

Dezember 1900

Das 20. Jahrhundert geht nun auch für die Puristen zu Ende, gefeiert wurde bereits vor einem Jahr. Der Dezember brachte ein Jubiläum, dessen gedacht werden sollte: am 14.12.1900 trug Max Planck die theoretische Begründung seiner 3 Monate zuvor gefundenen Strahlungsformel, das Gesetz der Strahlung schwarzer Körper (Hohlraumstrahlung), vor. Widerstrebend revolutionierte er damit die Physik und legte den Grundstein zur Quantenphysik. Er musste Boltzmanns statistische Betrachtungsweise zu Grunde legen und er musste annehmen, dass die Atome der Wand des Hohlraums elektromagnetische Strahlungsenergie nur in Vielfachen von hf aufnehmen, bzw. abgeben. Zwei Anekdoten werden immer wieder über Planck erzählt: Als er zu Studienbeginn um Rat fragte, ob er Physiker oder Pianist werden sollte, wurde ihm vom Physikstudium abgeraten, weil die Physik mit der Formulierung der Maxwell'schen Theorie abgeschlossen sei. In einem Gutachten über Einstein anlässlich dessen Berufung nach Berlin – für die sich Planck sehr einsetzte - meinte er, dass Einstein mit der 1905 formulierten Lichtquantenhypothese über das Ziel hinausgeschossen habe, was angesichts der übrigen Leistungen Einsteins (spezielle Relativitätstheorie) entschuldbar sei. Andererseits ist Max Planck auch ein Beispiel für die Tragik deutscher Geschichte. Der eine Sohn fiel im 1. Weltkrieg, der zweite Sohn wurde wegen seiner Verwicklung in die Verschwörung gegen Hitler im Februar 1945 hingerichtet.

Während allerdings die Einsteinsche Beziehung $E=mc^2$ allgemein bekannt ist, ist die Einsteinsche Deutung $E=hf$ von Plancks Energiepaketen weniger ins Bewusstsein gedrungen. Die Energie des sichtbaren Lichts entspricht den bei chemischen Reaktionen auftretenden Energieumsätzen. Deshalb konnte die Natur die Photosynthese und der Mensch den Kien-span zur Beleuchtung erfinden und die Optoelektronik kann mit kalten Lichtquellen statt mit dem weißglühenden schwarzen Körper operieren.

Paradoxerweise wird die vor 100 Jahren begonnene Quantenphysik als moderne Physik bezeichnet, als etwas so neues, dass sie regelmäßig erst gegen Ende der immer noch historisch aufgebauten Physikkurse unterrichtet wird. (Faradays Induktionsgesetz ist nicht einmal doppelt so alt!) Zugegebenermaßen ist die Quantenphysik in weiten Bereichen unanschaulicher als die klassische Physik, doch ist sie die Grundlage der uns im Alltag umgebenden Technik.

Erfreuliches

ÖPG 2000 und die Physik-Show begeisterte die Grazer Bevölkerung. An über 60 Ständen wurde Physik vorgestellt, vom Mausefallen-Modell der Kettenreaktion, über die Quantenoptik bis zu Experimenten mit flüssigem Stickstoff durch Drittklässler, vom selbststabilisierenden zweirädrigen Kreiselfahrzeug der HTL Ortweinplatz zu den Magdeburger Halbkugeln der Ursulinen, vor denen auch ein Sportwagen kapitulieren musste.

Physics on Stage, die gemeinsame CERN-, ESO- und ESA-Initiative, fand den krönenden Abschluss in Genf. Zwölf österreichische Lehrerinnen und Lehrer konnten an einer anregenden Woche voll Physik teilnehmen, die *Walking Robots* der

HTL Spengergasse bestritten eine der ausgewählten Vorführungen. Zu beiden Veranstaltungen findet sich eine Nachlese unter <http://physicsnet.asn-graz.ac.at>.

Zwar nicht direkt schulbezogen, aber auch sehr erfreulich ist die Auszeichnung eines Softwarepakets zur *Visualisierung quantenmechanischer Phänomene* (B. Thaller, Universität Graz) im Rahmen des Europäischen Akademischen Softwarepreises in Rotterdam. (Ein weiterer Preis ging an das in Heft 2/2000 vorgestellte Paket *Interaktive Bildschirmexperimente*.)

IMST2

Erfreulich ist ferner, dass das BMBWK zunächst für ein Jahr das Projekt IMST2 (Innovations in Mathematics, Science and Technology Teaching; Koordination IFF Klagenfurt) finanziert. Dieses baut auf der im Anschluss an die TIMS-Studie erfolgten Analyse auf und hat die nachhaltige Qualitätsentwicklung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts zum Ziel. Dabei sollen die beteiligten Schul-Teams eine wesentliche Rolle spielen, da die Bündelung des Innovationspotentials der österreichischen Lehrerschaft in Kooperation mit den Fachdidaktiken mehr Erfolg verspricht als eine von Lehrplankommissionen ersonnene Reform. Die vier Teilprojekte haben ihre Arbeit begonnen und befassen sich mit folgenden Teilaufgaben (s.a. <http://imst.uni-klu.ac.at>):

1. Grundbildung: Über welches mathematische und naturwissenschaftliche Wissen sollen Maturant/-innen verfügen? Welche Fähigkeiten sind für die persönliche Entfaltung wertvoll und für die gesellschaftliche Entwicklung wichtig? Wie lernen Schüler/-innen, etwas zu verstehen, Zusammenhänge und Bedeutungen zu konstruieren? Wie können sie eine wertschätzende, kritisch-prüfende Einstellung zum Wissen entwickeln? Wie kann ihr Lernerfolg überprüft werden?

2. Schulentwicklung: Wie kann der Stellenwert von Mathematik und Naturwissenschaft an den Schulen gehoben werden? Wie können Unterrichts- und Schulentwicklung adäquat verbunden werden? Wie können mathematische und naturwissenschaftliche Schwerpunktsetzungen an Schulen initiiert und unterstützt werden? Wie können die in der Schulentwicklung gewonnenen Erfahrungen für andere Schulen genutzt werden? Wie kann die Qualität standortbezogener Schwerpunktsetzung (Schulprogramm) dokumentiert und evaluiert werden?

3. Geschlechtssensibler Unterricht: Wie kann die Schul- und Unterrichtskultur dazu beitragen, dass die Beziehung zur Mathematik und zu den Naturwissenschaften nur eine Frage der individuellen Neigungen ist und nicht eine des Geschlechts? (Weitere Details im Artikel von Jungwirth und Stadler.)

4. Forschung und Entwicklung: Wie können Oberstufenschüler/-innen zu eigenverantwortlichem Lernen motiviert werden? Welche Unterrichtsformen unterstützen effektive Lernprozesse? In seiner ersten Phase werden Vorhaben zur Entwicklung des Unterrichts in Richtung "selbstständiges und eigenverantwortliches Arbeiten" gefördert. Viel Arbeit! Auf Ihre Mitarbeit hofft

Ihr Helmut Kühnelt

Betritt:

Kustodiat der naturwissenschaftlichen Fächer

Die Hauptversammlung des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts hat am 24. November folgende Resolution beschlossen, die sowohl der Bundesministerin für Bildung, Wissenschaft und Kultur, als auch den Bildungssprechern der im Parlament vertretenen Parteien übersandt werden soll:

Der Hauptversammlung des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts an höheren Schulen äußert hinsichtlich der geplanten dienst- und besoldungsrechtlichen Änderung der Kustodiatsabteilung seine tiefe Besorgnis.

Die Ausgliederung der Kustodiate der naturwissenschaftlichen Fächer (Physik, Chemie, Biologie) aus der Lehrverpflichtung lässt für diese Gegenstände einen deutlichen Qualitätsverlust befürchten, der sich letzten Endes auch auf den Unterricht auswirken muss.

Die Betreuung eines naturwissenschaftlichen Kustodiates bedeutet nur zum geringeren Teil Verwaltungsarbeit, wie diese Tätigkeit nach der geplanten Definition eingeschätzt und auch abgegolten werden soll. Vielmehr sind fachliche Expertise, langjährige Unterrichtserfahrung und didaktisches Wissen gefragt, um den Anforderungen eines Kustos modernen Zuschnitts gerecht zu werden. Man denke bloß an die Aufgaben im Zusammenhang mit der Umsetzung der neuen Lehrpläne, der Koordination von Unterricht und Leistungsbeurteilung, Qualitätssicherung, Organisation der Lehrerfortbildung, Auswahl von Unterrichtsmitteln usw.

Wir haben große Sorge (und auch bereits deutliche Hinweise), dass die besten Kräfte unter den geplanten neuen Bedingungen nicht mehr zur Verfügung stehen werden. Wenn die Funktion des Kustos aber künftig von unerfahrenen JunglehrerInnen wahrgenommen wird, die ihre gering dotierten Verträge etwas aufbessern wollen, dann bedeutet das einen merkbaren Qualitätseinbruch, der sich natürlich auf den Unterricht auswirken muss.

Die Hauptversammlung lehnt daher die geplante neue Regelung vehement ab.

