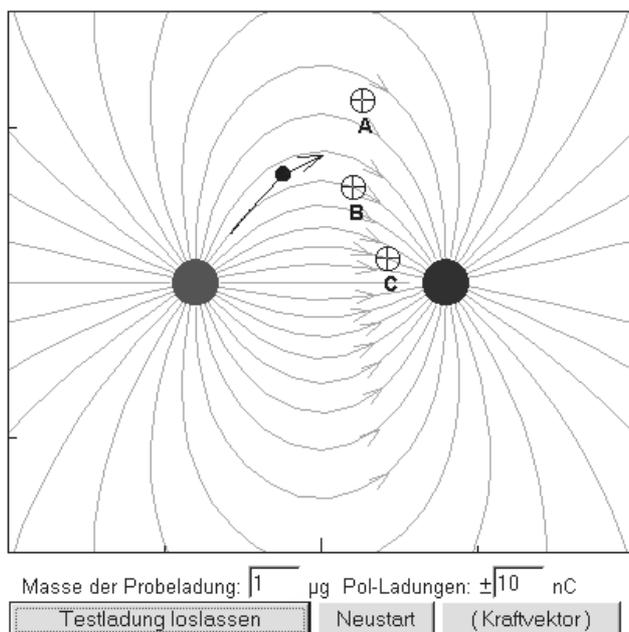


Abb. 1: Reibungsfreie Probeladungen folgen nicht den elektrischen Feldlinien. Eine Erhöhung von Ladungen und Masse verändert nicht die Bahnkurve (nur die Geschwindigkeit). Bei diesem Physlet, das Werte aus Webformularfeldern übernimmt, sind die möglichen Aktivitäten absichtlich beschränkt. Es wäre jedoch ein Leichtes, den Schülern zu gestatten, diese Anordnung durch Ziehen mit der Maus selbst umzugestalten, z.B. mit einer JavaScript-Anweisung wie `setDragable(ladung2,true)`.

dem Maße, in dem die Ansprüche an die Perfektion der Darstellung stiegen.

Inzwischen hat sich die technische Situation grundlegend verändert: In hypermedialen Lehrmaterialien, die zum Beispiel in Form von Internet-Webseiten präsentiert werden, können neben Text nicht nur Bilder, Klänge und Videoausschnitte präsentiert, sondern auch Computerprogramme - Java-Applets - eingebunden werden. Die Schüler müssen sich dazu kaum in eine neue Software einarbeiten, da jeweils immer nur diejenigen Bedienelemente angezeigt werden, die im physikalischen Kontext eines virtuellen Experiments von Bedeutung sind. Die Physik-Applets des Davidson College, die Physlets[®], werden vom Lehrer mit Hilfe der einfachen Programmiersprache JavaScript an die gewünschte Erscheinungsweise angepasst. JavaScript muss dazu noch nicht einmal vollständig erlernt werden, da es meist genügt, bereits bestehende Beispiele - oft Zehnzeiler - sinnfällig abzuändern, z.B. bei einer virtuellen Optischen Bank einen Befehl `addObject("lens",...)` in `addObject("mirror",...)` abzuwandeln. Darüber hinaus entwickelt die Universität Kaiserslautern Online-Werkzeuge, "Baukästen", die JavaScript-Kommandos automatisch erstellen, sobald das gewünschte Simulationsobjekt in einer Tabelle ausgewählt wurde. Danach werden die individuellen Physlets nach Maß zum Herunterladen auf Diskette bereitgestellt [2].

Bei den Physlets handelt es sich also keineswegs nur um eine Sammlung von Java-Applets, die unverändert übernommen werden müssen und von denen im Internet bereits sehr viele angeboten werden [3], sondern um ein sehr flexibles Konzept: Jedes Physlet stellt physikalische Objekte zur Verfügung, beispielsweise elektrische Ladungen in E- und B-Feldern, elastisch stoßende Teilchen der kinetischen Gastheorie, bewegli-

che Aufbauten einer optischen Bank, Massenpunkte, die frei definierbare Kräfte aufeinander ausüben usw. Hinzu kommen Physlets mit der Funktionalität von Graphen-Plottern, Wertetabellen, Filteralgorithmen für Datensätze u.a., die z.B. zeitabhängige Daten von Objekten in anderen Physlets aufbereitet darstellen können. In der Dokumentation auf der Physlet-Homepage werden die gültigen Skript-Befehle für jedes Physlet aufgelistet, so dass ihre Konfigurierung vergleichbar ist mit dem Zusammenbau eines Demonstrationsexperimentes in der Lehrmittelsammlung. Da dies zuweilen auch interessierte Schüler unter Anleitung tun können, müssen dem Lehrer unter Umständen nur die grundsätzlichen physikalischen Darstellungsmöglichkeiten des jeweiligen Physlets bekannt sein [4].

Physlets funktionieren auch ohne Internetzugang, wenn die zugehörige Programm-Datei (.jar) einmal von der Physlet-Homepage heruntergeladen ist. Die Ansicht und die individuelle Ausgestaltung können mit Hilfe der üblichen, kostenlosen Internetprogramme, z.B. Internet-Explorer oder Netscape Communicator erfolgen. Entweder benutzt man dabei eines der derzeit entwickelten Kaiserslauterer Online-Werkzeuge oder man modifiziert die heruntergeladenen Dateien von Hand mit dem Zubehör der eben erwähnten Browser. Man erstellt oder modifiziert eine Internetseite (.htm/.html-Datei), die den Aufgabentext und ein rechteckiges Feld für die Simulation enthält. In einem integrierten Webeditor-Programm wie MSFrontpage oder Netscape Composer lässt sich komfortabel das Erscheinungsbild durch Wahl von Schriftarten, Farben und Textanordnung verändern. In einer reinen Textansicht (Quelltext) enthält diese Datei hingegen viele, möglicherweise schwer verständliche Formatierungsanweisungen (HTML). Diese kann man größtenteils getrost ignorieren, da in dieser Ansicht zumeist nur einige JavaScript-Befehle eingefügt werden, die die gewünschte physikalische Situation beschreiben. Die richtige Stelle für solcherlei Eintragungen findet man leicht, wenn man eine bereits funktionierende Physlet-Webseite abwandelt.

Das Resultat jeder vorgenommenen Änderungen lässt sich sofort im Browser überprüfen, der die lokal gespeicherte Internetseite (.html) anzeigt. Diese greift dabei ihrerseits auf die ebenfalls heruntergeladenen Physlet-Programmdateien (.jar) zurück. Das funktioniert natürlich ebenso von einer Diskette, die Schüler mit nach Hause nehmen können, und natürlich auch auf einer möglicherweise vorhandenen eigenen Schulhomepage. Mit etwas Übung kann man dann auch noch ein weiteres herausragendes Merkmal der Physlets ausnutzen: Verschiedene Physlets, die in derselben Webseite eingebaut wurden, können miteinander kommunizieren. Das heißt, dass beispielsweise die mittlere kinetische Energie eines Modellgases im Physlets *Molecular* vom Physlet *DataGraph* in einem automatisch skalierten Graphen in Abhängigkeit von der ansteigenden Temperatur dargestellt werden kann.

Konkrete Vorschläge für den Unterricht

Unsere Erfahrungen mit Physlets im multimedialen Fernstudienengagement FiPS der Universität Kaiserslautern [5] haben gezeigt, dass interaktive Multimedia-Materialien aus Zeitmangel der Teilnehmer wesentlich weniger genutzt werden, wenn sie nur als unverbindliche Beigabe angeboten werden und nicht mit konkreten Arbeitsaufträgen verbunden sind. Vermutlich werden daher auch Schüler aus eigenem Antrieb wenig echte Lerneranstrengungen bei virtuellen Experimenten unternehmen,

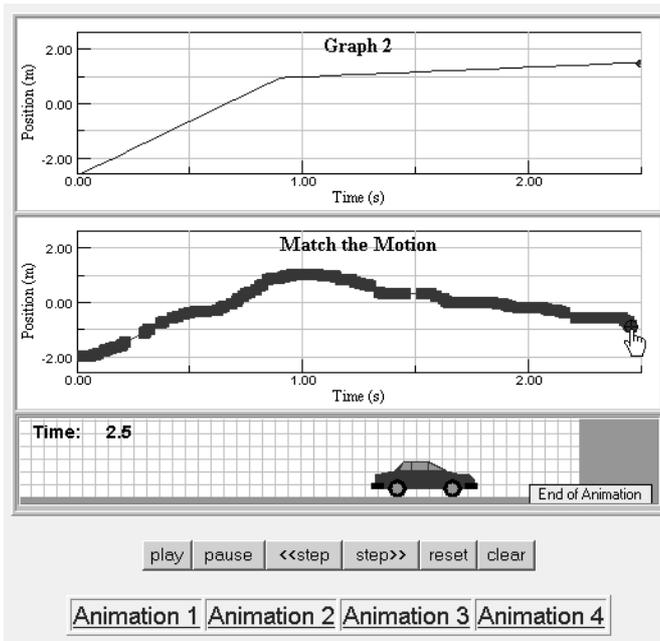


Abb. 2: Nach Anwählen einer Animation 1-4 fährt im unteren Teil ein Wagen mit konstanter Geschwindigkeit von links nach rechts, prallt rechts auf eine Wand und rollt langsam wieder nach links zurück. Zu dieser Bewegung werden ganz oben jeweils verschiedene $s(t)$ -Graphen vorgeschlagen. Während der Diskussion dieser Vorschläge im Unterricht können im mittleren Teil eigene Graphen mit der Maus eingezeichnet werden. Mit den Bedienelementen wird die Bewegung angehalten oder die eigenen Graphen gelöscht. Drei voneinander unabhängige Applets sind auf dieser Seite gleichzeitig aktiv: Unten das Physlet Animator, das auch Grafiken im GIF-Format als Objekte bewegen kann. In der Mitte und oben das Physlet DataGraph, auf zwei verschiedene Weisen mit JavaScript konfiguriert. Hyperlinks und Bedienelemente führen jeweils unterschiedliche JavaScript-Anweisungen aus.

wenn sie nicht mit klarer Zielvorstellung in den regulären Unterricht eingebunden sind. Daher wollen wir hier kurz einige Anregungen zur Anwendung von Physlets im Unterricht geben. Natürlich sind die meisten Beispiele in verschiedenen Unterrichtssituationen denkbar, und die physikalischen Themen der Physlets werden ständig erweitert.

1. Erarbeitungsphasen (frontales Unterrichtsgespräch, Partnerübung, als Hausaufgabe per Arbeitsblatt...)

- Zeit- und Ortskoordinaten beliebig bewegter Objekte, auch eingefügter Bilder (.gif), lassen sich schrittweise protokollieren, in Graphen darstellen und dadurch bestimmten Bewegungstypen zuordnen (Physlet *Animator*, s. Abb. 2).
- Vergleich von elektrischen Feldlinien, Kraftvektoren, Äquipotentiallinien von verschiedenen Punktladungsverteilungen und Beobachtung der jeweiligen Bewegung einer Testladung (*EField*)
- Überlagerung von Wellen und Störungen (longitudinal und transversal) (*Pipes, Reflection*)

2. Sicherung

nach Erarbeitung im Computerraum (mit Beamer o.ä.) wäre als Ergänzung zum Hefteintrag z.B. auf Diskette auszuteilen:

- ein Physlet, das einen bewegten Punkt zeigt, der Kreiswellen aussendet, die sich zu Mach'schen Kegeln mit geschwindigkeitsabhängigem Öffnungswinkel überlagern. (*Doppler* oder *Animator*, s. Abb. 3)

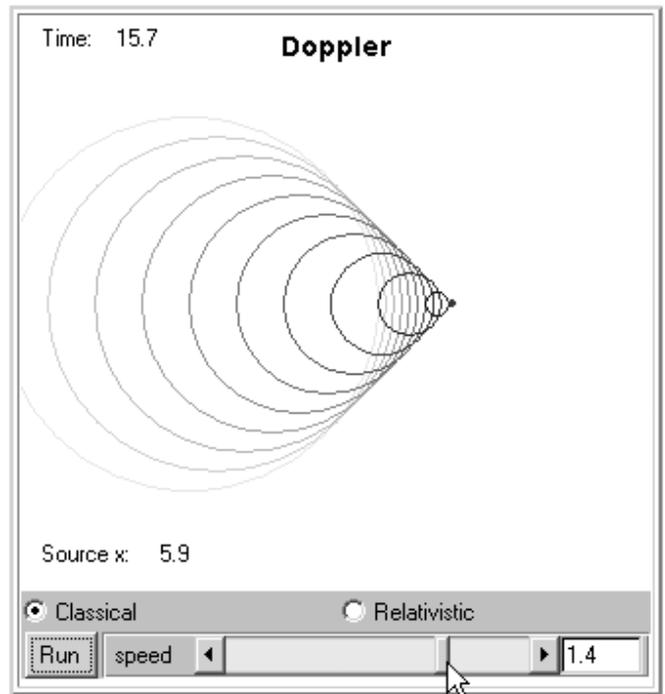


Abb. 3: Ein Physlet zum Dopplereffekt ist aussagekräftiger als zeitaufwendige Tafelbilder. Die Schüler nehmen es auf Diskette mit nach Hause oder finden es im Internet. Dieses Physlet funktioniert auch ohne eine einzige JavaScript-Zeile.