Betritt:

Physik an HBLA für wirtschaftliche Berufe

Die Hauptversammlung des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts hat am 24. November folgende Resolution beschlossen, die sowohl der Bundesministerin für Bildung, Wissenschaft und Kultur, als auch den Bildungssprechern der im Parlament vertretenen Parteien übersandt werden soll:

Ein Entwurf einer geänderten Studentafel für Höhere Lehranstalten für wirtschaftliche Berufe sieht die völlige Streichung des Gegenstands Physik (bisher 2 Wochenstunden) und die Zusammenlegung der Fächer Chemie und Biologie/Ökologie zu einem 10-Stundenfach Biologie, Ökologie und Chemie vor. Die Hauptversammlung erachtet diese Reduzierung als Widerspruch zur Intention des BMBWK, die naturwissenschaftliche Kompetenz aller AHS- und BHS-MaturantInnen zu stärken. Da Höhere Lehranstalten für wirtschaftliche Berufe hauptsächlich von Mädchen besucht werden, stellt für sie die Streichung des Physikunterrichts eine eklatante Benachteiligung dar.

Die Kürzung ist auch im Sinne des Bildungsziels dieser Schulart abzulehnen, da ein Verständnis grundlegender physikalischer Gesetzmäßigkeiten, das über das Unterstufenniveau hinausgeht, im Berufsleben der Absolventinnen unentbehrlich ist.

Da die Matura derzeit zum Studium aller Fächer an österreichischen Universitäten berechtigt, wird die weitere Verschlechterung der naturwissenschaftlichen Bildung in einer großen Zahl von Studienrichtungen, z.B. in den Ernährungswissenschaften, zu Studienverzögerungen beitragen.

Die beabsichtigte Änderung der Studentafel wird daher mit Nachdruck abgelehnt.

Nobelpreis für Physik 2000

IC und Halbleiter-Heterostrukturen

Für grundlegende Arbeiten zur Informations- und Kommunikationstechnologie wurde der Preis verliehen zur einen Hälfte gemeinsam an

Zhores I. Alferov, A.F. Ioffe Physikalisch-Technisches Institut, St. Petersburg, Rußland, und

Herbert Kroemer, Universität von Kalifornien, St. Barbara, USA,

"für die Entwicklung von Halbleiterheterostrukturen für Hochgeschwindigkeits- und Optoelektronik"

und zur anderen Hälfte an

Jack S. Kilby, Texas Instruments, Dallas, Texas, USA "für seinen Anteil an der Entwicklung des integrierten Schaltkreises".

Informations- und Kommunikationstechnologie

Moderne Informations- und Kommunikationstechnologie ist eine der wichtigsten globalen Technologien und beeinflusst die Menschheit tiefgreifend. Sie ist die treibende Kraft für die Veränderung der industriellen Gesellschaft in eine auf Information und Wissen basierende Gesellschaft. Ihre Wichtigkeit kann sehr wohl mit der des Buchdrucks verglichen werden. Trotzdem hat sie sich viel schneller ausgebreitet, ihre volle Wirkung hat sie in Jahrzehnten entfaltet statt in Jahrhunderten. Innerhalb der letzten zehn Jahre wurden Personal Computer auf allen Ebenen und in allen Umgebungen, wie zu Hause, in Schule, Geschäften, Fabriken, Spitälern, etc., gebräuchlich.

Ein schlagendes Beispiel für die neue Art von Informationsgewinnung und Kommunikation ist der Gebrauch des Internets mit dem World Wide Web. Mobile Telephonie und Hochgeschwindigkeitsbreitbandnetze aus Glasfaserkabel haben während der letzten Jahre eine rasante Ausbreitung erlebt, und viele weitere Durchbrüche sind zu erwarten. Die elektronische Revolution hat die Welt buchstäblich verändert. Das hat zu einer neuen Wirtschaft geführt, der e-economy mit e-business, e-mail, e-news, e-books, e-tc.

Diese Entwicklung wurde maßgeblich durch den Fortschritt in der Mikroelektronik vorangetrieben, wobei viele Gebiete mit Physik verbunden sind, z.B. die erhöhte Reinheit von Halbleitermaterialien, neue Typen von Hochleistungstransistoren für hohe Frequenzen und mit niedrigem Rauschpegel, Integration von Bauteilen auf einem Chip, Halbleiterlaser, neue Speichermedien mit höheren Speicherdichten, um nur einige der vielen Gebiete der Mikroelektronik zu nennen.

Die Rolle der Physik

Durch die zunehmende Leistung von elektronischen Bauteilen sind die Ansprüche an das Halbleitermaterial extrem hoch. Beispielsweise muß seine Reinheit in der Größenordnung von 1 ppb (part per billion, eins zu einer Milliarde) sein, die Zahl der Gitterdefekte extrem niedrig. Die einzelnen Schichten eines Bauteils aus vielen Schichten müssen sehr gut mit der Kristallstruktur übereinstimmen, um mechanische Spannungen zu mi-

nimieren, und die einzelnen Schichten müssen auf atomarer Ebene abrupt einander abwechseln. Die Atome in einem Leiter müssen dem Wind von schnellen Elektronen widerstehen, die sehr dünnen isolierenden Filme dürfen keine noch so kleinen Löcher besitzen und müssen hohen elektrischen Feldern widerstehen können.

Mit der Entdeckung des Transistoreffekts Ende 1947 durch J. Bardeen, W.H. Brattain und W.B. Shockley (Nobelpreis 1956) beginnt die Ära der modernen Halbleiter. Es brauchte mehrere Jahre um den Transistor als brauchbaren Bauteil zu entwickeln. Anfänglich ersetzte der Transistor die Vakuumröhre. Da er kleiner, verlässlicher war und weniger Energie verbrauchte, konnten jetzt viel mehr Bauteile auf einer Leiterplatte Platz finden.

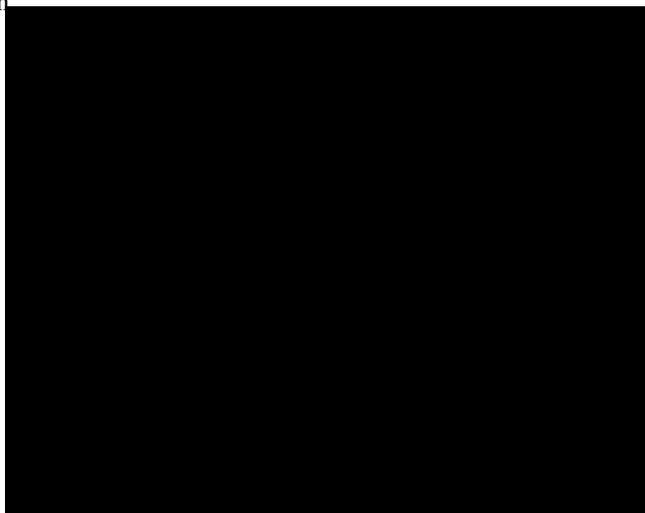


Abb. 1: Die elektronischen Bauteile sind auf einem großen Silizium-Wafer angeordnet, die in identische Chips zerschnitten wird.

Die Entwicklung der Halbleitertechnologie führte zu einem Aufschwung der Forschung in der Festkörperphysik und den Materialwissenschaften. Einen wichtigen Durchbruch brachte die Einführung von Silizium als Material für Transistoren, erstmalig durch G. Teal bei Texas Instruments 1954. Siliziumoxid ist ein fast idealer Isolator, und die Grenzfläche zwischen Siliziumdioxid und Silizium ist das wahrscheinlich am häufigsten untersuchte System.

Die elektronische Revolution begann allerdings erst mit der Erfindung des integrierten Schaltkreises (IC). Er erlaubt die Anordnung von aktiven Elementen (Transistoren, ...) und passiven Elementen (Widerstände, Kondensatoren, ...) verbunden durch Metallverbindungen auf einem Chip.

Die ersten ICs waren im Vergleich zu heute sehr grob. Mit dem rasanten technischen Fortschritt, vor allem in der Lithographie, die einen hohen Grad der Miniaturisierung erlaubte, konnte die Zahl der Bauteile auf einem IC jedoch sehr rasch steigen.

Anfang der 1960er Jahre, kurz nach der Erfindung des IC, formulierte Gordon Moore, einer der Pioniere in Silicon Valley, ein empirisches Gesetz, wonach sich die Leistungsfähigkeit eines IC und die Anzahl der Bauteile auf einem Chip bei gleichem Preis pro Chip alle 18-24 Monate verdoppeln würde. Es ist bemerkenswert, daß das Gesetz von Moore nach fast 40 Jahren noch immer gilt.

Zusammenfassung auf Grundlage der von der Nobelstiftung herausgegebenen Information.

Abb. 2: Moore's Gesetz drückt aus, daß die Leistung der Mikroelektronik, z.B. die Anzahl der Bauteile auch einem Chip, sich alle 18-24 Monate verdoppelt. Die Entwicklung ist bis jetzt dieser Verhersage ziemlich genau gefolgt. Für die Zukunft gibt es verschiedene Extrapolationen, abhängig von angenommenen Entwicklungen in der Prozesstechnik. In dieser Grafik ist auch die rasche Entwicklung der Größe der Silizium-Wafer eingezeichnet.

Ungefähr zehn Jahre nach der Erfindung des IC konnten genügend Bauteile auf einem einzelnen Chip zu einem ganzen Prozessor zusammengesetzt werden. Der Mikroprozessor wurde in den frühen 1970er Jahren erfunden. Diese neue Gerät wurde das Arbeitspferd in einer Reihe von Anwendungen und ermöglichte die Entwicklung des Personalcomputers (PC). Wie die Dampfmaschine die entscheidende Maschine für die industrielle Revolution wurde, wurde der PC die Maschine der Informations- und Wissensrevolution.

Computernetzwerke verbinden zwei Haupttechnologien, Computer und Telekommunikation. Dabei war nicht nur die Anzahl der Bauteile auf einem Chip wichtig, sondern auch ihre Geschwindigkeit.