- Zwei Sinusfunktionen verschiedener Periode, die zu einer Schwebung überlagert und hörbar gemacht werden (*Sound-Out*).
- bewegte Interferenzmuster in einer simulierten Wellenwanne (*Ripple*, Abb. 5)

Diese Darstellungen sind effizienter als die üblichen umständlichen Bemühungen an der Tafel. Der instruktive Wert von zusätzlichen Konstruktionen mit Zirkel und Lineal im Schülerheft soll damit allerdings keineswegs bestritten werden.

3. Übungsphasen (Hausaufgaben, Rechnerraum)

- Elektrische Schwingkreise können nach Berechnung passender Parameter (C , L) auf eine vorgegebene Frequenz eingestellt werden. (*Circuits*)

Wer Erfahrungen mit Webservern hat, kann sich die Ergebnisse durch ein Formular auf der Webseite über das Internet übermitteln und dann auswerten lassen (CGI-Technik), andere Lehrer wünschen vielleicht eine Rückmeldung der Schüler per E-Mail.

- Ein beweglicher Draht verändert den magnetischen Fluss durch die rechteckige Leiterschleife, deren Teil er ist. Die Schüler sollen aus dem Verhalten der Induktionsspannung auf den räumlichen Verlauf des unbekanntes B-Felds durch die Schleife schließen, den der Lehrer in einer JavaScript-Anweisung vorgegeben hat. Sie skizzieren ihre Vermutung als Graph in ihr Hausaufgabenheft. (*Faraday*)

3. Mündliche Prüfungen (mündliche Einzelnote im Unterricht, Abitur)

- Interpretation von Bewegungsgraphen (*Animator*)
- Interpretation von Ladungs- und Feldverteilung in Dielektrika (*Poisson*, s. Abb. 1)

- Interpretation von quantenmechanischen Wellenpaketen, Tunneleffekt (*Reflection*)

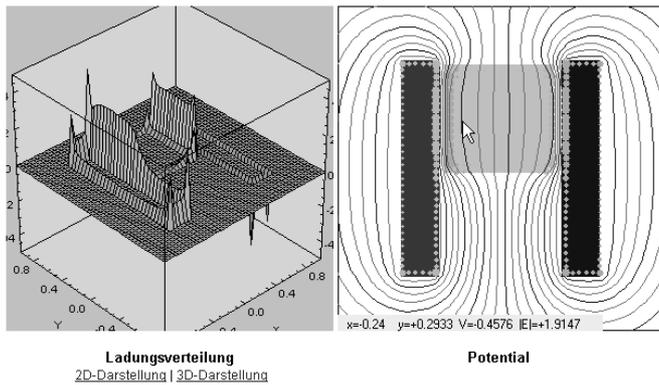


Abb. 4: Ein Beispiel für das Zusammenwirken mehrerer Physlets. Im rechten Bild wird ein quadratisches Dielektrikum zwischen zwei geladene Kondensatorplatten geschoben. Dabei verzerren sich die Äquipotentiallinien. Durch Influenz und Polarisierung entsteht die (hier zweidimensionale) Ladungsverteilung, die schematisch durch Punkte verschiedener Größe auf einem Raster dargestellt wird. Mit dem Mauszeiger lassen sich die Werte von Potential und Feldstärke ablesen. Die Daten der Ladungsverteilung stehen auch dem Physlet rechts daneben auf derselben Webseite zur Verfügung, das die Ladungsdichte in einem Flächendiagramm darstellt. Die Ansicht auf dieses dreidimensionale Diagramm lässt sich mit der Maus um zwei Achsen rotieren, wobei auch die charakteristischen Ladunganhäufungen an den Kanten der Objekte verdeutlicht werden. Das Physlet zur dreidimensionalen Darstellung (SPlotter) lässt sich aber auch mit anderen Physlets kombinieren, die entsprechende Datensätze liefern.

4. Schüler konfigurieren Physlets (Facharbeiten, Physik AG, individuelle Einzelnote)

Schüler konfigurieren selbst Physlets nach physikalischen Vorgaben. Programmieraufgaben:

- Wienfilter, Massenspektrograph (*EField*)
- elektrischer Quadropol, Elektronenlinse (*EField*)
- gekoppelte Federpendel (*Animator*)
- optische Vergütung durch dünne Schichten (*Reflection*)

Auf der Physlet-Homepage des Davidson College ist eine große Auswahl an fertig konfigurierten Physlets, die von den verschiedensten Lehranstalten international zusammengetragen wurden, anzusehen und herunterzuladen. Obwohl insbesondere in den Vereinigten Staaten bereits viele Erfahrungen mit Physlets im Unterricht vorliegen [6], ist ihr Einsatz unter deutschen Verhältnissen noch wenig erprobt. Mit Veröffentlichungen und Lehrerfortbildungen versuchen wir eine Diskussion über Möglichkeiten und Grenzen dieser Technik im deutschen Physikunterricht und auch in der Hochschullehre anzuregen. Technischen Rat und Kontakte mit interessierten Lehrern und Schülern will auch das deutsche Physikernetzwerk PEN [7] der Universität Kaiserslautern vermitteln - hier befindet sich eine deutschsprachige Physlet-Seite im Aufbau. Wir hoffen, dass sich dabei eine ganze Reihe praktischer Vorschläge dafür ergeben, wie sich diese neue multimediate Lehrmethode effizient im Schulalltag bewähren kann.

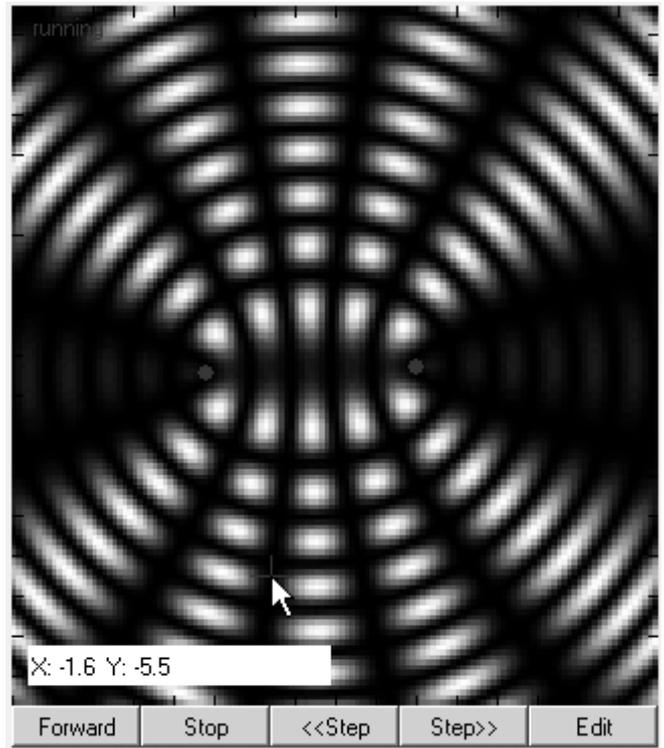


Abb. 5: Dieses bewegte Wellenbild des Physlets Ripple lässt sich mit dem Mauszeiger quantitativ auswerten. Im Edit-Modus können auch Schüler noch an der fertigen Physletseite noch individuell die Anzahl und die Positionen der Quellen verändern.

Anmerkungen

- [1] W. Christian, Davidson College, North Carolina: "Physlet Homepage", <http://webphysics.davidson.edu/Applets/Applets.html>
- [2] Deutschsprachige Physletseite: <http://pen.physik.uni-kl.de/physlets/>
- [3] P. Kramer, Würzburg: <http://didaktik.physik.uni-wuerzburg.de/~pkrahmer/home/homepage.html>
- [4] Ein Buch zu Physlets (engl.): Wolfgang Christian und Mario Belloni: *Physlets - Teaching with Interactive Curricular Material*, Prentice Hall, 2000
- [5] Früheinstieg ins Physikstudium (FiPS), Fachbereich Physik, Universität Kaiserslautern, Fernstudium der ersten beiden Fachsemester Physik, auch während Bundeswehr, Zivildienst, Auslandsaufenthalt o.ä., <http://fips-server.physik.uni-kl.de/fips>
- [6] Dabei ist besonders das Just-in-Time-Teaching (JiTT) hervorzuheben. Hier sorgt die Vor- und Nachbereitung des Unterrichts durch die Schüler anhand von Physlets in Webformularen auch für eine automatische Rückmeldung an den Lehrer. Diese Informationen können dann wiederum in seiner Unterrichtsplanung berücksichtigen werden. (Literatur speziell für Physik: Novak, Patterson, Gavrin, Christian: *Just-In-Time-Teaching. Blending Active Learning with Web Technology*, Prentice Hall, 1999)
- [7] Physikernetzwerk/Physics Education Network (PEN, <http://pen.physik.uni-kl.de/>) hält auch einen Online-Einführungskurs zum Einrichten eigener Physlets bereit. Rückfragen gerne auch an Frank Schweickert (E-Mail: schweick@physik.uni-kl.de).

Das Talentecamp

Eine Sommerakademie für begabte und besonders interessierte SchülerInnen an AHS und BMHS in Kärnten

Peter Holub

Im zweiten Jahr dieser, von Schülerinnen und Schülern aus ganz Kärnten genutzten Veranstaltung konnten erstmals auch Kurse für Physik und Biologie angeboten werden. Die Rückmeldungen der TeilnehmerInnen fielen äußerst positiv aus, so dass im Sommer 2002 auf Wunsch der SchülerInnen zusätzlich zum bisherigen Angebot auch ein Kurs in Chemie ins Programm aufgenommen werden soll.

Die Veranstaltungen werden von der Universität Klagenfurt, dem Landesschulrat für Kärnten und dem Pädagogischen Institut des Bundes in Klagenfurt gemeinsam durchgeführt und dauern jeweils von Montag bis Freitag.

Absichten, Ziele, Strukturen

Mit der Verbesserung der Kooperation zwischen Schule und Universität wollen wir begabten und besonders interessierten SchülerInnen im Alter von 16 bis 19 Jahren die Möglichkeit geben,

- einander kennen zu lernen und 5 Tage intensiv zusammen zu arbeiten,
- ihre eigenen Interessen, Neigungen und Fähigkeiten besser zu erkennen,
- das vorhandene Wissen zu vertiefen und durch Auseinandersetzung mit neuen Fachgebieten zu erweitern,
- unter der Anleitung qualifizierter Fachleute Grundlagen und Methoden des wissenschaftlichen Arbeitens zu erleben bzw. neue Wissensbereiche zu entdecken,
- in interessensmäßig homogenen Gruppen effiziente Teamarbeit zu erleben,
- ihre Fähigkeit zur Präsentation von Arbeiten zu erweitern,
- in einer Gruppe von Jugendlichen und Erwachsenen soziale Erfahrungen in einem offenen, toleranten Klima zu machen.

Diese Ziele wollen wir erreichen, indem wir

- Kurse mit inhaltlichen und methodischen Schwerpunkten anbieten, aus denen die TeilnehmerInnen für die 5 Tage einen Kurs wählen, der den eigenen Fähigkeiten und Interessen entspricht,
- zwei Zusatzkurse zu den Themen Internetrecherchen und Präsentation anbieten,
- die Kursthemen so gewählt haben, dass vernetztes und kreatives Denken gefördert wird und ihre Inhalte über den normalen Lehrplan hinaus gehen,
- im Unterricht besonders stark auf Selbstständigkeit, fachliches Niveau, kooperative Arbeitsformen und Einübung wissenschaftlicher Standards Wert legen.

Mag. Peter Holub, PI Kärnten und Bachmann-Gymnasium Klagenfurt,
email: sholub@aon.at

Biologiekurs: Molekularbiologie im Internet

Thema: Biologie von morgen, Fiktion und Realität

Kursleiter: Mag. Peter Holub

Inhalt: Durch Recherchen im Internet soll klar werden, welche Rolle die Molekularbiologie in der Zukunft spielen kann. Nach einer Einführung in die molekularbiologischen Grundlagen werden Strategien zur Informationsbeschaffung im Internet vorgestellt. Im Verlauf des Kurses sollen kleine Teams im World-wide-web zu einer selbst gewählten Problemstellung Hinweise und Publikationen finden, die eine realistische Prognose für die molekularbiologische Zukunft erlauben.

Mögliche Themen: Human genome project, Transgene Organismen, Gentherapie und Genchirurgie, Fertilitätsbiologie, Klonierung von Lebewesen, Krebsbekämpfung usw. Einfache Experimente und der Besuch eines biologischen Labors sind als Ergänzung zur Computerarbeit vorgesehen. Die Teams werden die Ergebnisse am Ende des Seminars innerhalb der Gruppe präsentieren.



Physikkurs: Analogien in der Physik

Kursleiter: Dr. Peter Willitsch

Inhalt: Es ist für AnfängerInnen und Fortgeschrittene ein intellektuelles Vergnügen, Gemeinsamkeiten bei zunächst beziehungslos erscheinenden Phänomenen aufzuspüren und damit zu arbeiten. Die TeilnehmerInnen werden, ausgehend von Phänomenen, mit denen sie schon vertraut sind, Analogien zu anderen Phänomenen entdecken, das Verständnis für deren Eigenschaften weiterentwickeln und - wo es die Voraussetzungen zulassen - die mathematischen Beschreibungen in den Griff bekommen. Experimente, in Kleingruppen oder auf Einzelplätzen, werden in manchen Fällen die Entdeckungen erleichtern, in anderen Fällen zur Überprüfung von gewagten Aussagen dienen. Dabei können die TeilnehmerInnen unterschiedliche Raum- und Weltmodelle diskutieren, Transportprozesse untersuchen, verstehen, was etwa das Füllen eines Wasserbehälters mit dem Erreichen von Grenzgeschwindigkeiten oder dem Erhitzen eines Metallstückes durch Wärmeleitung zu tun hat, von mechanischen Schwingungen und der

Resonanz über das Licht zur Kühlung durch Laserstrahlen vorstoßen, das aus der Unterstufe bekannte Induktionsgesetz verallgemeinern, einige Eigenschaften - z.B. Filterwirkungen - periodischer mechanischer, akustischer, elektrischer und atomarer Strukturen in Verbindung bringen, lichtoptische Anordnungen und elektronenoptische Feldanordnungen vergleichen und sehen, dass durch die geeignete Wahl von "Phasenräumen" manche chaotischen Phänomene ähnliche Strukturen zeigen.