Der integrierte Schaltkreis

Die Erfindung des Transistors leitete den Übergang von der Vakuumröhre zu einem Festkörperbauteil als aktivem Element



Abb. 3: Intel 4004 (1971), Intel Pentium (1994)
Weitere Informationen und Bilder aktueller Prozessoren siehe
<http://www.intel.com/pressroom/kits/processors/quickref.htm>

in elektronischen Schaltungen ein. Trotz seiner Vorteile war der Transistor nur ein Einzelbauteil, das mit anderen durch mühsames, fehleranfälliges Lötten verbunden werden mußte. Für der schnell wachsende Computerindustrie wurde die Anzahl der Transistoren bald zu einem Flaschenhals und begrenzenden Faktor für die Leistungsfähigkeit.

Die Lösung kam mit dem integrierten Schaltkreis (IC, integrated circuit). Das Konzept, mehrere Transistoren auf dem selben Halbleiterkristall unterzubringen, war in den frühen 1950ern weit verbreitet und wurde z.B. von G.W.A. Dummer anlässlich einer Konferenz so formuliert: "Mit der Ankunft des Transistors und der Arbeit auf dem Gebiet der Halbleiter scheint es nun möglich, sich eine elektronische Apparatur auf einem Block ohne Verbindungsdrähte vor zu stellen. Der Block könnte aus Schichten isolierender, leitender, gleichrichtender und verstärkender Materialien bestehen, die elektrischen Funktionen würden direkt durch Ausschneiden von Gebieten aus den verschiedenen Schichten verbunden werden."

Im Nachhinein erscheint es sehr einfach, diese Idee in die Praxis umzusetzen. Dennoch, dieses Konzept widersprach der vorherrschenden industriellen Weisheit, in der die Verwendung des wertvollen und teuren Halbleitermaterials auf die aktiven Elemente eines Transistors beschränkt war. Es würde sicher nicht verwendet werden für Elemente, die aus billigeren Materialien erzeugt werden könnten. Außerdem war es nicht klar, wie das Problem der Verbindungen gelöst werden könnte. Dies stellte sich als die entscheidende Frage heraus und ist noch immer eine Herausforderung für Chipdesigner.

Der Fortschritt der Siliziumtechnologie während der letzten Jahrzehnte war erstaunlich. Ein Maß ist der Durchmesser des Siliziumeinkristalls, aus dem die Wafer geschnitten werden. Es begann mit Durchmessern von 5 cm, heute geht man zu 30 cm über, was einen enormen Investitionsaufwand von mehreren Milliarden Dollar pro Fabrikationsanlage erfordert.

Jack S. Kilby, der (Mit)Erfinder des integrierten Schaltkreises

Jack S. Kilby wurde 1958 von Texas Instruments angestellt. Da er noch keinen Urlaubsanspruch hatte, blieb er im Sommer dieses Jahres alleine im Labor. Aus seiner vorigen Arbeit interessierte ihn die Frage, wie man mit einer höheren Zahl von Bauteilen in einem Schaltkreis umgehen könnte. Im Sommer 1958 zeigte er, daß es möglich war, alle Bauteile eines Oszillators nur mit Silizium als Ausgangsmaterial zu erzeugen und sie zusammen zu löten. Im September konnte er einen kompletten Schaltkreis auf einem Stück Germanium, dem damals verbreitetsten Halbleiter, aufzubauen. Am 6. Februar 1959 meldete er ein Patent für seine Idee der "miniaturisierten elektronischen Schaltkreise" an (bewilligt im Juni 1964). Transistoren und passive Bauteile wurden durch Golddrähte mit einander verbunden. In seiner Patentanmeldung erwähnte Kilby auch die Möglichkeit, Goldstreifen, "gelegt auf isolierendes Material" als elektrische Verbindung zu verwenden.

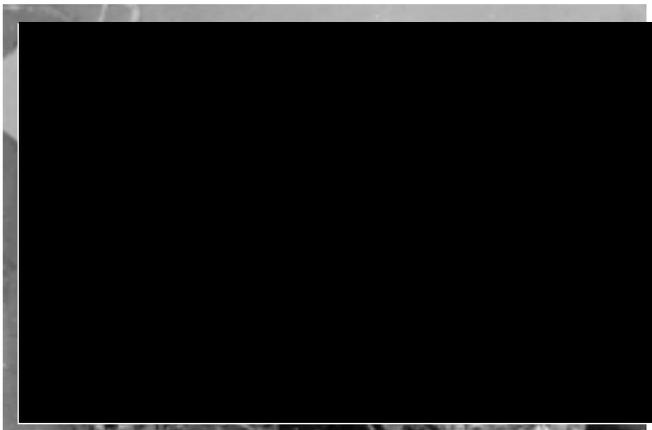


Abb. 5: Der erste IC von Jack S. Kilby

Etwa zur selben Zeit geschahen ähnliche Entwicklungen in anderen amerikanischen Labors. J.A. Hoerni, ein Schweizer Wissenschaftler bei Fairchild Electronics in Kalifornien fand die Möglichkeit, planare Halbleiter zu entwerfen, so daß die Transistoren nicht mehr aus der Oberfläche des Halbleiterwafers hervorragten. Der Planarisationsprozess ermöglichte, daß Leiter leichter auf einen Halbleiter gesetzt werden konnten. Robert Noyce, damals bei der selben Firma, fand heraus, daß Aluminium sowohl gut auf Silizium als auch auf Siliziumoxid haftete. In seinem Laborbericht vom 23. Jänner 1959 beschrieb er genau, wie ein IC aus Silizium mit Aluminiumleiterstreifen gemacht werden könnte. Seine Patentanmeldung vom 30. Juli 1959 ("Semiconductor Device-and-Lead Structure") wurde am 25. April 1961 bewilligt. Bald war es evident, daß das Konzept des IC eine kommerziell bedeutende Erfindung werden würde. Noyce gründete mit seinen Kollegen eine neue Firma, Intel (Integrated Electronics) mit dem Schwerpunkt auf die Entwicklung des IC.

Die Wahl des Verbindungsmaterials wurde bald der Anlaß für einen Patentstreit zwischen Texas Instruments und Fairchild Electronics/Intel. Die Wahl von Noyce, Aluminium "haftend am isolierenden Material" wurde eine des praktischen Gebrauchs, mehr als Kilbys Gold "gelegt auf das isolierende Material". In einem Gerichtsurteil von 1969 wurde Fairchild des Patentrechts zugesprochen. Dennoch tauschten die Firmen Lizenzen, und Fairchild bekam nie Tantiemen für sein Patent.

Kilby und Noyce werden als gemeinsame Erfinder des IC angesehen. Noyce wurde einer der Gründer von Silicon Valley. Er starb 1990. Kilby setzte seine Karriere als Erfinder fort. Er ist z.B. der Miterfinder des Taschenrechners, der anfänglich als kommerziell wenig verwertbar angesehen wurde, da doch der Rechenschieber bereits existierte!

Andere bedeutende Erfindungen in der Mikroelektronik im Gefolge des IC waren u.a. der MOS-FET (Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor) durch D. Kahng und M.M. Atalla und der Mikroprozessor durch T. Hoff.

Heterostrukturen

Eine Halbleiterheterostruktur besteht aus zwei oder mehreren Schichten mit verschiedenen Energiebandlücken. Die Halbleiter einer Heterostruktur sind entweder Verbundstoffe, wie GaAs aus der III-V Familie oder Halbleiterlegierungen wie Si-Ge. Abhängig von der Anwendung wird die Energiebandlücke der verschiedenen Halbleiter angepaßt, entweder durch Ersetzen von Elementen (z.B. Ga durch In oder Al, As durch P, Sb oder N) oder durch Ändern der Zusammensetzung der Legierung. Scharfe Begrenzungen zwischen verschiedenen Halbleiterschichten werden z.B. durch Molekülstrahlepitaxie (MBE, entwickelt von A.Y. Cho, J.R. Arthur und anderen) oder durch Metall-Organische Chemische Dampf-Ablagerung (MOCVD, H. Manasevit als Haupterfinder) erzeugt. In diesen Methoden wachsen die Schichten epitaxial, Atomschicht um Atomschicht, auf einem Substrat mit einer passenden Gitterkonstante.

Heterostrukturen haben große Bedeutung für die Forschung und sind Schlüsselkomponenten in Hochfrequenztransistoren und Optoelektronik.

Heterojunction-Transistoren

Die Stromverstärkung in ein gewöhnlichen bipolaren Transistor (z.B. ein npn-Transistor) ist definiert als das Verhältnis der Ströme der Elektronen und der Löcher. Die Elektronen passieren vom Emitter kommend zum Kollektor rasch die Basis ohne Rekombinationen, die Löcher, die zur selben Zeit von der Basis zum Emitter injiziert werden, beschränken die Stromverstärkung. Dotiert man die Basis weniger, ergibt sich eine erhöhte Verstärkung, gleichzeitig aber erhöht sich der Basiswiderstand. Zusammen mit der Emitter-Basis-Kapazität führt dies zu einer hohen RC-Zeitkonstante und beschränkt die Schaltgeschwindigkeit des Transistors.

Der Heterojunction-Bipolar-Transistor (HBT) unterscheidet sich vom normalen nur durch die Basis, die aus einer Halbleiterschicht besteht mit einer schmaleren Energiebandlücke. Dadurch wird u.a. die Energiebarriere für die Elektronen abgesenkt, was zu einem starken Anstieg des Elektronenstroms führt. Gleichzeitig bleibt der Strom der Löcher ungeändert, was zu einer Stromverstärkung führen kann, die höher ist als notwendig. Um die Verstärkung zu reduzieren, kann man die Basis erheblich stärker dotieren und sie dünner machen, was den Basiswiderstand verringert und die RC-Zeitkonstante niedrig hält, daher den Transistor schneller macht.