Anmeldungen

Es meldeten sich neun Schülerinnen und Schüler für Biologie und sieben Schüler für den Physikkurs an, wobei die tatsächliche Teilnehmerzahl dann etwas niedriger lag.

Rückmeldungen von Teilnehmern

- Ein Highlight war der Besuch in einem mikrobiologischen Institut, wo ich die Praxis der Biologie live miterleben konnte. Dieser Besuch gefiel mir deshalb, weil ich dort die Theorie der Schule in der Realität umgesetzt wird.
- Freies und tolerantes Arbeiten in einer interessensgleichen Gruppe, das Behalten der Unterrichtsstoffes durch die ausgeteilten Informationsblätter...
- Kein Notendruck und kein Schulstress, deshalb Arbeit mit mehr Freude, sonst Arbeiten wie in der Schule relativ ähnlich, na ja okay in der Schule haben wir nicht so intensiv im Internet gearbeitet, aber daheim schon. Ich zumindest, das heißt, mir ist es nicht neu. Bei Teamarbeiten in der Schule haben sich nur selten beide interessiert.
- Ein markanter Unterschied war, dass der Großteil der benötigten Information durch das Internet herangezogen wurde, was ja mehr in den Schulen propagiert wird, aber lange nicht so effizient durchgeführt wird. Das Erfassen der Inhalte war nicht leichter als in der Schule, wo man die benötigte Information "vorgewärmt" vor die Nase gesetzt bekommt. Man musste selber das benötigte Material im Internet finden und zwischen brauchbaren und weniger brauchbaren Inhalten unterscheiden. Schwer gefallen ist mir, die passenden Informationen zu finden, weil ich darin noch nicht sehr viel Erfahrung habe. Leichter war es für mich, die Inhalte der Seiten zu verstehen (und ins Deutsche zu übersetzen)
- Ein großer Unterschied besteht sicherlich darin, dass wirklich nur Leute anwesend sind, die das Thema interessiert - dadurch ist ein kooperatives und konstruktives Arbeiten möglich.
- Die Lehrer konnten besser auf die einzelnen Schüler eingehen und auch persönliche Fragen locker beantworten.
- Kein Notendruck, kein zusätzlicher Schulstress, kein Zeitdruck, keine Konzentrationsschwäche durch zu viel Arbeit. Es war die ganze Gruppe interessiert - in der Schule ist das nicht so, ... gelten dort Interessierte öfters als Streber.
- Die Vortragenden waren keine "Lehrer", sondern nur "Helfer", die uns, wenn notwendig, unterstützt haben und uns Impulse gaben, aber sonst nicht allzu sehr in die Arbeit eingriffen, was automatisch die Selbstständigkeit gefördert hat
- Ich finde das Talentecamp sehr gut, weil man neue Leute kennen lernt, Gleichgesinnte trifft, kein Notendruck besteht und vor allem die Interessen vertieft werden. Außerdem: Solches selbstständiges Lernen, Ausarbeiten und Präsentieren finde ich ja lustig, aber in der Schule hasse ich das, weil

da so ein Stress ist Hausaufgaben... Beim Talentecamp fällt dieser zusätzliche Schulstress und Zeitdruck und auch der Notendruck weg. Das finde ich gut, sogar sehr gut, weil hierbei das Ausarbeiten Spaß macht. Ich möchte nächstes Jahr wieder teilnehmen.

- Nächstes Jahr CHEMIE im Programm



Seminarbeurteilung aus der Sicht eines Kursleiters

- Die Aufteilung in Internetarbeit (ca. 50% der Zeit), praktische Versuche, Exkursion und Präsentationsvorbereitung schien mir gelungen. Wir hätten bei optimalen Rahmenbedingungen sogar noch einen zeitlichen Spielraum von ca. vier Stunden gehabt. Andererseits ist die Internetrecherche auch ein Prozess, der viel Konzentration erfordert, so dass bei einem ähnlichen Kurs zuerst die Rückmeldungen der Teilnehmer abzuwarten sind, bevor man eventuell mehr Inhalte vorsieht. Denn einige Ruhephasen ermöglichten auch einen besseren sozialen Kontakt unter den Jugendlichen.
- Das Arbeitsklima in der Gruppe war ausgezeichnet, auch scheint die erwartete Zielgruppe erreicht worden zu sein.
- Die gute Anpassungsfähigkeit der TeilnehmerInnen, ihre Arbeitsbereitschaft, der gute Umgang mit Präsentationsprogrammen erleichterte die Arbeit wesentlich.

Schlusspräsentation

Die Schlusspräsentation fand an der Universität Klagenfurt statt. Die Gruppen präsentierten ihre Arbeitsergebnisse parallel an verschiedenen Orten innerhalb des Raumes, so dass alle Gäste an jedem Arbeitsplatz informiert werden konnten. Diese Form der Präsentation wurde von den TeilnehmerInnen und Gästen gleichermaßen als sehr gelungen bezeichnet. Im Jahr davor erfolgten die Präsentationen hintereinander. Die Gäste erlebten also eine Art Frontalunterricht, was als nicht so ideal empfunden wurde.

Sponsoren: Infineon Technologies, Landesjugendsekretariat für Kärnten, Kleine Zeitung, Verkehrsverbund Kärnten, OEBB, Stadtwerke Klagenfurt, Bundesministerium für Wissenschaft und Kultur, Bundesministerium für soziale Sicherheit und Generationen

Webadresse: <http://www.pi-ahs.at/talent.html>

Veranstaltungsteam: Dr. Kornelia Tischler Universität Klagenfurt, Mag Rudolf Elpelt Landesschulrat für Kärnten, Mag. Peter Holub Pädagogisches Institut des Bundes Kärnten

Elektromagnetische Strahlung als Informationsquelle der Astronomen

Stefan Schmeja

Die elektromagnetische Strahlung stellt praktisch die einzige Informationsquelle der Astronomen/Astrophysiker dar. Im Gegensatz zum Experimentalphysiker, der in seinem Labor die gewünschten Objekte unter verschiedenen Bedingungen analysieren kann, kann der Astrophysiker seine Objekte weder direkt untersuchen, noch in irgendeiner Weise beeinflussen. Eine Ausnahme stellt die Planetologie dar, die jedoch auf Grund der Möglichkeit, die Planeten und Monde direkt zu besuchen und der dadurch engen Verbindung mit Geologie, Chemie etc. im Prinzip eine eigene Fachrichtung geworden ist.

Jahrtausende lang wurde lediglich das sichtbare Licht für astronomische Beobachtungen, anfangs mit bloßem Auge, später mit Teleskopen, verwendet. Erst mit den Theorien von Maxwell und Hertz ab Ende des 19. Jahrhunderts wurde klar, dass die damals entdeckten Strahlungsarten (Röntgenstrahlung, Radiowellen...) im Prinzip das selbe sind wie das sichtbare Licht und dieses lediglich einen kleinen Ausschnitt des elektromagnetischen Spektrums darstellt. Der größte Teil der aus dem Weltraum kommenden Strahlung wird freilich durch die Erdatmosphäre absorbiert und kann vom Erdboden aus gar nicht beobachtet werden. Die zwei Ausnahmen sind das optische Fenster im Bereich des sichtbaren Lichts und des nahen Infrarot (ca. 300 nm bis 20 μm) und das Radiofenster zwischen ca. 1 mm und 18 m (Abb. 1). Alle anderen Bereiche müssen mit Teleskopen außerhalb der Atmosphäre untersucht werden. Mit den zahlreichen Weltraumteleskopen steht den Astronomen mittlerweile das ganze Spektrum an elektromagnetischer Strahlung zur Verfügung.

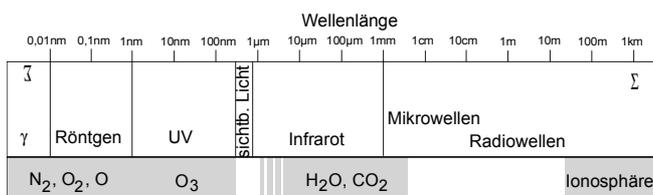


Abb. 1: Das elektromagnetische Spektrum und dessen Absorption durch die Erdatmosphäre (grau). Verantwortlich für die Absorption sind Atome und Moleküle bzw. die Ionosphäre.

Forschungsmethoden

Um möglichst viel Information aus der Strahlung von astronomischen Objekten zu gewinnen, macht man sich die verschiedenen Eigenschaften der Strahlung zu Nutze. (Auf die Quantennatur des Lichts soll hier nicht näher eingegangen werden,

es werden auch die Begriffe "Licht", "Strahlung" und "Welle" mehr oder weniger synonym verwendet werden).

Eine der grundlegendsten Methoden der Astrophysik stellt die *Photometrie* (Helligkeitsmessung) dar. Als Helligkeit eines Objekts bezeichnet man seine Intensität bei einer bestimmten Wellenlänge. Die Differenz der Helligkeiten bei zwei unterschiedlichen Wellenlängen wird der Farbindex bzw. die Farbe eines Objekts genannt. Diese Farben sind oft charakteristisch für eine bestimmte Klasse von Objekten. Häufig werden die Farben und/oder Helligkeiten in einem Farben-Helligkeits-Diagramm oder Zwei-Farben-Diagramm aufgetragen, die zur Klassifikation dienen. Ein Beispiel ist das Hertzsprung-Russell-Diagramm, eines der grundlegendsten Werkzeuge in der Astronomie, um Evolutionsstadien von Sternen zu klassifizieren.

Das Prinzip der Interferenz von Wellen kann angewendet werden, indem zwei oder mehrere Teleskope zusammengeschaltet werden (*Interferometrie*). Wenn die Wellen die Teleskope in der selben Phase erreichen, verstärken sie einander, wenn sie in entgegen gesetzter Phase eintreffen, löschen sie sich aus. Das Prinzip findet v.a. in der Radioastronomie zur Verbesserung der Auflösung Anwendung. Das größte Instrument dieser Art ist das VLA (Very Large Array) in New Mexico (USA). Es besteht aus 27 Radioantennen mit jeweils 25 m Durchmesser, die in Y-Form angeordnet sind. Zusammengeschaltet erzielen sie die Auflösung eines Teleskops mit 36 km Durchmesser. Seit kurzem wird das Prinzip auch im optischen Bereich angewendet, z.B. bei den 4 Teleskopen des VLT (Very Large Telescope) der ESO in Chile. Wegen der kleineren Wellenlänge muss die Zusammenführung der Wellenzüge von den einzelnen Teleskopen mit wesentlich größerer Genauigkeit als im Radiobereich erfolgen. Wichtig für die Auflösung ist lediglich die Basislinie, also der Abstand zwischen den Teleskopen, die Fläche dazwischen braucht nicht ausgefüllt zu sein. Damit ergibt sich die Möglichkeit für große Abstände (Erddurchmesser, Satelliten in großen Entfernungen). In diesem Fall (genannt "very long baseline interferometry") werden die Instrumente nicht direkt zusammen geschaltet, sondern die Einzelmessungen werden mit Zeitmarken versehen und später korreliert.

Die wellenlängen-abhängigen Phänomene von Beugung und Brechung macht sich die *Spektroskopie* zu Nutze. Das Licht wird durch zweimalige Brechung in einem Prisma (in der Astronomie kaum verwendet) oder Beugung an einem Gitter spektral zerlegt. Die Spektren von astronomischen Objekten zeigen auf einem kontinuierlichen Hintergrund (Kontinuum) eine Anzahl von Linien (Abb. 2). Ein glühender fester oder flüssiger Körper oder Gase unter sehr hohem Druck erzeugen ein Kontinuum. Leuchtende Gase unter geringem Druck verursachen Emissionslinien, wobei jedes chemische Element ganz typische Linien hervorruft. Wenn das Kontinuums-Licht eines Objekts durch ein kühleres Gas läuft, kommt es zur Bil-

Mag. Stefan Schmeja, Institut für Astrophysik der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, Technikerstr. 25, 6020 Innsbruck, stefan.j.schmeja@uibk.ac.at

Dieser Artikel ist eine Zusammenfassung des Vortrags, der bei der 55. Fortbildungswoche am 28.02.2001 in Wien gehalten wurde.

Die Unterlagen des Vortrags (mit zahlreichen Illustrationen) sind abrufbar unter: <http://astro.uibk.ac.at/~schmeja>

gebnis mitteln. Mit Hilfe der Dispersion kann $\Delta\lambda$ von mm in Å umgerechnet werden. Aus der Dopplerformel ergibt sich

$$v_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} c,$$

wobei c die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ist ($3 \cdot 10^8$ m/s).

Da wir die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen dem östlichen und dem westlichen Saturnrand (also von $-v_r$ bis $+v_r$) gemessen haben, muss das Ergebnis halbiert werden. Ein weiterer Faktor $\frac{1}{2}$ ist anzubringen, weil Saturn das Licht nicht selbst emittiert, sondern Sonnenlicht reflektiert, das bereits beim Auftreffen auf Saturn Doppler-verschoben wurde.