Das Prinzip, die Emittiereffizienz durch Verwendung einer größeren Bandlücke als bei der Basis zu erhöhen, wurde bereits in W.B. Shockleys umfassendem Transistorpatentantrag (ange-

meldet 1948, erteilt 1951) erwähnt und 1951 theoretisch von I. Gubanov diskutiert. Die Hauptanalyse und Vorschläge machte 1957 allerdings Herbert Kroemer, damals bei RCA. Beispielsweise schlug er eine graduelle Änderung der Energiebandlücke in der Basis anstatt eines abrupten Übergangs bei der Grenzfläche vor und die Existenz von quasielektrischen Feldern, die Elektronen und Löcher verschieden beeinflussen.



Abb. 6: Die verschiedenen Halbleiterschichten, die in einem High Electron Mobility Transistor (HEMT) enthalten sind. Die hohe Beweglichkeit des zweidimensionalen Elektronengases (2DEG) genau unter der heterojunction-Grenze und die kurze Breite des Gate ermöglichen einen Betrieb dieser Transistoren mit niedrigem Rauschen bei sehr hohen Frequenzen.

Elektronen aus einer Schicht der Heterostrukturen können in eine zweite Schicht eindringen um ein zweidimensionales Elektronengas zu bilden (2DEG, twodimensional electron gas). Da die Dotierungsunreinheiten typischerweise getrennt sind vom 2DEG, ist seine Beweglichkeit sehr hoch. In einem Feldeffekttransistor wird die Ladungsdichte im 2DEG und der Strom durch ein Potential geregelt, das am Gate, das nahe beim 2DEG liegt, angelegt wird. Das Frequenzlimit bei solchen HEMT-Strukturen (High Electron Mobility Transistor, auch MODFET, MODulation Doped Field Effect Transistor) liegt jetzt bei einem Rekordwert von ca. 600 GHz, wo der Gain verschwindet. Das Rauschen dieser Komponenten ist niedrig. Sie wurden zur selben Zeit von Gruppen bei den Bell Labs (R. Dingle et al.), in Japan (T. Mimura et al.) und in Frankreich (D. Delagebeaudeuf et al.) entwickelt und werden in Mikrowellenanwendungen wie drahtloser Kommunikation, Weltraumtelekommunikation und Radioastronomie verwendet.

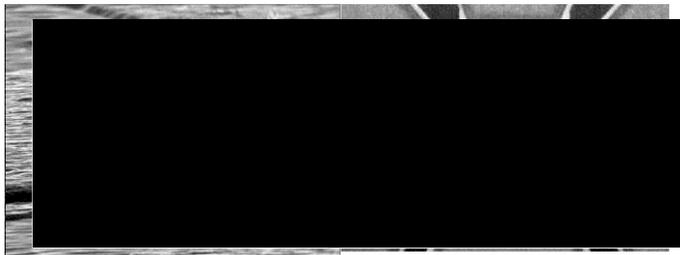


Abb. 7: Links ein High Electron Mobility Transistor (HEMT) im Rasterelektronenmikroskop (0,14 Mikron lang). Das pilzförmige Gate entstand durch Elektronenstrahlolithographie (die Form wurde so gewählt, um den Querschnitt zu erhöhen und den Widerstand zu senken.) Heterostruktur und die zweidimensionale Elektronengasschicht ist im flachen Teil unter dem Gate. Rechts ist der komplette Transistor mit 6 Gate-Fingern, jeder 50 Mikron lang. Dieser Transistor hatte eine rekordverdächtig niedrige Rauschtemperatur von 3 K, wenn er in einem 4-8GHz Verstärker benutzt wurde.

Laser und Heterostrukturen

Der Physiknobelpreis 1964 wurde Ch.H. Townes, N.G. Basov und A.M. Prokhorov für ihre grundlegende Arbeit auf dem

Applications >20 GHz

in Europe year 2008

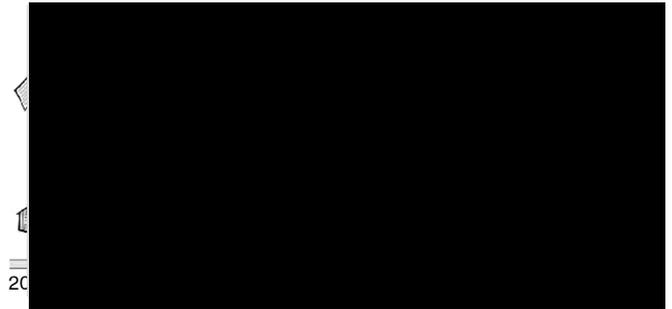


Abb. 8: Verschiede Typen von Anwendungen von Heterojunction-Transistoren im Mikrowellen- und Millimeterbereich des Spektrums. Die Skizze wurde 1994 entworfen und zeigt, daß auf dem Gebiet der Mikroelektronik neue Geräte oft in der Hälfte der veranschlagten Zeit auf den Markt kommen. Einige der Anwendungen sind bereits auf dem Markt, andere werden es in Kürze sein. Den größten (kommerziellen) Durchbruch gab es in der Mobiltelefonie, deren Frequenzbereich bei 1 GHz liegt.

Gebiet der Quantenelektronik überreicht, die zur Konstruktion von Oszillatoren und Verstärkern auf Basis des Maser/Laser Prinzips führte. T.H. Maiman baute 1960 den ersten Rubinlaser. R. Nall entwickelte 1962 den ersten Halbleiterlaser, aber die Leistungsfähigkeit des pn-homojunction Lasers war sehr gering, und er benötigte einen ziemlich hohen Einschaltstrom. Das behinderte einen kontinuierlichen Betrieb bei Raumtemperatur. Heterostrukturlasern andererseits können bei Raumtemperatur kontinuierlich betrieben werden und sind der dominierende Lasertyp. Heterojunction-Laser werden in Geräten wie Laserdruckern, CD-playern und in Hochgeschwindigkeitsglasfaserkommunikation verwendet. LEDs benutzen die gleiche Heterostrukturanordnung wie Laserdioden. Photodetektoren und Solarzellen sind weitere Beispiele, die Heterojunctions verwenden.

Das Prinzip des doppelten Heterostruktur Lasers wurde 1963 von H. Kroemer (damals bei Varian, Palo Alto) vorgeschlagen und in einem wissenschaftlichen Journal (Proc. IREE 51, 1782 (1963)) veröffentlicht, unabhängig davon auch in einer Patentschrift von Zh.I. Alferov und R.F.Kazarinov am Ioffe Physikalisch-technischen Institut in Leningrad. Die Ladungsträger, die sich in einem invertierten Besetzungszustand befinden, sind in einer dünnen Schicht mit schmaler Bandlücke konzentriert, eingezwängt zwischen Schichten mit größerer Bandlücke. Es kommt praktisch zu keinen Rekombinationen außerhalb der aktiven Region, in der die Bandlückenänderung "quasielektrische" Kräfte hervorruft, die Elektronen und Löcher beeinflussen. Die Dichten dieser angeregten Ladungsträger werden viel höher als in den dotierten Regionen. Außerdem werden Photonen in der aktiven Region mit seiner niedrigeren Bandlücke und seinem höherem Brechungsindex eingeschlossen. Die Heterostruktur verhält sich wie ein optischer Wellenleiter, und die optischen Verluste in diesen Regionen werden vernachlässigbar. Beide, invertierte Ladungsträger und Photonen, die einen Lasereffekt verursachen, sind auf die aktive Region beschränkt. Es wurde möglich, den Schwellenstrom bedeutend zu reduzieren und den Laser kontinuierlich ohne zusätzliche Kühlung zu betreiben.

Vom Konzept 1963 bis zu den ersten kontinuierlich arbeitenden Lasern 1970 trugen mehrere Forschungsgruppen zur Ent-

wicklung von verwendbaren Lasern bei. In der Gruppe von Alferov am Ioffe Institut wurde systematisch entwickelt. Die ersten GaAsP/GaAs-Strukturen wurden durch besser gitterangepaßtes AlGaAs/GaAs ersetzt. Eine gepulste Lasermode in einer doppelten Heterostruktur erhielten sie Ende 1968, und die Gruppe konnte im Mai 1970 endlich über einen bei Zimmertemperatur kontinuierlich arbeitenden Laser berichten.

Während des kalten Kriegs in den 1960er Jahren war der Informationsaustausch zwischen der Sowietunion und dem Westen stark behindert. Daher gab es gleichzeitig aber unabhängig eine Entwicklung von Heterostrukturen in den industriellen Labors von BellLabs, IBM und RCA in den USA. Die Gruppe von M.B. Panisch bei Bell gewann das amerikanische Rennen mit der Veröffentlichung ihres Berichts über den kontinuierlichen Betrieb bei Zimmertemperatur im Juni 1970 (I. Hayashi, M.B. Panish et al.)

Die weitere Entwicklung von Halbleiterlasern zu kommerziellen Produkten ging von der amerikanischen Industrie aus. Mehrere Forschungsgruppen waren an Arbeiten zum wichtigen Quantentopf-Laser beteiligt, unter ihnen N. Holonyak, Jr. und seine Studenten. VCSEL (vertical cavity surface emitting lasers) benutzen Heterostrukturen in großem Ausmaß. F. Capasso, A. Cho und Mitarbeiter berichteten 1994 über Quantenkaskaden-Laser. Laser für die blaue Spektralregion fehlten lange. Das wissenschaftliche Geschick und technische Erfindungsgabe von S. Nakamura überwandten die Herstellungsprobleme von hocheffizienten, haltbaren blauen Dioden (1994) und Lasern (1996), die GaN-Strukturen benutzen.