Für die Rotationsgeschwindigkeit des Saturn erhalten wir also:

$$v_r = \frac{\Delta\lambda}{4\lambda} c$$

Mit dem Radius des Saturn (60 000 km) und der Formel $T = 2\pi r/v_r$ lässt sich schließlich die Rotationsperiode des Planeten berechnen. (Der tatsächliche Wert beträgt ca. 10,5 Stunden am Äquator.)

3. Übung: Abschätzung der Masse des Saturn aus der Rotationsgeschwindigkeit des Ringes. Wegen der oben gezeigten Kepler-Rotation des Ringes lässt sich das dritte Kepler'sche Gesetz anwenden:

$$M = \frac{v_r^2}{G}$$

mit G als Gravitationskonstante ($6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ sec}^{-2}$).

Die Linienverschiebung kann wieder wie oben berechnet werden, der mittlere Radius des Ringes beträgt etwa 110 000 km. Der tatsächliche Wert der Saturnmasse beträgt $5,7 \cdot 10^{26}$ kg.

Astronomie und Navigation

4. Sommerschule der EAAE in Tavira (Portugal), 3. - 8. Juli 2000

Arntraud Bacher

Stellen Sie sich vor, Sie sind irgendwo weit draußen im Meer auf einer kleinen Insel oder auf einem Schiff. Sie kennen die geographischen Koordinaten ihres Ziels, nicht aber die des aktuellen Aufenthaltsortes. Noch dazu hat das GPS seinen Geist aufgegeben. Was tun?

Diese und andere Fragen wurden letztes Jahr auf der Sommerschule der EAAE beantwortet, und zwar mit Ideen, wie diese Themen im Schulunterricht durchgenommen werden können.

EAAE steht für *European Association for Astronomy Education*. Diese Vereinigung hat es sich zum Ziel gesetzt, Astronomie in der Bildung zu fördern. Es sind mehrere Arbeitsgruppen eingerichtet, die sich mit verschiedenen Themen befassen, wie astronomische Konzepte, didaktisches Material, usw. Das Gebiet der Arbeitsgruppe 3 ist die Lehrerfortbildung. Rosa M. Ros aus Spanien leitet diese Gruppe und organisiert mit anderen Mitgliedern der EAAE seit vier Jahren eine einwöchige Sommerschule.

Diese Sommerschule hat einerseits das Ziel, dass Personen, die in irgendeiner Weise - sei es in der Schule oder in anderen Bildungseinrichtungen - Astronomie unterrichten, ihre Erfahrungen austauschen können. Andererseits will die Sommerschule Lehrern naturwissenschaftlicher Fächer helfen, sich astronomische Grundlagen anzueignen und Ideen für eine Einbindung der Astronomie in ihr Unterrichtsfach zu sammeln. In wenigen Ländern gibt es einen eigenen Astronomieunterricht.

Mag. Arntraud Bacher, ESO Educational Office, EPR Department, Karl-Schwarzschild-Str. 2, D-85748 Garching. email: abacher@eso.org

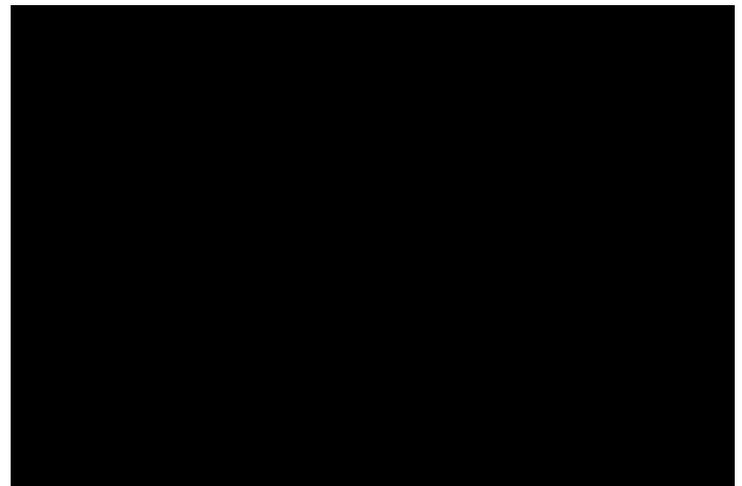


Abb. 1: Quadrant

Astronomische Themen werden daher meist in anderen naturwissenschaftlichen Fächern untergebracht.

Nach Spanien, Italien und Frankreich war heuer Portugal Gastgeber.

Der Ort der Veranstaltung war Tavira, ein Städtchen an der Algarve. Der Unterricht fand in der Mittelschule der Stadt statt. Die Teilnehmer setzten sich zusammen aus Lehrern und Personen, die sich mit Astronomie in der Ausbildung beschäftigen, z.B. Professoren von Universitäten. Die Teilnehmer kamen aus den verschiedensten Ländern Europas wie Frankreich, Spanien, Lettland - um nur einige zu nennen - und aus Brasilien angereist. Ich selbst habe Mathematik und Physik

(Lehramt) studiert und beginne eine Doktorarbeit im Bereich Didaktik der Physik und Astrophysik. Bereits bei der 3. Sommerschule hatte ich viel Neues gelernt und sehr viele Ideen für meinen zukünftigen Unterricht erhalten. Ich konnte auch wichtige Kontakte knüpfen, die mir speziell während meiner Dissertation sehr von Nutzen sein werden. Deshalb entschloss ich mich, auch dieses Jahr an der Veranstaltung teilzunehmen. Wie schon im letzten Jahr war ich wieder die einzige österreichische Teilnehmerin.

Der Tagesablauf war folgender: Um 8 Uhr morgens gab es Frühstück, danach der Bustransfer zur Mittelschule. Zwei Unterrichtseinheiten zu je eineinhalb Stunden am Vormittag, dann Mittagessen in der Kantine. Zum Leidwesen mancher Teilnehmer wurde die Siesta nicht praktiziert, und gleich nach dem Essen folgten zwei weitere Unterrichtseinheiten und dann der Transfer zurück zum Hotel. Um 19 Uhr fanden wir uns zum Abendessen ein, danach fanden Himmelsbeobachtungen statt.

Für den unterrichtsfreien Tag war eine Bootsfahrt entlang der Algarve organisiert. Vielen Touristen an Bord, die nicht zur Sommerschule gehörten, werden die Leute in Erinnerung bleiben, welche sich mit "eigenartigen" Geräten beschäftigten. Diese Geräte waren Quadrant und Jakobsstab, mit denen wir die Höhe der Sonne über dem Ozean bestimmten.

In einem Workshop zu Beginn der Woche erklärte uns der spanische Lehrer Simon Garcia die Funktionsweise dieser Geräte und wie man sie selbst nachbauen konnte. Abb. 1 zeigt einen Quadranten. Man visiert einen Stern durch die beiden Metallplättchen an, welche ein kleines Loch in der Mitte haben. Am Faden hängt ein Gewicht, das den Gesetzen der Schwerkraft folgend immer zum Erdmittelpunkt zeigt. An der Skala am Außenrand des Viertelkreises kann man dann die Höhe des Sternes über dem Horizont in Grad ablesen. Will man die Höhe der Sonne über dem Horizont bestimmen, so ist es nicht ratsam, mit den Augen durch die Metallplättchen durchzusehen. Als Hilfsmittel verwendet man z.B. ein Blatt Papier oder die eigene Hand, wie es in Abb. 1 zusehen ist.

Das Gerät ist für Schüler leicht nachzubauen. Man braucht ein Stück Holz, aus dem man einen Viertelkreis ausschneidet. Die Skala von 0 bis 90 Grad ist leicht einzuzeichnen. Wichtig ist, dass bei Plättchen, ob sie aus Metall oder Karton sind, spielt keine Rolle, das Loch an derselben Stelle haben. Ein Faden mit einem Gewicht dran ist schnell angebracht und fertig ist der Quadrant.

Der Jakobsstab ist ein weiteres Instrument zur Bestimmung der Höhe eines Sterns über dem Horizont. In Abb. 2 wird die Verwendung vorgeführt. Der Querstab ist verschiebbar. Er wird so lange hin und her geschoben, bis sein unterer Rand auf den Horizont weist und der obere zum Stern. Der Stab selbst ist sozusagen die Winkelhalbierende. Auf ihm ist die Höhe des Sterns ablesbar. Wieder ist die Beobachtung der Sonne mit Vorsicht durchzuführen. Ein Jakobsstab kann auch zur Winkelabstandsmessung zwischen zwei Sternen verwendet werden, wie man ebenfalls in Abb. 3 sehen kann.

Die weiteren Unterrichtseinheiten waren Workshops, die von verschiedenen Lehrern abgehalten wurden. Zusätzlich fanden Diskussionen, Posterpräsentationen und - wie schon oben erwähnt - Beobachtungen des Sternenhimmels statt.

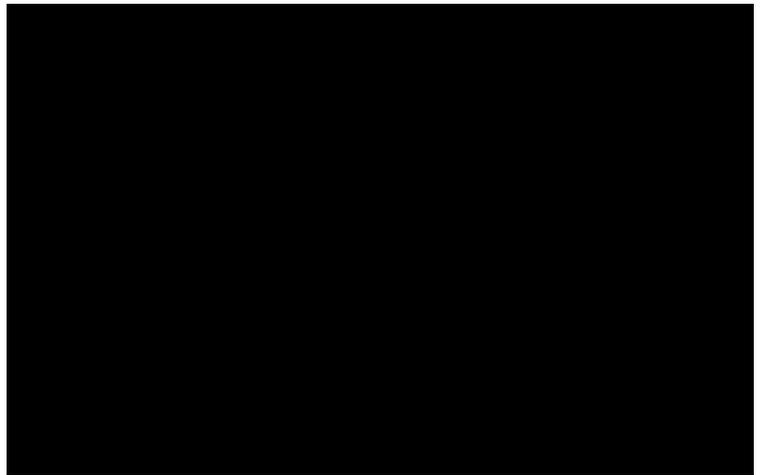


Abb. 2: Bestimmung der Sonnenhöhe mit dem Jakobsstab

Die Eröffnungsvorlesung hatte historischen Charakter. Professor Agostinho aus Lissabon erzählte von den Anfängen der Ortsbestimmung auf See und untermalte seine Worte mit passenden Bildern. Er zeigt auch die Probleme auf, welche die Seefahrer vor einigen Jahrhunderten zu bewältigen hatten und an die heute keiner mehr denken würde. Z. B. waren lange Zeit Sanduhren, die alle halben Stunden umgedreht werden mußten, die einzige Möglichkeit für eine ungefähre Zeitbestimmung an Bord. Doch war es garantiert, dass diese wirklich alle halben Stunden umgedreht wurden? Laut Schiffsaufzeichnungen sollen manche Nächte auf stürmischer See nur vier Stunden gedauert haben.

Die Leiter der Workshops waren in der Regel Lehrer eines naturwissenschaftlichen Faches, die als einen ihrer Unterrichtsschwerpunkte die Astronomie gewählt haben. Viele von ihnen leiten an ihrer Schule auch Zusatzkurse über dieses Themengebiet. Während den anderthalb Stunden, stellten sie Projekte vor, die sie selbst bereits durchgeführt hatten.

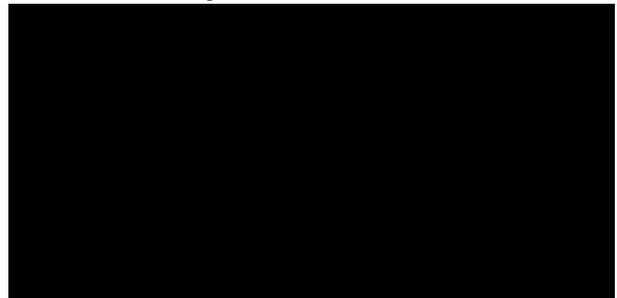


Abb. 3: Alte Zeichnung, welche die Verwendung des Jakobsstabes demonstriert (aus: <http://www.akg.de/astro/text/228684.htm>)

Irma Hannula und Sakari Ekko, beide aus Finnland, stellten die Konstruktion eines Modells des Tierkreiszeichen-Erde-Sonne-Systems vor. Dazu teilten sich die Teilnehmer in 12 Gruppen auf. Jede Gruppe wählte sich ein Tierkreiszeichen und erhielt dazu eine Zeichnung aus dem Mittelalter, welche die zugehörige Sternkonstellation zur damaligen Zeit darstellte. Diese wurde auf ein weißes Papier abgepaust. Auf einer Overheadfolie hatten wir die Sternkonstellationen der Tierkreiszeichen von heute zur Verfügung. Mit Hilfe des Overheadprojektors und der Tafel brachten wir die beiden Bilder übereinander. Wir stellten fest, dass die Sternabstände sich verändert haben.

Als weiteren Teil der Aufgabe stellten sich Vertreter jeder Gruppe mit dem abgepausten Blatt Papier in einem Kreis auf

und zwar so, wie die Tierkreiszeichen einander am Himmel folgen. Ein weiterer Teilnehmer stellte die Sonne dar und stellte sich in den Mittelpunkt des Kreises, ein anderer Teilnehmer durfte die Erde darstellen. Dieser ging innerhalb des gebildeten Kreises auf einer Kreisbahn um die "Sonne" herum. Und wenn er stehen blieb, waren die Teilnehmer dazu aufgefordert, das Sternzeichen zu bestimmen. Dieser Unterrichtsvorschlag eignet sich besonders für jüngere Schüler, um ihnen anschaulich näher zu bringen, was hinter der Aussage "Ich wurde im Sternzeichen X geboren." steckt.

In Abb. 4 sieht man Roland Boninsegna aus Belgien, wie er eine Methode zur Bestimmung von Norden und Süden demonstrierte. Ein etwa 2,5 m langer Stab wird so fixiert, dass er nicht umfallen kann. Man nimmt ein Stück Schnur und steckt ein Stück Kreide dran. Über die Mittagzeit beobachtet man den Schatten des Stabes. Eine halbe bis eine dreiviertel Stunde vor Sonnenhöchststand markiert man das Ende des Schattens und zeichnet einen Halbkreis mit der Schattenlänge als Radius. Man wartet bis der Sonnenhöchststand vorüber ist und der Schatten wieder die Länge des Kreisradius hat. Diese Stelle markiert man wieder. Die Streckensymmetrale der Verbindungslinie beider markierten Punkte weist die Nord-Süd-Richtung auf. Wählt man den Zeitpunkt zu kurz vor dem Sonnenhöchststand, so ist die Strecke relativ kurz und die Ungenauigkeit wird dadurch größer.



Abb. 4: Bestimmung der Nord-Südrichtung

Ich möchte hier kurz die Inhalte von einigen weiteren Workshops vorstellen:

- Wie man mit einem 2,5m hohen Stab und wenigen anderen einfachen Hilfsmitteln durch die Beobachtung nur eines Sternes die geographischen Koordinaten des Beobachtungspunktes ermitteln kann.
- Wie funktioniert ein GPS?

- Herstellung von 3D-Modellen verschiedenster Sternbilder. Dadurch fällt es den Schülern leichter festzustellen, dass helle Sterne nicht unbedingt näher sein müssen.
- Herstellung eines Sonnenbewegungsemonstrators und welche Fehlvorstellungen von Schülern bei Verwendung dieses Geräts ausgelöscht werden können.
- Vorstellung von Modellen, die das Verstehen der Gezeitenbewegung erleichtern.

Zentrales Thema jeder Unterrichtseinheit war natürlich: Wie kann man das in den Unterricht einbringen? Welche Erfahrungen haben die Lehrer selbst damit gemacht? Was hat den Schülern große Schwierigkeiten bereitet?

Die Vorlesung am Ende der Schule hielt Herr Vena von der ESA (European Space Agency). Er stellte die verschiedensten Weltraummissionen vor. Leider ging er nicht auf die Bildungsprogramme der ESA ein, was die Zuhörer besonders interessiert hätte, aber er bot uns an als Vermittler zu wirken, falls wir Informationen für die Schule benötigen würden.

Viele Teilnehmer stellten Poster über eigene astronomische Aktivitäten mit Schülern aus. Ich brachte ein Poster über meine Tätigkeit beim Projekt *EducationalPackage* der Mondmission *LunarSat* mit.

Die Beobachtungen fanden an zwei Abenden im Observatorium von Tavira statt. Alexandre de Costa von der Arbeitsgruppe 3 stellte noch zwei weitere Teleskope zur Verfügung und erklärte Interessierten die Handhabung des Geräts. Im Observatorium gibt es auch ein Planetarium, wo Führungen stattfanden. An den anderen Abenden beobachteten wir in der Nähe des Hotels mit freiem Auge.

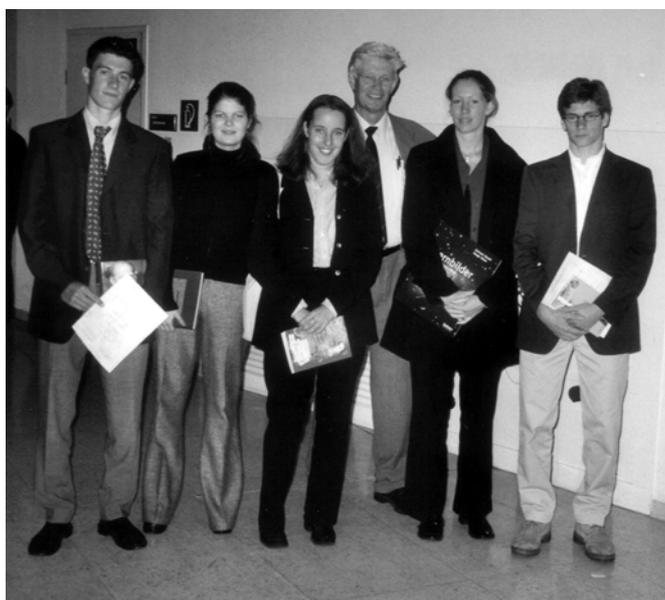
Die Inhalte der Vorlesungen und der Workshops sowie die Zusammenfassungen der Poster wurden in einem Tagungsband veröffentlicht, den jeder Teilnehmer zu Beginn der Woche erhielt.

Für nähere Informationen über die EAAE und ihre Aktivitäten besuchen Sie die EAAE-Homepage (<http://www.astro-eaae.org/>) oder kontaktieren Sie den nationalen Vertreter ihres Staates, welcher ebenfalls auf der EAAE-Homepage zu finden ist. Im Jahre 2003 wird die Sommerschule in Österreich stattfinden.

Am Ende meines Berichts möchte ich allen Instruktorinnen für die interessanten Workshops und Vorlesungen danken. Mein spezieller Dank gilt Rosa M. Ros und Felisbela Martins, den Hauptorganisatorinnen und Hauptverantwortlichen dieser Sommerschule.

Fachbereichsarbeiten aus Physik 2001

18 Arbeiten mit erfreulich hohem Niveau wurden zur Prämierung eingereicht. Eine Jury schlug dem Vorstand der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft vor, wie immer 3 Hauptpreise zu vergeben für besonders originelle Arbeiten und zusätzlich 4 Anerkennungspreise. Daher wurden 7 Maturantinnen und Maturanten zur Preisverleihung im Rahmen der Jahrestagung der ÖPG an der TU Wien zu kommen und auch am Vortragsprogramm teilzunehmen. Zusätzlich wurden sie zu einer Besichtigung des Vienna Environmental Research Accelerator (VERA, Arbeitsgruppe Kutschera) und des Quantenoptiklabors (Institut für Experimentalphysik, Arbeitsgruppe Zeilinger) an die Universität Wien eingeladen.



Hannes Preiss, Gerda Buchberger, Pia Hecht, Heidi Zach, Sebastian Rieder nach der Auszeichnung der Fachbereichsarbeiten

Hauptpreise

Hannes Preiss (BG/BRG Ingeborg Bachmann 9020 Klagenfurt, Mag. Helmut Joven): *Die Physik des Segelns*

Sebastian Rieder (BG VIII 1082 Wien, Mag. Michael Dobes): *Bestimmung des Planckschen Wirkungsquantums mit Leuchtdioden*

Heidi Zach (BG/BRG 2500 Baden, Mag. Thomas Mayer): *Einsatzbereiche der Biomechanik am Beispiel Basketball*

Anerkennungspreise:

Gerda Buchberger (BG/BRG Steyr 4400 Steyr, Prof. Manfred Hofer): *Das Neutrino - Die Stellung des Neutrinos im Standardmodell und seine Bedeutung in der Astronomie*

Pia Hecht (ORG Marianum der Schulbrüder 1180 Wien, Mag. Sabine Vierhapper): *Schwarze Löcher - Schwerkraftfallen im All*

Markus Schwarzl (BG/BRG Carnerigasse 8010 Graz, Mag. Stremitzer Bernd): *Eine Sonnenuhr für Tag und Nacht?*

Sieghard Seyrling (BG Bregenz 6900 Bregenz, Mag. Gerhard Rüdisser): *Radonbelastung in Gebäuden*

Weitere Einreichungen

Stefan Galler (BG/BRG Seebachergasse 8010 Graz, Dr. Erich Reichel): *Unsere Milchstraße - Eine Galaxie unter vielen*

Barbara Herzog (BORG 5202 Neumarkt a. Wallersee, Mag. Manfred Wasmayr): *Windenergie: Historischer Überblick sowie aktueller Stand der Windenergienutzung*

Georg Hofferek (BRG 8700 Leoben, Dr. DI Mag. Haas Gerhard): *The experience IYPT*

Peter Kerschberger (HIB Liebenau 8041 Graz, Mag. Christine Fest): *Elektrische Verfahren in der Umwelttechnik*

Alexander Körpert (BG/BRG 2500 Baden, Mag. Thomas Mayer): *Grundlegende Differential- und Integralrechnung in der Mechanik*

Astrid Kubista (BG/BRG Seebachergasse 8010 Graz, Dr. Erich Reichel): *Vergleich von Otto- und Dieselmotor vor dem Hintergrund der Umweltverträglichkeit*

Georg Molterer (BRG XII 1120 Wien, Mag. Johannes Fuchs): *LASER - vom Stahlblech zur Teilchenphysik*

Robert Porisenko (HIB Liebenau 8041 Graz, Mag. Kurt Pirscher): *Fernrohre und Teleskope - Die Augen ins Weltall*

Daniel Primetzhofer (Europagymnasium Linz-Auhof 4040 Linz, Mag. Heide Glötzl): *Stellare Elementsynthese*

Florian Schätz (BG/BRG 3950 Gmünd, Mag. Günter Czetina): *Das Chaos im Phasen-Raum*

Stefan Tschauko (BG/BRG Mössingerstraße 9020 Klagenfurt, Dr. Peter Willitsch): *Schwarze Löcher*

Ausschreibung - Prämierung von Fachbereichsarbeiten Physik 2002

Die Österreichische Physikalische Gesellschaft lädt Physiklehrer, die eine von ihnen im Schuljahr 2001/2002 betreute Fachbereichsarbeit für auszeichnungswürdig erachten, ein, diese Arbeiten bis zum **1. Mai 2002** einzureichen.

Hiezu ist eine Kopie der Arbeit, welche im Einvernehmen mit dem Verfasser erstellt wurde, zusammen mit einer Begründung (etwa 1 A4-Seite) und unter Angabe der Privatadresse des Verfassers an

Univ.-Prof. Dr. Helmut Kühnelt
Institut für Theoretische Physik, Universität Wien
Boltzmannngasse 5
1090 Wien

zu senden. Die Arbeiten werden von einer vom Vorstand der ÖPG eingesetzten Jury beurteilt. Die Preisverleihung findet anlässlich der Jahrestagung der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft im September 2002 in Leoben statt.

Neben einem Anerkennungsschreiben und einem Sachpreis winkt den Ausgezeichneten und ihren Betreuern ein ganztägiger Besuch eines Forschungsinstituts. Die prämierten Arbeiten sollen ferner im Rahmen der Jahrestagung als Poster präsentiert werden und über die Zentralbibliothek für Physik und den VFPC-Informationsserver der Öffentlichkeit zugänglich werden (WWW-Adresse: pluslucis.univie.ac.at).

Roman Ulrich Sexl-Preis 2001

Der Roman Ulrich Sexl-Preis 2001 wurde an Frau Prof. Mag. Dr. Sonja Draxler für Idee und Durchführung der Schau *Physik 2000* auf den Straßen und Plätzen von Graz zur Jubiläumstagung des Jahres 2000 verliehen. Frau Dr. Draxler unterrichtet an der Bundeshandelsakademie Graz-Grazbachstraße Physik und Mathematik.

Wir gratulieren!

Ausschreibung Roman Ulrich Sexl-Preis 2002

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 auszuzeichnende 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 öS 20.000 dotiert.

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

Vorschläge müssen bis spätestens **1. März 2002** beim Vorsitzenden der ÖPG

Univ. Prof. Dr. Falko P. Netzer
Institut für Experimentalphysik
Karl-Franzens-Universität Graz
Universitätsplatz 5, 8010 Graz
schriftlich eingebracht werden.

Internationale Physikolympiade 2001

Robert Haslhofer (BRG Hamerlingstraße Linz)
Klaus Jäger (BRG Wörgl)
Phillip Jordan (BG/BRG Berndorf)
Dietmar Pelinka (BG/BRG Auf der Schmelz Wien)
Albert Frisch (BRG Wörgl)

waren die Besten des Österreichischen Bundeswettbewerbs und durften daher zur Internationalen Physikolympiade nach Antalya in der Türkei fahren. Trotz der Rekordhitze gelang es Robert Haslhofer, kühlen Kopf zu behalten und eine Silbermedaille zu erringen. Klaus Jäger erreichte mit einer Honorable Mention den Einzug in die vierte Kategorie von Preisen.

Sämtliche Teilnehmer erreichten Wertungen in den oberen 67%.

Das Team wurde wie immer in bewährter Weise von Prof. Mag. Günther Lechner und Ing. Mag. Helmuth Mayr betreut.

Die Vorbereitungen für die IPhO 2002 laufen schon, zahlreiche Schülerinnen und Schüler vertiefen sich in Physik getreu dem echten olympischen Geist.



Freihandexperimente

Werner Rentzsch

Die folgenden Experimente stammen aus einer privaten Experimentesammlung von Univ.Prof. Dr. Heinz Schmidkunz (Universität Dortmund). Die Versuche wurden von mir leicht abgeändert bzw. gekürzt, teilweise im Text verändert und mit Zeichnungen versehen. Im Rahmen der 55. Fortbildungswoche des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts wurden die Experimente von Prof. H. Schmidkunz und W. Rentzsch gezeigt.