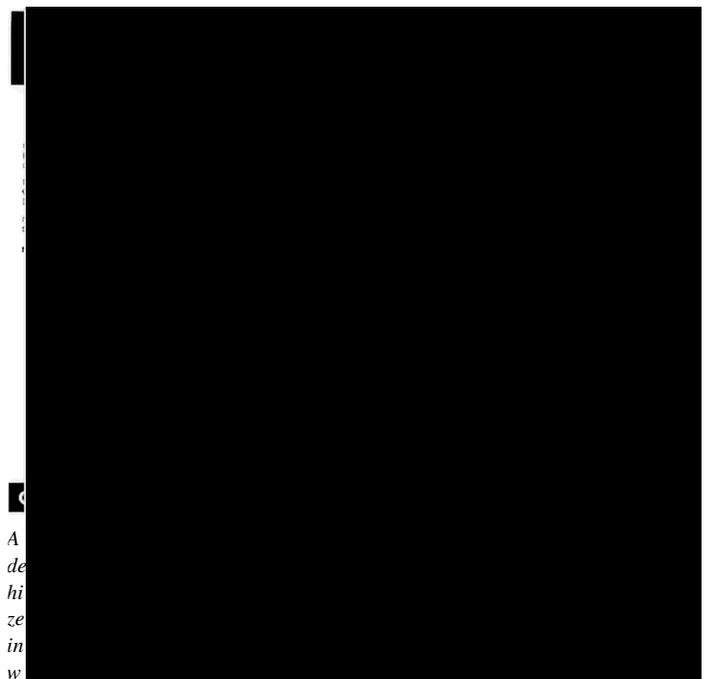


Abb. 9: Schematische Illustration einer blauen Lasers, bei dem die aktive Zone aus Vielschicht-Quantentopf-Strukturen aus InGaN besteht. Modulati-
onsdotierte verspannte-Schichten Supergitter (MD-SLS) aus AlGaIn/GaN wurden statt eines Stapels von AlGaIn gekleideten Schichten um die Photonen einzusperren. Die Dicke der insgesamt 743 Schichten muß genau abgestimmt sein.

Hundert Millionen von Laserdioden werden jedes Jahr produziert, Laser für CD-Player bilden dabei die größte Anzahl, Laser für Kommunikation bringen den größten Ertrag.

Heterostrukturen in der Wissenschaft

Das 2DEG hat einen Schub in der physikalische Grundlagenforschung bewirkt. Der Elektronentransport in begrenzten Geometrien ist von hohem prinzipiellen Interesse. Mit Hilfe eines starken Magnetfelds normal zu einem 2DEG entdeckte Klaus von Klitzing den Quanten-Hall Effekt (Nobelpreis 1985) in Proben, die von M. Pepper und G. Dorda bereitgestellt wurden. Mit Hilfe von noch höheren Feldern entdeckten D.C. Tsui und H.L. Stoermer (Nobelpreis 1998) den fraktionellen Quanten-Hall Effekt in einem ultrareinen MBE-Material von A.C. Gossard.



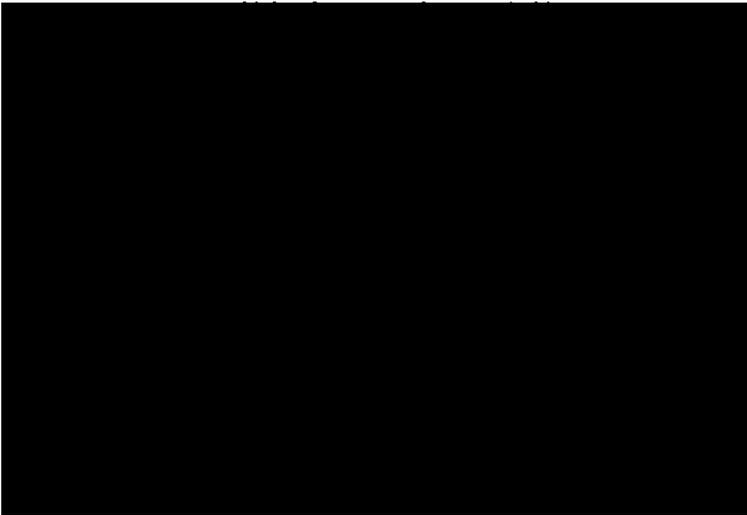
Ausgehend von 2DEG kann man Elektronen weiter begrenzen in ein- und nulldimensionalen Strukturen. Quantisierte Leitfähigkeit in Punktkontakten, Lokalisierung, Tunnelung von Einzelatomen und die Elektronenstruktur in "künstlichen Atomen und Molekülen" sind faszinierende Phänomene.

Für den "band structure engineering approach" (ein Name, den Capasso geprägt hat) und die Benützung von Über/Supergittern bereiteten L. Esaki (Nobelpreis 1973) und seine Mitarbeiter in den frühen 1970ern den Weg. Das führte nicht nur zu künstlichen Kristallen, sondern beeinflusste in großem Ausmaß die wissenschaftliche und technische Entwicklung.

Die Zukunft

Der Evolution der Mikroelektronik ermöglichte eine Veränderung der Gesellschaft durch die Informationstechnologie während der letzten Jahrzehnte. Der jetzigen auf Silizium basierenden Technologie wurde schon mehrmals das Ende vorhergesagt, aber sie wird sich für mindestens ein Jahrzehnt weiterentwickeln. Physikalische Grenzen im Material werden erreicht werden, wenn man sich den atomaren Dimensionen nähert. Vielleicht noch bedeutender ist, daß die Kosten der Produktion mit weiterer Miniaturisierung sehr rasch steigen. Deshalb verfolgt die Forschung mehrere Wege alternativer Technologien und Bauteile, aber keine ist bis jetzt eine klare Wahl.

Die Arbeitsgeschwindigkeit wird weiter zunehmen. Die Taktfrequenz von Prozessoren liegt nun bei 1 GHz, die Forschung zielt auf eine Million mal höhere Frequenzen (das Petaflopprojekt mit 10^{15} Rechenoperationen pro Sekunde). Die Trägerfrequenzen in der Kommunikation steigen ähnlich, Antikollisionsradar wird z.B. für das 70 GHz-Band entwickelt. Die Radioastronomie muß immer schwächere Signale bei höheren Frequenzen empfangen. Ähnlich wird die Geschwindigkeit von Teilchendetektoren ansteigen. Breitbandkommunikation wird die meisten Häuser verbinden, mobile Kommunikation und Glasfaserkommunikation wird an Wichtigkeit zunehmen. Die Mikroelektronik hat ihre Produktivität während der letzten



ARI <http://www.cordis.lu/esprit/src/melna-rm.htm>

15 Jahre um ungefähr das Tausendfache verglichen mit der klassischen Technologie erhöht. Man erwartet einen ähnlichen Fortschritt auch in näherer Zukunft.

Literatur

Jack S. Kilby, *Invention of the Intergrated Curcuit*, IEEE Transactions on Electronik Devices, Vol. 23, Juli 1976, S. 648.

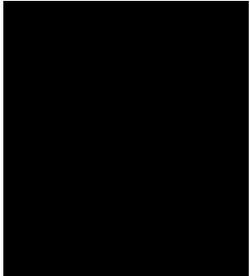
Herbert Kroemer, *Band Offsets and Chemical Bonding: The Basis for Heterostructure Applications*, Physica Scripta T68, 10-16, 1996.

Zhores I. Alferov, *The History and Future of Semiconductor Heterostructures from the Point of View of a Russian Scientist*, Physica Scripta T68, 32-45, 1996.

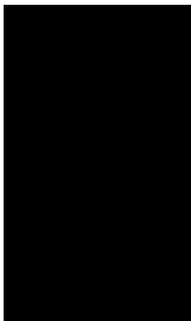


Zhores I. Alferov geboren 1930 in Vitebsk, Weissrussland. Doktorat in Physik und Mathematik 1970 am A. F. Ioffe Physico-Technical Institute in St. Petersburg, Russland. Leiter dieses Instituts seit 1987.
<http://194.85.224.34/pti00002.html>

Herbert Kroemer, geboren 1928 in Deutschland. Doktorat in Physik 1952 an der Universität Göttingen. Angestellt u.a. bei RCA Laboratories, Princeton, NJ, USA 1954 - 57 und bei Varian Associates, Palo Alto, CA, USA 1959 - 66. Professor für Physik an der Universität von Colorado, Boulder, 1968 - 76 und danach an der Universität von Californien in Santa Barbara, USA.



<http://www.ece.ucsb.edu/Faculty/Kroemer/default.html>



Jack S. Kilby, geboren 1923 in Jefferson City, Missouri, USA. Angestellt bei Texas Instruments seit 1958. Professor an der Texas A&M Universität 1978 - 85.
<http://www.ti.com/corp/docs/kilbyctr/jackstclair.shtm>

Nobelpreis für Chemie 2000

Elektrisch leitende Polymere

Für die Entdeckung und Entwicklung von elektrisch leitenden Polymeren erhalten die Wissenschaftler

Prof. Alan J. Heeger (University of California Santa Barbara, USA),

Prof. Alan G. MacDiarmid (University of Pennsylvania, USA) und

Prof. Hideki Shirakawa (Universität Tsukuba, Japan)

den diesjährigen Chemie-Nobelpreis.

Seit der ersten Herstellung eines Polyacetylen-Films durch Shirakawa 1974 hat sich das Gebiet der organischen Leiter zu einem intensiven Forschungsgebiet im Bereich von Physik und Chemie entwickelt und hat zahlreiche praktische Anwendungen gefunden.