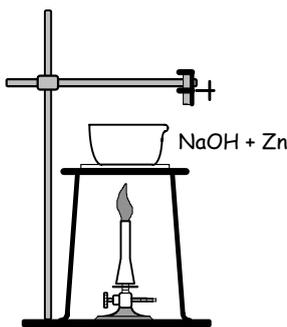
Das goldene Kännchen

Geräte und Chemikalien: Glasabdampfschale, Glasstab, Tiegelflange (bei Verwendung von Kupfermünzen), Gasbrenner, Dreifuß, Keramikdrahtnetz, Stativ und Stativmaterial, Kupfermünze oder Kupferkännchen, Natronlauge conc., Zinkstaub

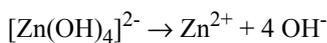
Sicherheitshinweise: Schutzbrille tragen. Alkalische Flüssigkeiten neigen zum Siedeverzug. Um ein plötzliches Herausschleudern der stark ätzenden, heißen Flüssigkeit zu vermeiden, sollte die Natronlauge beim Erhitzen mit einem Glasstab gerührt werden.

Durchführung: In die Glasabdampfschale gibt man konzentrierte Natronlauge und etwas Zinkstaub. Das Kupferkännchen wird so im Stativ fixiert, dass die unter Hälfte in die Natronlauge taucht. Dann erhitzt man unter Umrühren bis zum Sieden, nimmt das Kännchen aus der Lösung und spült es gut mit Wasser ab. Nun erhitzt man das Kännchen vorsichtig in der rauschenden Brennerflamme - immer nur leicht durch die Flamme ziehen.

Beobachtung: Zuerst ist das Kännchen mit einer silberglänzenden Schicht überzogen. nach dem Erwärmen bildet sich ein goldfärbiger Überzug.



Erklärung: Zink löst sich - vor allem in der Wärme - in konzentrierter Natronlauge. Dabei bildet sich vermutlich Natriumtetrahydrozinkat. Das Natriumhydrozinkat-Ion dissoziiert in wässriger Lösung:



Die entstehenden Zink-Ionen scheiden sich als Zinküberzug auf dem Kupfer, an dem sie entladen werden, ab.

Wird das verzinkte Kännchen in einer Flamme erwärmt, so bildet sich eine Kupfer-Zink-Legierung. Diese, als Messing bekannte Legierung, besitzt goldähnliches Aussehen.

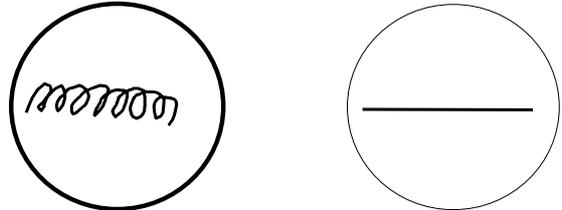
Form-Gedächtnis-Effekt

Geräte und Materialien: Overheadprojektor, Kristallisierschale, Gasbrenner, Tiegelflange, Nitinol-Draht, heißes Wasser

a) Durchführung:

Eine Probe eines linearen Niedertemperaturstruktur-Drahtes wird gebogen. Für eine eindrucksvolle Demonstration kann der Draht um den Finger oder einen Holzstab gewickelt werden, um eine dünne Spirale zu erhalten.

Auf den Overheadprojektor stellt man eine Kristallisierschale mit ca. 3 cm hoch heißen Wassers und legt die Spirale hinein.

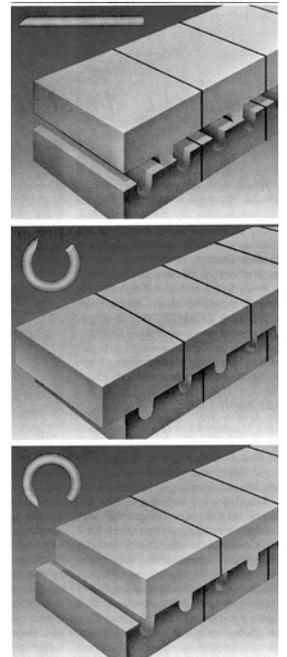


Beobachtung: Der Draht nimmt wieder seine lineare Form an.

Erklärung: Wenn die Probe aufgeheizt wird und von der Niedertemperaturstruktur in die Hochtemperaturstruktur übergeht, verformt sich der Draht wieder in seine lineare Form, an die er sich "wiedererinnert".

"Diese Memory-Metalle sind Legierungen, also ein Gemisch aus verschiedenen Metallen. Dazu geeignet sind z.B. Nickel-Titan oder Kupfer-Aluminium-Zink. Diese Legierungen besitzen in ihrer Mikrostruktur mehrere stabile Zustände. Je nach der Temperatur verschieben sich die mikroskopisch kleinen Bereiche. In der Grafik ist das schematisch dargestellt. Wenn der Stab gerade ist, befinden sich die Plättchen in einer mittleren Lage. Bei Erwärmung rasten sie in eine andere stabile Position ein. Durch diese Verschiebung krümmt sich der Stab. Wird die Legierung abgekühlt, so verschieben sich die Plättchen wiederum - der Stab biegt sich in die entgegengesetzte Richtung.

Die Herstellung dieser Legierungen ist relativ aufwendig. Durch äußerst exakte Mischung der Metalle werden die Legierungen auf die jeweilige Verformungstemperatur "eingestellt". Bei Überhitzen oder Unterkühlen außerhalb dieser Temperaturbereiche wird der Werkstoff sehr hohen Spannungen ausgesetzt und verliert sein "Gedächtnis". Begonnen wurde mit der Entwicklung dieser Legierungen vor etwa 20 Jahren. Nickel-Titan zeigt in seinen Eigenschaften einige Vorteile, ist aber relativ teuer. Billiger sind Legierungen auf Kupferbasis, die aber weitaus empfindlicher gegenüber Überhitzung sind." (Lit.)

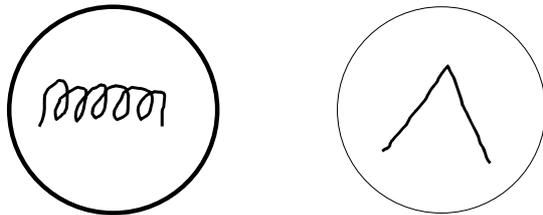


b) Durchführung:

Die beiden Enden des Drahtes werden festgehalten und die Mitte wird in das Zentrum der Brennerflamme gehalten. Der Draht wird in eine V-förmige Gestalt gebogen, sobald er sich

heiß leicht verbiegen läßt.

Danach soll er sofort aus der Brennerflamme entfernt werden. Der Draht kühlt sich innerhalb von wenigen Sekunden ab, wenn er durch die Luft geschwenkt wird. Wenn er die Raumtemperatur erreicht hat verformt man den Draht zu einer Spirale und wirft ihn anschließend in heißes Wasser.



Beobachtung: Der Draht erhält seine V-förmige Gestalt wieder zurück, nicht die lineare.

Hinweis: Vor Versuchsbeginn sollte der Overheadprojektor "scharf" gestellt werden - dazu legt man einfach die Spirale in die Kristallisierschale ohne Wasser.

Literatur: Joachim Bublath, *Das Beste aus knoff-hoff*, Heyne Verlag, München 1998

Spektakuläre "Vernichtung" von Aluminium

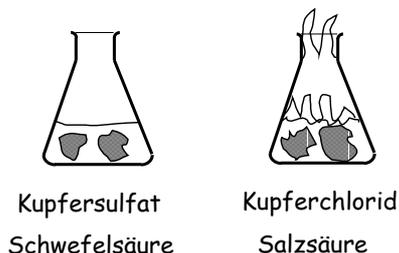
Geräte und Chemikalien: 2 Erlenmeyerkolben weithals (300 mL), Holzspan, Aluminiumfolie, Kupfer(II)-sulfatlösung ca. 1 mol/L, Kupfer(II)-chloridlösung ca. 1 mol/L, Schwefelsäure ca. 30%, Salzsäure conc.

Durchführung: In den ersten Erlenmeyerkolben füllt man 100 mL Kupfersulfat-Lösung und in den zweiten Kolben 100 mL Kupferchlorid-Lösung.

In den Kolben mit der Kupfersulfat-Lösung gibt man noch 50 ml Schwefelsäure und in die Kupferchloridlösung 50 mL Salzsäure.

Aus Aluminiumfolie werden lockere Kügelchen geformt, die gerade so groß sind, dass sie durch die Öffnungen der Erlenmeyerkolben passen.

Nun wirft man in beide Kolben Aluminiumbällchen und versucht die entstehende Gase mit dem Holzspan zu entzünden.



Beobachtung: Im Erlenmeyerkolben mit der Kupfersulfatlösung ist keine Reaktion zu beobachten.

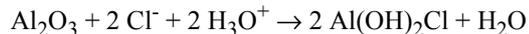
Im Kolben mit der salzsauren Kupferchloridlösung lösen sich die Aluminiumbällchen in kurzer Zeit unter starker Gas- und Wärmeentwicklung und unter Abscheidung von rötlichem Kupfer völlig auf.

Zu Beginn der Reaktion läßt sich das entstehende Wasserstoffgas entzünden. Innerhalb und außerhalb des Kolbens sind eindrucksvolle grün-blaue Flammen zu beobachten.

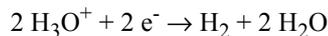
Nach einiger Zeit erlöschen die Flammen, weil offensichtlich die siedende Lösung zu viel Wasserdampf produziert. Die an-

fänglich grünblaue Kupferchlorid-Lösung ist am Ende der Reaktion meist entfärbt.

Erklärung: Im Erlenmeyerkolben mit der Kupferchloridlösung wird die Aluminiumoxidschicht durch die Chlorid-Ionen zerstört.



Am Kupfer können nun Wasserstoff-Ionen zu Wasserstoff reduziert werden.



Literatur: Praxis der Naturwissenschaften-Chemie, 1/49. Jg 2000, Aulis Verlag Deubner&Co KG Köln

Reduktion von Kupfer(II)-oxid mit Aluminium

Geräte und Chemikalien: Porzellantiegel (40 x 45 mm), Schale mit Sand, feuerfeste Unterlage, Dreifuß, Keramikdrahtnetz, Gasbrenner, Waage, Kupfer(II)-oxid, Aluminiumgrieß, Magnesiumpulver, Magnesiumband

Sicherheitshinweise: Das Experiment sollte unter einem Abzug durchgeführt werden.

Bei ausbleibender Zündung mindestens fünf Minuten Wartezeit vor dem Herantreten und einem neuen Zündungsversuch. Nicht in den Tiegel hineinschauen.

Das Reaktionsgemisch nicht umrühren.

Absolut trockene Chemikalien verwenden.

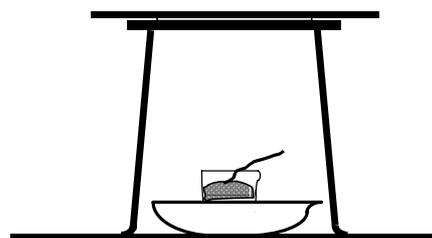
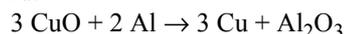
Durchführung: Ein inniges Gemisch von 12 g Kupfer(II)-oxid und 2,7 g Aluminiumgrieß wird hergestellt und in den Porzellantiegel gefüllt. Zur Zündung des Reaktionsgemisches wird ein Häufchen Magnesiumpulver (etwa 1 g) auf das Gemisch gegeben, in welches ein Stück Magnesiumband gesteckt wird, das aus dem Tiegel herausragen soll.

Das so vorbereitete Reaktionsgefäß wird unter dem Abzug in eine Schale mit Sand gesetzt, die auf einer feuerfesten Unterlage steht. Zum zusätzlichen Schutz vor herausschleudernden Gemengeteilchen wird ein Dreifuß mit einem Keramikdrahtnetz über das Reaktionsgefäß gestellt.

Das Magnesiumband wird mit einem Brenner entzündet, der Abzug wird geschlossen und der Experimentator entfernt sich mindestens zwei Meter.

Beobachtung: Es erfolgt eine heftige Reaktion. Danach wird der Tiegel abgekühlt und das Produkt aus der Schale herausgehoben.

Erklärung: Aluminium reduziert in der Hitze Kupfer(II)-oxid zu Kupfer, das mit diesem Metall zu Aluminiumbronze legiert wird.



Kupfer(II)-oxid + Aluminiumgrieß

In Memoriam

Hansgeorg Schindler



Der Linzer Biophysiker Hansgeorg Schindler, Vorstand des Institutes für Biophysik der Linzer Johannes Kepler Universität, ist am Dienstag, den 28. August 2001, während seines Urlaubs in Frankreich beim Bergsteigen tödlich verunglückt.

Die Mitglieder des Institutes für Biophysik trauern um ihren Chef.

Prof. Schindler begann mit dem Aufbau des Biophysik Institutes 1985. In engster Zusammenarbeit

mit seiner *Bio-Crew* legte er den Grundstein für das österreichweit einzige Studium der Biophysik mit dem Ziel, eine Brücke zwischen Physik und Biologie zu bauen. Darunter fällt auch die erst kürzlich begonnene Planung eines neuen universitätsübergreifenden Studiums der Molekularen Biowissenschaften mit der Universität Salzburg. Unter seiner Leitung wurden zahlreiche, junge Biowissenschaftler herangebildet, die heute sowohl in der Forschung als auch in der Industrie in Österreich und im Ausland erfolgreich tätig sind.