Entdeckungsgeschichte

Bereits 1862 hatte Latheby in London mit der Herstellung von Polyanilin ein leitfähiges organisches Material entdeckt, doch erst in den 70er Jahren des 20. Jhdt. begann der Aufschwung zunächst mit der Entdeckung der Supraleitfähigkeit organischer Substanzen und schließlich mit der kontrollierten Herstellung von reinen cis- und trans-Polyacetylenen als Filmen durch Shirakawa. Zur selben Zeit untersuchten in USA der Physiker Heeger und der Chemiker MacDiarmid die metallischen Eigenschaften des anorganischen Polymers $(\text{SN})_x$. Bei einem Seminar in Tokio trafen sich MacDiarmid und Shirakawa. Während eines anschließenden Besuchs von Shirakawa an der Universität von Pennsylvania wurde der Polymerisationsvorgang optimiert. Aufbauend auf einer Beobachtung Shirakawas, daß eine Behandlung der silbrig glänzenden Polyacety-

tylenfilme mit Brom oder Chlor die Infraroteigenschaften veränderte, wurden diese mit Jod dotiert. Bei den so hergestellten Proben konnte in Heegers Labor eine Erhöhung der Leitfähigkeit um sieben Größenordnungen gemessen werden. Die Ergebnisse wurden im Mai 1977 unter dem Titel "Synthesis of electrically conducting organic polymers: Halogen derivatives of polyacetylene (CH)_x" publiziert.

In weiteren Experimenten wurde durch Dotierung von cis-Polyacetylen mit AsF₅ eine Leitfähigkeitserhöhung um 11 Größenordnungen erreicht. Es handelt sich dabei um Leitfähigkeit entlang der parallel ausgerichteten Molekülketten, quer dazu ist sie wesentlich kleiner. Daher spricht man von "eindimensionalen Metallen".

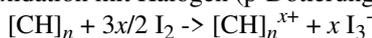
Neben dem erwähnten Polyanilin wurden auch andere Polymere intensiv untersucht, die nun technisch genutzt werden. Gegenüber Polyacetylen haben sie den Vorteil größerer Stabilität an Luft und gegenüber Feuchtigkeit.

Leitungsmechanismus

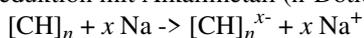
Reines Polyacetylen ist in beiden Modifikationen ein Halbleiter, wobei die thermodynamisch stabile trans-Form eine höhere Leitfähigkeit besitzt. Die kovalenten Bindungen zwischen den C-Atomen erfolgen durch die lokalisierten σ -Elektronen, die π -Elektronen in den Doppelbindungen sind weniger stark lokalisiert.

Durch Dotierung mit Jod, bzw. einem Alkalimetall:

Oxidation mit Halogen (p-Dotierung):



Reduktion mit Alkalimetall (n-Dotierung):



werden in den Molekülketten positive, bzw. negative Ladungsträger erzeugt, die bei angelegter elektrischer Spannung die Molekülkette entlang wandern. Je regelmäßiger die Iod- bzw. Na-Ionen angeordnet sind, desto leichter wandern die Ladungen die Kettenmoleküle entlang.

Anwendungen

Der Hauptvorteil der leitenden Polymere liegt in der preisgünstigen Verarbeitung von Lösungen zu Filmen, so daß etwa integrierte Schaltungen nahezu mit Tintenstrahl Druckern erzeugt werden könnten. Bisherige Anwendungen umfassen: Abschirmung von elektronischen Schaltungen, Korrosionsschutz, Farb-Video-Display, Schutzanstrich gegen Radarerfassung, u.a. Eine interessante Anwendung, das "intelligente Fenster", nutzt die elektrische Steuerung der Beweglichkeit der Ladungsträger, um die Lichtdurchlässigkeit von Glasscheiben zu regeln (elektrochrome Eigenschaft des Polyanilinfilms).

Retten uns die Phänomene?

Anmerkungen zum Verhältnis von Wahrnehmung und Theorie

Heinz Muckenfuß

Martin Wagenscheins leidenschaftlicher Appell "Rettet die Phänomene!" [1] wird, wenn auch mit reichlicher Verspätung, in der aktuellen Naturwissenschaftsdidaktik sehr ernst genommen.

Zugleich steht heute die "Steigerung der Effizienz" im Vordergrund¹⁾. "Effizienz" wird von Bildungspolitikern über den (mutmaßlichen) Beitrag des Unterrichts zum nationalen Wirtschaftserfolg definiert. Orientierung an den Phänomenen und Steigerung der Effizienz sind Forderungen, die sich nicht ohne Weiteres harmonisch ergänzen. Um ein destruktives Konfliktpotenzial für die Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu entschärfen, muss das Verhältnis der naturwissenschaftlichen Theorien zur phänomenologischen Weise der Weltdeutung geklärt und didaktisch fruchtbar gemacht werden.

Das Anliegen Martin Wagenscheins

Ich verwende den Begriff Phänomen im Sinne Wagenscheins²⁾ für "... Naturerscheinungen, die uns unmittelbar (oder auf einfache, durchschaubare Weise vermittelt) sich selbst sinnhaft zeigen..." "Der unmittelbare Umgang mit den Phänomenen ist der Zugang zur Physik", betont Wagenschein. Physik solle als eine sich auf kluge Weise beschränkende, verzichtende Wissenschaft verstanden werden. Das in der Beschränkung auf das Messbare und mit mathematisierten Strukturen in Beziehung gesetzte neu gewonnene Naturbild steht einem reichhaltigen und umfassenden Naturerleben nicht entgegen; aber "man muss die unbeschränkte Wirklichkeit unmittelbar vor sich haben, um überhaupt zu bemerken, dass beschränkt wird." Ohne diese Einsicht zeigt die Physik - so Wagenschein - "verdunkelnd und verödet eine unheimliche Natura denaturata".

Die erkenntnistheoretischen Voraussetzungen, die Wagenschein für die *Genese der Physik aus den Phänomenen* als gegeben unterstellt, sind jedoch problematisch.

In vielen Beispielen zum genetischen Lehren demonstriert er, wie Wissenschaftsverständigkeit entstehen soll: "Es ist der Weg des behutsamen Hervorbildens des naturwissenschaftlichen Begreifens aus dem vorwissenschaftlichen Erleben und Welt-Verständnis, in dessen Schoß das Kind ursprünglich ruht" ([2], S.108). Die naturwissenschaftliche Erkenntnis schließt sich nach Wagenscheins Auffassung als besonderer

Aspekt der Weltbetrachtung *nahtlos* an die unmittelbare Wahrnehmung der Phänomene an.

Um das Hervorgehen wissenschaftlicher Erkenntnis aus der unbefangenen Weltwahrnehmung und dem "volkstümlichen" Denken zu zeigen, ist Wagenschein allerdings häufig auf sprachliche Brücken angewiesen. Oft sind es wahre Kunstwerke der Sprache, die fast unmerklich neue Betrachtungsweisen skulptieren. Ich will zur Verdeutlichung ein Beispiel anführen:

Die entfernte Kerzenflamme, durch den schmalen Spalt zwischen zwei Messerklingen betrachtet, scheint sich durch Beugungsbilder zu vervielfachen. Wagenschein beschreibt das so: "... rechts und links neben der Kerze flackern noch viele andere, schwächere, Gespensterflämmchen, aufgereiht, nach außen immer schwächer sich verlierend, richtige Abbilder"..." Ganz neu aber ist, dass dabei *vielen* Abbilder auftreten, in regelmäßiger Wiederkehr. Mit einem Fremdwort gesagt: die Periodizität der Erscheinung. Da von einer Periodizität weder in der Kerze noch im Spalt etwas vorgeformt ist, darf man schließen, dass sie dem Licht selber eigen ist."

Die Sprache ist das trojanische Pferd, mit dessen Hilfe der Zusammenhang zwischen Licht und einem Schwingungsvorgang ins Denken geschmuggelt wird. Keineswegs ist die "Periodizität des Lichts" phänomenologisch oder logisch evident. Dieses Vorgehen ist typisch für viele Beispiele, mit denen Wagenschein auch (oder vor allem) in philologischen Kreisen zu überzeugen vermochte.³⁾

Der von solcher Sprachkunst genährten Überzeugungskraft vermögen "stauende Laien" respektive unsere Schülerinnen und Schüler nichts entgegen zu setzen. Ihre Zweifel prallen an ihr ggf. ebenso ab, wie an den "verfremdenden Belehrungsapparaten" unserer Physiksammlungen. Diese werden von Wagenschein kritisiert, weil in ihnen die "Naturphänomene allzu geschwind untergegangen, sozusagen beigesezt sind".

Wagenschein konnte sich nicht darauf beschränken, die Phänomene selber "reden zu lassen". Ein wichtiger Grund ist in folgender Antithese zu Wagenscheins Auffassung vom Physikalernen enthalten⁴⁾: *Weder die Physik noch die anderen Naturwissenschaften entstehen als kontinuierliche Fortentwicklung der Einsichten, die sich aus der unbefangenen Wahrnehmung der Phänomene ableiten lassen.*

Erläuternde Beispiele zum Verhältnis von Phänomen und Theorie

Ich wähle zur Erläuterung einige Beispiele, die mir auch um ihrer selbst willen wichtig sind. Sie zeigen nämlich, wie sehr

Dr. Heinz Muckenfuß, Pädagogische Hochschule Weingarten, Kirchplatz 2, 88250 Weingarten, e-mail: muckenfuss@ph-weingarten.de; homepage <http://www.heinz-muckenfuss.de/>
Vortrag bei der Tagung ÖPG 2000 in Graz.

¹⁾In Anlehnung an das aktuell von der BLK geförderte Programm mit dem Titel "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts"

²⁾Zitate ohne weitere Quellenangabe stammen aus [1]

³⁾Wagenschein hat 1985 den "Preis zur Pflege der Reinheit der deutschen Sprache" des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft erhalten.

⁴⁾s.a. Redeker in [5], S.95 und Muckenfuß in [3]

fachwissenschaftliche Kompetenz, unterrichtliche Routine oder auch einfach der Zwang, die Sachen zügig zu klären, dazu verführen, Phänomene allzu schnell mit einer physikalischen Deutung zu "erledigen".

Beispiel 1: Wir (eine Studentengruppe und ich) hatten in einem 6. Schuljahr das Thema "Schatten" unterrichtet - anschaulich, mit vielen Experimenten und aktiven Schülerinnen und Schülern. Sozusagen als Schlusspunkt und zur Demonstration unseres Unterrichtserfolgs, legte ich eine Karikatur von Erik Liebermann auf den Arbeitsprojektor (Abb. 1).

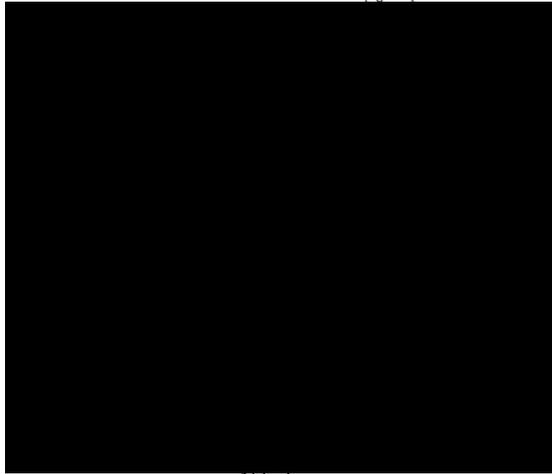


Abb. 1

Ziemlich verblüfft mussten wir zur Kenntnis nehmen, wie in der Klasse eine sehr ernsthafte Diskussion entstand, ob man den Schatten nun überpinseln könne oder nicht. Unstrittig unter den Schülerinnen und Schülern war lediglich, dass der rot eingefärbte Schatten des Eimers nicht der Realität entsprechen konnte; (was dann später dazu führte, dass wir im Unterricht auch farbige Schatten produzierten).

Also prüften wir in der folgenden Stunde mit einer Pressspanplatte und weißer Farbe die im Raum stehenden Vermutungen. Das angeschmutzte Weißgrau der Platte und mit ihm der Schatten wurden tatsächlich heller, worauf hin eine Schülerin mutmaßte: "Die Farbe deckt nicht richtig!"

Die Wurzel der Denkschwierigkeiten liegt bei diesem Beispiel im *Widerspruch* zwischen der Wahrnehmung und der physikalischen Erklärung. Schatten werden in unserer Wahrnehmung und der darauf bezogenen Alltagssprache nicht als "Fehlen von Licht" interpretiert. Vielmehr erscheinen sie uns als etwas Positives, das "erzeugt", "geworfen" "länger" oder "kürzer" wird, als etwas *Vorhandenes*, das sich von der Umgebung abhebt. Das "Fehlen von Licht" ergibt sich nicht einfach aus der Wahrnehmung. Vielmehr setzt diese physikalische Erklärung die Idee der geradlinigen Lichtausbreitung voraus.

Künstler und Literaten nützen den Widerspruch, um unser Denken zu affizieren, z. B. in Comics, in denen Schatten mit-ternächtlich ihr Unwesen treiben, oder - um ein Beispiel aus der Weltliteratur anzuführen - in Adalbert v. Chamisso's Märchen "Peter Schlemihls wundersame Geschichte", in der die Hauptfigur ihren Schatten an den "grauen Herrn" verkauft.

Dem Unterschied zwischen Wahrnehmung und physikalischer Erklärung werden Begriffe wie "Fehlkonzept" oder "Präkonzept" nicht gerecht. Denn die Wahrnehmungskonzepte lassen

sich durch die physikalischen nicht einfach beseitigen - es wäre meistens auch nicht sinnvoll. Bei farbigen Halbschatten, um bei unserem Beispiel zu bleiben, lässt sich dies leicht zeigen:

Erzeugt man in einem mäßig beleuchteten Raum mit einer blauen und einer grünen Lampe farbige Halbschatten, so würde man - von der Physik ausgehend - neben einem grauen Kernschatten eine grüne bzw. blaue Farbe der Halbschatten erwarten. Führt man das Experiment durch, so nimmt man völlig andere Farben wahr. Die Halbschatten sind gelb bzw. purpurfarbig, der Kernschatten ist orangerot. Die intelligente Wahrnehmungsfunktion, die diesen Effekt hervorbringt, ist für die Erkennung der Umgebungsfarben unverzichtbar⁵⁾.

2. Beispiel: Eines der ersten Phänomene, dem wir jeden Morgen begegnen, ist das eigene Spiegelbild. Dessen Eigenschaften sind uns trotzdem kaum bewusst.

Das zeigt sich, wenn Sie das folgende kleine Experiment machen. (Sein Ergebnis entspricht demjenigen, das in Abb. 2 dargestellt ist): Zeichnen Sie, vor dem Spiegel stehend, die Umrisse ihres gespiegelten Kopfes auf die Spiegelfläche. Die Zeichnung wird überraschend klein ausfallen. Der Umriss ist nur halb so hoch wie der reale Kopf. Trotzdem passt der gespiegelte Kopf immer in den gezeichneten Umriss, auch wenn Sie den Abstand zum Spiegel beliebig variieren. Sie können auch einen 10 cm langen Papierstreifen auf ihre Stirn kleben und einen 5 cm langen Spiegel. Wenn Sie den 10-cm-Streifen auf der Stirn Ihres Spiegelbildes über den 5-cm-Streifen auf dem Spiegel anpeilen, werden Sie feststellen, dass 5 cm in der Spiegelebene exakt gleich lang aussehen wie 10 cm im Spiegelbild. Auch dies gilt unabhängig vom Abstand, den Sie zur Spiegelfläche einnehmen.

Die Erklärung des Phänomens ist relativ einfach: *Je weiter etwas weg ist, desto kleiner sieht es aus.* Denn der Sehwinkel bzw. die Größe des Netzhautbildes nehmen proportional mit der Entfernung ab. Bemerkenswert dabei ist, dass die Verkleinerung des Netzhautbildes gewöhnlich nicht ins Bewusstsein dringt. Stattdessen nehmen wir die Gegenstände (hier das Spiegelbild) in einer größeren Entfernung wahr.



Abb. 2: Eine Hälfte des Schachbretts befindet sich in der Spiegelebene, die verkleinert erscheinende neben dem Objektiv

⁵⁾Das Gehirn verschiebt durch eine Art "Weißabgleich" das wahrgenommene Spektrum. Um den Cyanton des Schirms zu kompensieren, wird die Komplementärfarbe Rot addiert.

Die unbewusste Verrechnung von Größenwahrnehmung und Entfernungseindruck ist eine Leistung des Gehirns. In der Wahrnehmungspsychologie wird sie als *emmersches Gesetz* bezeichnet. Es besagt, dass bei erfahrungsmäßig vertrauten Gegenständen deren wahrgenommene Größe unabhängig von der Größe des Netzhautbildes erhalten bleibt (Größenkonstanz). Mit Hilfe dieses Gesetzes ist das Ergebnis des Versuchs (Abb. 2) bzw. die Lage der Spiegelbilder am ebenen Spiegel gemäß der Darstellung in Abb. 3 zu deuten:

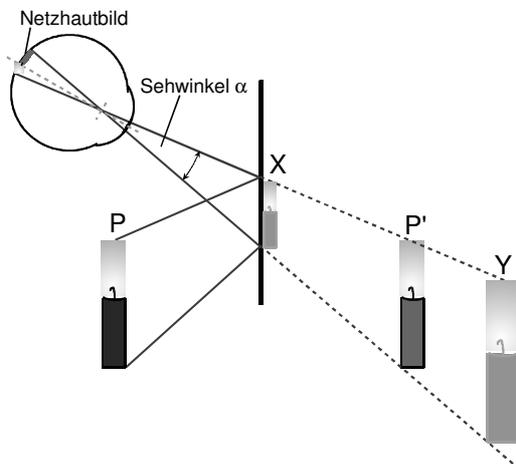


Abb. 3: Bildlage auf der Basis des Divergenzwinkels

Wir sehen also das Spiegelbild in P' und nicht in X oder Y (Abb. 3), weil unser Gehirn die Entfernung so wählt, dass sie - der Größe des Netzhautbildes entsprechend - zur vertrauten Größe des Gegenstandes passt.