Prof. Schindler war einer der führenden Forscher im Bereich der Bio-Nano-Technologie. Ausgehend von der Grundlagenforschung an Biomembranen war er in den letzten Jahren unermüdlich bestrebt, die im Institut entwickelten, neuen Technologien im Rahmen eines Zentrums für Einzelmolekül-Mikroskopie österreichweit und auch international nutzbar zu machen. Darüber hinaus galten seine außerordentlichen Bemühungen in letzter Zeit dem Aufbau eines Bio-Technologie Labors im Rahmen der Upper Austrian Research GmbH: Die am Institut entwickelten und weltweit hoch anerkannten Technologien der Molekularmikroskopie sollen zum Aufbau eines Zentrums für medizinische Bio- und Nanotechnologie in Linz führen.

Mit dem Ableben von Prof. Schindler bleibt eine Lücke, die nicht zu füllen ist. Prof. Schindler war eine einzigartige Persönlichkeit, ein Vollblutwissenschaftler mit unermesslichem Einsatz für seine Ideen und die Belange seines Institutes. Mit seiner stetigen Fairneß und seinem verbindlichen Auftreten wird er stets ein Vorbild sein.

Die Mitarbeiter des Institutes für Biophysik werden alles daran setzen, die von Prof. Schindler begonnenen Aktivitäten weiterzuführen und seine Ideen und Visionen Wirklichkeit werden zu lassen.

In Erinnerung an Prof. Hansgeorg Schindler möchten wir "Austrian Center for Single Molecule Microscopy" umbenennen in "Schindler Memorial Center for Single Molecule Microscopy".

Die Bio-Crew des Institutes für Biophysik

Karl Luchner

Am 6. Jänner 2001 ist Prof. Dr. Karl Luchner im Alter von 71 Jahren nach schwerer Krankheit verstorben. Vielen österreichischen Physiklehrkräften war er aus Seminaren und Vorträgen bei Fortbildungsveranstaltungen bekannt und wurde von ihnen sehr geschätzt.

Karl Luchner studierte an der Technischen Universität München Physik und promovierte in Festkörperphysik. Nach einem Forschungsaufenthalt an der New York University von 1959 bis 1961 setzte er seine Untersuchungen zur nuklearen Festkörperphysik mit namhaften Beiträgen fort. Im Jahr 1974, als in der BRD Physikdidaktik als Teil der universitären Forschung und Lehre etabliert wurde, wurde Karl Luchner zum ersten Professor für Physikdidaktik an der Universität München berufen. Im alten Labor von Sommerfeld wurden Praktikumsräume eingerichtet, eine Didaktikbibliothek aufgebaut, Lehrveranstaltungen neu eingeführt. Zahlreiche fachdidaktische Artikel - u. a. auch in PLUS LUCIS - und Bücher wie "Physik ist überall" setzten Impulse in der Lehre.

Von 1991 bis 1994 war er Vorsitzender des Fachverbands Physikdidaktik der DPG, auch Mitherausgeber von *European Journal of Physics*, von 1994 bis 1996 Mitglied der International Commission on Physics Education der IUPAP und von 1995 bis 1999 Präsident der GIREP (Groupe International de Rechercheurs d'Enseignement de Physique). Nach den GIREP Tagungen in Ljubljana 1996 und Duisburg 1998 initiierte er die kommende Tagung 2002 in Lund.

Mit seiner warmherzigen Art und seinem Einsatz für einen qualitativ vollen schülerorientierten Physikunterricht und seine internationale Vernetzung wird uns in Erinnerung bleiben.

H. Kühnelt



Prof. Dr. Karl Luchner, November 2000. Bild: C. Ucke

Interaktive Bildschirmexperimente. Elektrizitätslehre 1

Rudolf Rass, Jürgen Kirstein

ISBN 3-12-772582-5, CD-ROM mit Begleitbroschüre.
Klett 2001. DM 79,-

Interaktive Bildschirmexperimente (IBE) entstanden aus der Notwendigkeit, in einer Vorlesung für Ingenieure Experimente in realistischer Weise zu integrieren. Dabei steht eine Datenbank digitaler Bilder im Hintergrund zur Verfügung. Sie zeigen Einzelschritte, Aufbau und Ergebnisse von 16 Vorschlägen von klassischen Experimenten. Das Besondere ist die Möglichkeit, mittels Maus Geräte ein- und auszuschalten, Größen wie Eingangsspannung, Frequenz oder Skalierung am Oszilloskop in einem beschränkten, didaktisch sinnvollen Rahmen zu verändern und die Auswirkung sofort am Bildschirm zu sehen, da alle Bilder Digitale Photographien sind. Zu jedem Experiment gibt es einige Aufgabenstellungen, die durchgeführt werden können, eine Lösungsseite erlaubt die Rückversicherung, dass die Aufgabe richtig gelöst wurde. Es gibt allerdings keinen Hinweis, wenn Fehler bei der Experimentauswertung begangen werden. Dafür sind Aufbau und Vorgangsweise sehr genau beschrieben, so dass man nach kurzer Eingewöhnung sehr gut mit dem Programm arbeiten kann.

Nützlich könnte das Programmpaket für Vortragende sein, die keine Sammlung zur Verfügung haben und trotzdem auch die klassischen Experimente zeigen wollen. Nützlich kann es auch zur Wiederholung und Vertiefung, so zu sagen als Ersatz von Teilen des Anfängerpraktikums und in Wahlpflichtgruppen gesehen werden.

Die Installation ist problemlos. Das Programm nutzt eine Auflösung von 800x600 Pixeln. Es empfiehlt sich allerdings die vollständige Installation (ca. 180 MB) auf die Festplatte, so dass der fortlaufende Zugriff auf die CD entfällt und die Benutzerfreundlichkeit wesentlich steigt. Es können jederzeit Bildschirmkopien erfolgen und Anleitungsbblätter ausgedruckt werden. Interessant ist auch die Lupe, mit der sich Teilvergrößerungen vor allem von Messgeräten einblenden lassen.

Die Experimente sind: Äquipotentiallinien im elektrolytischen Trog, Eigenschaften von Kondensatoren, Entladekurve und Halbwertszeit, Brückenschaltung, Ohmsches Gesetz, Temperaturverhalten von Widerständen (Sprungtemperatur eines Supraleiters), Kennlinien von Dioden und Transistoren.

Da es sich um keine Simulation, sondern um geschickt verknüpfte und ausgewählte Einzelbilder der Stadien eines typischen physikalischen Experiments handelt, kann diese CD-ROM für die beschriebenen Zwecke leicht und nutzbringend (allerdings nicht ohne eigene Vorbereitung einsetzbar) empfohlen werden. Technisch stellt sie gegenüber der IBE-Optik CD-ROM derselben Autoren einen weiteren Schritt dar. In keinem Fall werden jedoch reale Experimente überflüssig.

H.K.

Galileos Tochter

Eine Geschichte von der Wissenschaft, der Liebe und den Sternen

Dava Sobel

btb-Taschenbücher 2001. ISBN 3-442-72296-9, 431 S., 10 Euro.

Es wird, wahrscheinlich schon vielen Physik-Kollegen so gegangen sein wie mir, dass sie 37 Jahre beim Kapitel Galilei einige mehr oder minder glaubhaft belegte Highlights aus dem Leben unseres wissenschaftlichen Ahnherrn gebracht haben, ohne sich diesen leibhaftigen und lebhaften Menschen Galileo Galilei vorstellen zu können. Als mir in einer Buchhandlung Dava Sobels neues Werk *Galileos Tochter* in die Hände fiel, zögerte ich daher nicht lange, zumal Dava Sobel vor einigen Jahren mit dem Buch *Der Längengrad* (eine Biographie von John Harrison, dem genialsten Uhrmacher aller Zeiten) ein wissenschaftlicher Bestseller gelungen war, der von mir an dieser Stelle hoffentlich gebührend gewürdigt wurde. (Ein wissenschaftlicher Bestseller im Lande der sich überschlagenden Spaßkultur - das muss man sich erst einmal vorstellen!)

Dava Sobels Buch widmet sich beinahe ausschließlich der zweiten Lebenshälfte Galileis, beginnend mit seiner Übersiedlung von Padua nach Florenz im Jahre 1610, um seine Lebensstellung als Erster Mathematiker und Hofphilosoph des Großherzogs der Toskana anzutreten. Und da sind wir bei einem wunden Punkt in seiner Biographie (und alle die Bert Brechts *Leben des Galilei* gelesen oder gesehen haben, wissen ja - und auch Johannes Kepler musste es in seinem Briefwechsel mit Galilei bedauernd feststellen -, dass er kein durchgängig heldenhafter Charakter war). Galilei hatte in sog. wilder Ehe mit einer Venezianerin gelebt und mit ihr vier Kinder gezeugt. Nun, bei seiner Übersiedlung nach Florenz lässt er die Mutter seiner vier Kinder mit den beiden Buben zurück und hilft ihr sogar noch, einen Ersatzmann für sich zu finden. Die beiden Töchter nimmt er nach Florenz mit und steckt sie mit 12 bzw. 13 Jahren(!) ins Kloster, was einiger hartnäckiger Interventionen bedarf, da sie ja noch längst nicht das Mindestalter für den Eintritt ins Kloster erreicht hatten. Darüber mag man denken, wie man will, aber nun hatte er freie Hand zum Forschen!

Es ist vor diesem Hintergrund umso erstaunlicher, dass die ältere Tochter Virginia, die sich als Nonne Suor Maria Celeste nannte, zu einer derartig liebevollen, aufmerksamen, trotz des strengen Klosteralltags stets um den Vater besorgten Briefpartnerin wurde. Dava Sobel hat die erhaltenen 124 Briefe von Suor Maria Celeste, die Galilei ebenso liebevoll sammelte, gründlich recherchiert. Leider ist kein einziger von Galileis Antwortbriefen erhalten geblieben. Sie wurden offenbar alle beim Ausräumen der Klosterzelle von Suor Maria Celeste nach ihrem viel zu frühem Tod im Alter von erst 34 Jahren durch die Äbtissin verbrannt, da man im Kloster keine Schriftstücke eines Ketzers aufbewahren wollte. Die im Buch abgedruckten Briefe, stets beginnend mit "Hochberühmter und innig geliebter Herr Vater", bezeugen eine solch intensive gegenseitige Anteilnahme bis in kleinste Kleinigkeiten des Alltagslebens hinein, dass ich nicht zögern würde von einer echten Liebesbeziehung zwischen Vater und Tochter zu sprechen.

Wußten Sie übrigens, dass Galilei ein ewig kränklicher Mann war, der an chronischer Schlaflosigkeit litt und zeitlebens viel zu viel dem Rotwein zugesprochen hat? Mich überraschte es. Viele seiner Schriftstücke müssen in einer derartig wackeligen Handschrift verfaßt sein, dass man annehmen muß, er habe sie im Liegen während einer seiner vielen, lang andauernden und schwer zu diagnostizierenden Krankheiten (Malaria?) geschrieben. Und zum Zweiten: Seine Tochter mußte ihn immer wieder ermahnen, nicht so viel Rotwein (den er aus seinem eigenen wohlgehegten Weingarten bezog) zu konsumieren. Dies war eine im Italien des XVII. Jahrhunderts weit verbreitete (Un?)Sitte, da das Trinkwasser so sehr mit Krankheitskeimen behaftet war, dass man das Trinken von Wein für gesünder hielt als jenes von Wasser!

Manche von Ihnen werden sich vielleicht erinnern, dass es in den 50er Jahren einen dicken Bestseller-Roman über Galilei gab mit dem Titel *Und sie bewegt sich doch* und sie werden wissen, auf welche Episode in Galileis Leben sich das bezieht. Die Autorin recherchiert nun gerade diesen Abschnitt des Prozesses vor dem HI. Offizium besonders genau und legt uns allen nahe, diesen Ausspruch in das Reich der Legende zu verweisen, da Galilei in dieser Lebensphase ein derartig gebrochener Mensch war, dass ihm jede Trotzhaltung absolut ferne lag. Insgesamt wird sich jeder Leser des Buches wundern, dass der Begründer unserer Wissenschaft die Kraft aufbrachte, trotz all dieser Wirrnisse in guter geistiger Verfassung ein Lebensalter von 78 Jahren zu erreichen. Seien wir froh und dankbar dafür!

PS.: Noch ein nicht uninteressanter Nachtrag zur Herkunft Galileis. Sind Sie auch schon einmal beim Blättern in einem Lexikon zur Musikgeschichte auf den Namen Vincenzo Galilei gestoßen? Dabei handelt es sich um niemand anderen als den Vater Galileis, der diesen schon sehr früh auf der Laute unterwies und ihn dabei in die Geheimnisse der pythagoräischen Zahlenverhältnisse einführte. Er hinterließ ein wichtiges musiktheoretisches Werk mit dem Titel "Dialog über die alte und die neue Musik". Daher also Galileis Vorliebe für die Dialogform in seinen Schriften und daher auch sein frühes Interesse für Schwingungen. So nahe könnten sich also Physik und Musik sein...

Manfred Wasmayr

Unterricht Chemie: Band 11 - Lebensmittel - Nährstoffe

Heinz Schmidkunz - Karin Schlagheck

Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 2001, ISBN 3-7614-2292-X, DM 42,-

Im elften Band der Reihe "Unterricht Chemie" werden die beiden Themen Lebensmittel und Nährstoffe behandelt. Bisher sind die folgenden Bände erschienen: "Säuren und Basen", "Wasser", "Metalle", "Salze", "Atombau und chemische Bindung", "Luft", "Materie/Stoffe - Reinstoffe - Stoffgemische", "Boden", "Formeln und Reaktionsgleichungen" und "Werkstoffe am Bau" - geplant sind noch die Bände 12 - 19.

Wie in den vorhergehenden Bänden ist der Inhalt folgendermaßen gegliedert: fachliche und didaktische Grundlagen, Sequenz von Unterrichtseinheiten zum Thema "Lebensmittel" sowie ein Anhang mit Glossar, Literaturverzeichnis und einem ausklappbaren Faltblatt (R- und S-Sätze, Gefahrenstoffkennzeichnungen, Sicherheit und Entsorgung). In einer Klarsichttasche der Einbandinnenseite befinden sich noch 3 färbige Overheadfolien - "Vollwertig essen und trinken", "Fettraffination, Produktionsschritte im Fließschema" und "Einheimische Pflanzen, die Vitamin C enthalten".

Vom unterrichtspraktischen Teil sind die im Band enthaltenen 31 Folienvorlagen und die 16 Arbeitsblättervorlagen hervorzuheben. Genau behandelt werden 1. Fette, 2. Kohlenhydrate, 3. Aminosäuren - Proteine 4. Weitere Inhaltsstoffe der Lebensmittel. und dazugehörig die entsprechenden Experimente.

Die Autoren haben aus der großen Fülle der Möglichkeiten, wie Lebensmittel im Unterricht behandelt werden können, 19 Stundenentwürfe entwickelt. Alle Stundenvorschläge sind im Unterricht mindestens einmal erprobt worden.

Im sogenannten Fundamentum findet man die klassischen Themen Fette, Kohlenhydrate und Proteine. In Addendum I und II sind Ergänzungen zu diesen Inhalten untergebracht.

Der Lehrgang ist dem Thema entsprechend bewusst sehr praxisorientiert gestaltet. Hervorzuheben sind exemplarisch die folgenden Themen:

- Herstellung von Margarine - ein Brotaufstrich, den man auch essen darf!
- Gummibärchen selbst gemacht - wieder ein Versuch, bei dem das Ergebnis schmeckt!
- Wurstuntersuchungen - was steckt wirklich in der Wurst und wie fett ist sie?
- Gewinnung von Kümmelaroma - Essen sollte auch gut riechen!
- Nachweis von Vitamin C - wieviel Ascorbinsäure steckt wirklich in den Lebensmitteln?
- Nachweis von Nitraten - darf ich den Salat noch essen?

Alle Inhalte in diesem Themenband sind sehr anschaulich behandelt und können gut zur Behandlung der Themen Lebensmittel und Nährstoffe verwendet werden.

Werner Rentzsch

Der Stoff Ozon im Chemieunterricht

Praxis Schriftenreihe/Chemie Band 55

Helmut Barthel, Brigitte Duvinage

Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 2001,
ISBN 3-7614-2285-7, DM 19,80

Material über den Stoff Ozon, seine Wirkung auf Mensch und Umwelt, seine Eigenschaften. Schülerinnen und Schüler sollen erkennen, dass ein sachgerechter Umgang es ermöglicht, Ozon zum Nutzen des Menschen in Medizin und Technik einzusetzen.

Aus dem kurzen Infotext geht schon hervor, dass das Buch nicht nur die Gefahren von Ozon behandelt.

Zuerst muss einmal zwischen dem Ozon "oben" und dem Ozon "unten" differenziert werden. Dieses Buch behandelt den Stoff Ozon und nicht die Entstehung bzw. die Folgen des Ozonlochs.

Zuerst wird auf die Geschichte des Ozons und auf seine Eigenschaften eingegangen. Es folgt eine Beschreibung der Wirkungen von Ozon auf den Menschen und Pflanzen. Die Anwendung von Ozon in Technik und Medizin wird im folgenden behandelt.

Im zweiten Teil des Buches werden Experimente mit Ozon beschrieben. Das Kapitel beginnt mit der Anleitung zum Bau eines Ozonisators, der Ozon durch stille, elektrische Entladungen erzeugt. In einer Vielzahl von Versuchen wird auf die Wirkungen und Eigenschaften von Ozon eingegangen.

Einige exemplarische Beispiele zu den Experimenten:

- Thermische Zersetzung von Ozon
- Zerstörung eines Luftballons mit Ozon
- Bildung von Ozon durch Betreiben einer Höhensonne
- Entzünden leicht entflammbarer Flüssigkeiten mit Ozon

Den Abschluss bildet ein Kapitel zur Behandlung von Ozon im Lehrgang Chemie. Es werden mögliche Schwerpunkte angegeben und in einer Tabelle findet man eine Strukturierung zum fächerübergreifenden Arbeiten.

Im Ganzen gesehen ein sehr ansprechendes Werk, das die Behandlung des Themas Ozon in der Schule ohne viel weitere Literatur - die aber natürlich im Buch angegeben ist - ermöglicht.

Werner Rentzsch

Atome - Kerne - Moleküle.

Bd. III Atome: Fragen und Antworten

Gerd Otter, Raimund Honecker

B.G. Teubner: Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden. 1. Aufl. 2001, 156 S., brosch.. öS 256,-. ISBN 3-519-00329-5.

Als Fortsetzung von 2 Bänden zur Quantenphysik wird das in Übungs- und Diskussionsstunden erarbeitete Material zur Atomphysik ausgebreitet und damit Band I dieser Reihe vertieft. Die knapp 160 Aufgaben sind verschieden detailliert ausgerechnet und mit weiterführenden Bemerkungen ergänzt, sie führen vom zerfließenden Wellenpaket über Fein- und Hyperfeinaufspaltung bis zur Laserkühlung. Als Zielgruppe sind

Studierende der Physik gedacht, die sich in der Atomphysik ein vertieftes Verständnis erwerben wollen. Da das Büchlein wie seine Vorgänger aus einer Vorlesung entstanden ist, hilft es allen, die die Feinheiten der modernen Atomphysik zu verstehen suchen.

H.K.

ZEUS materialien - CHEMIE

Band 1 - Alltagsstoffe/Stoffe/Reaktionen

Brigitte Duvinage (Hrsg.)

Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 2001, ISBN 3-7614-2267-9, DM 68,-

Was hat Chemie mit dem Göttervater zu tun? Nun ja, "zeus" ist eine Abkürzung für:

z.eit und e.nergie bei der u.nterrichtsvorbereitung s.paren
--

Der besprochene Band ist der 1. Teil einer vierteiligen Buchreihe. Die Bände 2 - 4 sind noch nicht erschienen.

Band 2: PSE - Säuren - Salze - Elektrolyse

Band 3: Rund um organische Stoffe

Band 4: Baustoffe - Brennstoffe - Farbstoffe

Das Buch ist eine Sammlung von Kopiervorlagen als Schülermaterialien in den unterschiedlichsten Gestaltungsvarianten. Die Vielfalt wird bestimmt durch die Einbindung von Skizzen, Tabellen, Grafiken, Informationstexten, Experimentieranleitungen, Rätseln, Puzzle-Vorlagen, Lückentexten, Bastelvorlagen und -anleitungen, Spielen, Vorlagen zum Ausmalen u.v.m.

Das Materialangebot soll die Unterrichtsvorbereitung effektiver und den Unterricht bereichern.

Zum Aufbau des Buches:

- eine *Schülerseite* mit Materialien, Aufgaben und (im Allgemeinen) Freiräumen für die Schülerarbeit (als Kopiervorlagen)
- und einer *Lehrerseite* mit knappen inhaltlichen (falls notwendig) sowie didaktischen Hinweisen und den Lösungen für die Aufgaben auf der Schülerseite
- Schüler- und Lehrerseite sind immer auf der linken und rechten Seite und dadurch sehr übersichtlich angeordnet.

Jede Seite trägt eine Kopfleiste mit dem Titel des Arbeitsblattes. Um den leichteren Bezug zu den chemischen Sachverhältnissen zu erleichtern, erfolgt im Inhaltsverzeichnis die Zuordnung der Titel der Arbeitsblätter zu den chemischen Aspekten. Die unterschiedlichen Schwierigkeitsgrade der Schülermaterialien werden durch Sterne symbolisiert.

Als Ergänzung und zur Vertiefung der Lehrinhalte ist das Buch sehr gut geeignet. Die Arbeitsblätter sind sehr abwechslungsreich und bereiten den Schülerinnen und Schülern sicher Freude bei der Arbeit.

Einige kleine Fehler, die sich eingeschlichen haben, sollten bei einer Neuauflage berichtigt werden.

Werner Rentzsch

Handbuch der experimentellen Physik - Sekundarbereich II. Bd. 10

Kerne und Teilchen II

Wilfried Kuhn (Hrsg.)

Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 2001. xiv + 354 S., zahlr. Abb., ISBN 3-7614-2173-7

In vier Kapiteln und zwei Anhängen wird Band 9 vertieft: 1. Elemente der Kernphysik, 2. Energie aus Atomkernen, 3. Teilchenphysik, 4. Experimentelle Methoden der Teilchenphysik, A1 Überblick über Teilchenbeschleuniger, A2 Zählstatistik. Neben praktischen Hinweisen zu Experimenten zur Umwelt-radioaktivität in Kapitel 1 wird die detaillierte Diskussion von Reaktortypen und Störfällen, bzw. Unfällen inklusive Tschernobyl im Augenblick in Österreich auf erhöhtes Interesse stoßen. Vielleicht findet sich im Wahlpflichtfach Zeit zu einer vertieften Beschäftigung mit Radioaktivität, dann wird dieser Band auch für den Experimentalunterricht in der Schule nützlich sein. Insgesamt jedoch eine Fundquelle, um verrostetes Wissen aus dem Studium wieder aufzupolieren.

H.K.

Alles Mathematik. Von Pythagoras zum CD Player.

Martin Aigner, Ehrhard Behrends (Hrsg.)

1. Aufl. 2000. Geb., viii + 296 S., Vieweg Verlag: Braunschweig/Wiesbaden. ÖS 358,-. ISBN 3-528-03131-X

Seit etwa 10 Jahren finden an der Berliner Urania Vorträge statt, die die Bedeutung der Mathematik in Technik, Kunst, Philosophie und im Alltagsleben darstellen. Im vorliegenden Band liegen 20 ausgearbeitete Referate vor, die zeigen sollen, dass Mathematik nicht zu abstrakt und abgehoben ist, um interessierten Laien vorgestellt zu werden. Dabei sollen zwei Merkmale von Mathematik deutlich werden: Mathematik als Kunst des Denkens und als Mutter zahlreicher Anwendungen in allen Bereichen.

Wieso ist die CD trotz Staub und leichter Kratzer ein verlässlicher Datenträger für Musik und Information? Wegen des CIRC, des cross-interleaved Reed-Solomon Code. Faszinierend auch die Geschichte der Keplerschen Vermutung, dass es keine dichtere Kugelpackung gebe als die des flächenzentrierten kubischen Gitters: Fast 400 Jahre nach Kepler scheint dies in einem 250 Seiten umfassenden Beweis gelungen zu sein, der extensiv numerische Mathematik (100 000 lineare Optimierungen) erfordert. Die Rolle der Mathematik auf den Finanzmärkten ist Thema des Wiener Mathematikers Schachermayer, und Romeo-Julia mit ihren Zwillingen Roberto-Julietta demonstrieren, wie durch Kopplung stabile dynamische Systeme instabil werden können.

Insgesamt keine leichte Lektüre, doch jenen Lesern anzuraten, denen Beutelspacher's "In Mathe war ich immer schlecht..." Appetit auf mehr Mathematik gemacht hat.

H.K.

Formelsammlung

Für 10- bis 14-Jährige: Mathematik + Physik + Chemie + Biologie in Deutsch und Englisch

Gerda Rogl, Elke Rogl

öbv & hpt: Wien 2001. A5, 112 S., ISBN 3-209-03231-9. öS 98,-

Eine recht handliche und detaillierte Formelsammlung. Die Altersangabe trifft eher für die Mathematik zu, wo der Unterstufenstoff geboten wird. In der Physik der Oberstufe werden alle wesentlichen Bereiche einigermaßen abgedeckt. Allerdings wird hier eine Formelsammlung problematisch, da vieles nur sehr verkürzt dargestellt werden kann. So wird beispielsweise zur Schallgeschwindigkeit geschrieben, dass sie von der "Verdichtbarkeit und Trägheit des Mediums abhängig" sei. Was die Verdichtbarkeit ist, wird nicht erklärt, es findet sich auch kein Hinweis im - sonst guten - Index. Die Trägheit ist wohl in diesem Kontext auch kein guter Begriff, wenn die Dichte gemeint ist. In der englischen Übersetzung (die meist gut gelungen ist) heißt es dann "inertia" statt "density". Bei 7 Zentimeter Platz wäre es überraschend, wenn Lautstärke und Schallleistungspegel nicht nur angeführt, sondern auch in ihrem Unterschied erklärt würden, Dezibel und Phon stehen in einem unbekanntem Zusammenhang. Auch gilt nicht: "Druck ist die Kraft, die auf eine Flächeneinheit wirkt." Druck ist der Quotient aus Kraft und Fläche.

Der Abschnitt Biologie begnügt sich mit 2 Seiten zu den Themen Blut und Mendel'sche Gesetze.

Der Clou der Formelsammlung ist die Zweisprachigkeit. Die meisten englischen Erklärungen scheinen gut gelungen zu sein, doch sollte der Verlag die Kosten nicht scheuen, einen "Native Speaker", der die einzelnen naturwissenschaftlichen Fächer studiert hat, einmal Korrektur lesen zu lassen: Die Siedetemperatur ist wohl die "boiling temperature" und nicht die "steam temperature".

Trotz dieser nicht vollständigen Liste von Schwächen, ist das Heft ein in der nächsten verbesserten Auflage sicher ein nützlicher Nachschlagebehelf.

H.K.