Gegen diese Erklärung könnte man nun einwenden, dass z. B. der Entfernungsmesser des Fotoapparates dieselbe Bildlage liefert - und Fotoapparate haben kein Gehirn. Maßgeblich ist hier der Divergenzwinkel, unter dem die von einzelnen Gegenstandspunkten ausgehenden Lichtbündel ins Objektiv fallen (Abb. 4):

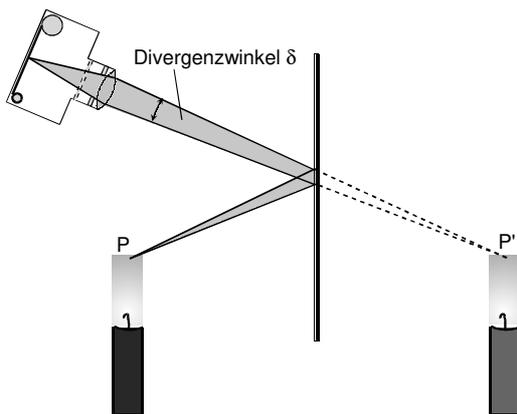


Abb. 4: Bildlage auf der Basis des Divergenzwinkels

Diese Erklärung ist in Schulbüchern auch für das Auge üblich. Allerdings ist der Divergenzwinkel wegen der kleinen Pupillenöffnung so gering - bzw. die Schärfentiefe des Netzhautbildes so groß - dass das Gehirn bei Lichtwegen, die größer als ca. 1,5 m sind, auf zuverlässigere Parameter zurückgreift, in diesem Fall auf den Sehwinkel bzw. auf die Größe des Netzhautbildes.

Am ebenen Spiegel liefern Sehwinkel und Divergenzwinkel die gleiche Bildlage. Beim erhabenen Spiegel und bei den meisten anderen virtuellen Bildern ist das nicht so. Beispielsweise haben wir bei erhabenen Spiegeln, den Eindruck, dass die Dinge in die Ferne gerückt werden. Autofahrer kennen das: Bei einem erhabenen Rückspiegel muss man sich sehr in Acht nehmen, dass man die Entfernung des rückwärtigen Verkehrs nicht überschätzt.

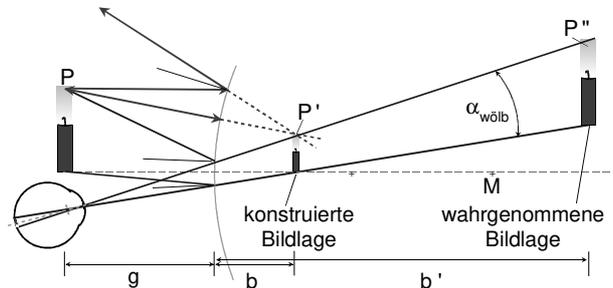


Abb. 5: Konstruierte und wahrgenommene Bildlage am erhabenen Spiegel

Abb. 5 zeigt das mit Strahlengängen konstruierte verkleinerte Bild am Wölbspiegel (P'). Diese Bildentfernung würde auch ein Fotoapparat anzeigen. Aufgrund der Größenkonstanz nehmen wir aber das Bild dem verkleinerten Sehwinkel entsprechend in *größerer* Entfernung wahr (P''). Bei den meisten virtuellen Bildern (z. B. Lupenbild, Toilettenspiegel, Bilder an ebenen Grenzflächen) ändern sich der Sehwinkel und der Divergenzwinkel nicht proportional. Die Physik kann dann die Wahrnehmungsphänomene bezüglich der zugeschriebenen physikalischen Eigenschaften nicht vollständig erklären. Man kann dann auch darüber streiten, welchen Status das mit den Gesetzen der Physik bzw. mit Strahlengängen konstruierte Bild hat. Um das virtuelle Bild im Sinne eines geistigen Artefaktes handelt es sich jedenfalls nicht.

Virtuelle Bilder sind keine schlichten Produkte der Lichtreflexion oder -brechung⁶⁾. Man sieht am Spiegel keine Lichtstrahlen, Reflexions- oder Brechungsvorgänge (abgesehen von den speziell dafür erfundenen physikalischen Apparaturen). Das Reflexionsgesetz leistet aber einen wesentlichen Beitrag zur Erklärung.

3. *Beispiel:* Die begrenzte Reichweite der Physik bei der Klärung der Phänomene ist kein Spezifikum der optischen Wahrnehmung. Deshalb füge ich noch ein anderes Beispiel an: Aristoteles postulierte mit klugen Argumenten, dass es in der Natur kein Vakuum geben könne. Seine Erklärung ist in der Geschichte der Naturwissenschaft mit dem Begriff des "horror vacui" - dem Grauen der Natur vor der Leere - verknüpft. Galilei hat die Versuchsanordnung gemäß Abb. 6 vorgeschlagen, um den *horror vacui* zu messen.

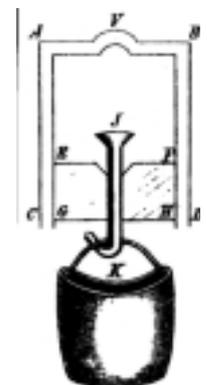


Abb. 6

Heute würden wir sagen, dass Galilei eine Anordnung zur Luftdruckmessung gefunden hat. (Sie lässt sich leicht realisieren, indem man an den Stempel eines Kolbenprobers einen

⁶⁾Weitere Erläuterungen hierzu in [4].

Wassereimer hängt.) Aber der Luftdruck gehört nicht zu den Phänomenen, die der Wahrnehmung unmittelbar zugänglich sind. Deshalb hat Galilei die Messbarkeit der Grenzen des horror vacui noch nicht mit der Existenz des Luftdrucks in Zusammenhang gebracht. Das tat dann sein Schüler Torricelli einige Jahre später (1643) - allerdings nur in hypothetischer Form. Die Diskussion, ob in Torricellis berühmter Röhre oberhalb des Quecksilbers ein Vakuum vorhanden ist, oder ob sich dort eine Substanz - z. B. die im aristotelischen Sinne "reine Luft" - befindet, überdauerte noch die folgenden Jahrzehnte.

Pascal dachte sich viele raffinierte Versuche aus, die der Idee vom Schweredruck der Luft zum Durchbruch verhelfen. Trotzdem hielt auch er die Existenz des horror vacui noch für möglich. Mit dem experimentellen Nachweis, dass der Luftdruck mit der Höhe abnimmt (1648), schaffte Pascal aber einer Vorstellung Raum, die mit dem damaligen Weltbild nicht in Einklang zu bringen war - nämlich, dass die Erde von einer nach oben begrenzten Lufthülle umgeben und der anschließende Raum luftleer sein könnte.⁷⁾

Die Wissenschaftsgeschichte zeigt, dass der Schweredruck der Luft und das Vakuum nicht zu den unvermittelt wahrnehmbaren Phänomenen zu rechnen sind. Vielmehr handelt es sich um Ideen, die sich nur allmählich *gegen* die phänomenologische Physik des Aristoteles durchsetzen konnten. Phänomenologisch gesehen ist es ziemlich abwegig, die Ursache der Kräfte, die an einem luftverdünnten Raum zu beobachten sind, im unverändert gebliebenen äußeren Raum zu suchen.

Die Beispiele illustrieren, dass die Ideen der Physik - und mit ihnen deren Begriffe und Gesetze - keine auf einfachem Wege zu gewinnenden Folgerungen aus den Phänomenen sind. Die Ideen der Physik werden uns nicht von einzelnen Naturerscheinungen her nahegelegt oder gar aufgedrängt. Vielmehr handelt es sich um kreative Denkmodelle, deren Konstruktion nicht selten zunächst das *Absehen* von den phänomenologischen Gegebenheiten voraussetzt. So ist der Satz zu verstehen, den C. F. v. Weizsäcker einmal geschrieben hat: "*Galilei tat seinen großen Schritt, indem er wagte, die Welt so zu beschreiben, wie wir sie nicht erfahren*" ([7], S. 107).

Dies gilt, soweit ich sehe, für alle grundlegenden Konzepte der Physik, vom Trägheitsgesetz bis zur Relativitätstheorie, vom Lichtstrahl bis zum Neutrino.

Die didaktische Bedeutung der Diskrepanz zwischen Phänomen und Theorie

Als Schlussfolgerung will ich auf die Fruchtbarkeit und die didaktische Bedeutung der Diskrepanz eingehen, die zwischen der physikalischen Ideenwelt und der Welt der "naturegegebenen" Phänomene liegt (Abb. 7).

Wenn die Physik als Wissenschaft missverstanden wird, die sagt, "wie die Dinge wirklich liegen", dann wird diese Diskrepanz als ein Mangel an praktischer Relevanz der Wissenschaft interpretiert, als "Unterschied zwischen Theorie und Praxis",

⁷⁾Einen informativen Überblick zur Entwicklung der Vorstellungen zum Luftdruck findet man in [6], S. 232-239

der abwertend die Zuständigkeit der Wissenschaft für die real erlebte Welt in Zweifel zieht.

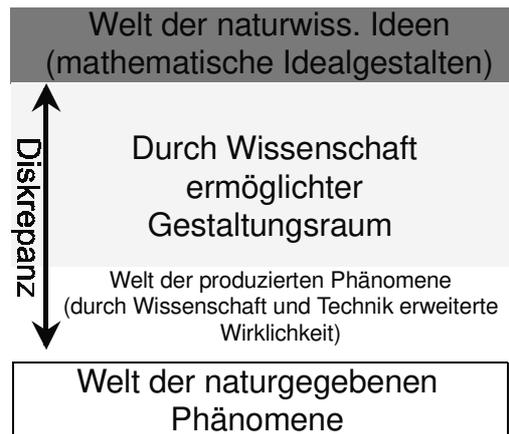


Abb. 7

Sieht man das Verhältnis jedoch so, dass die Ideenwelt der Naturwissenschaften zeigt, wie die phänomenologisch unendlich stark diversifizierte Welt zusammenhängen *könnte*, dann wird klar, dass die Differenz zwischen Idee und Wirklichkeit das Potenzial hervorbringt, mit dem die Naturwissenschaften in den vergangenen Jahrhunderten die Welt verändert haben und weiter verändern werden.

Die Ideen der Naturwissenschaften zeichnen den Weg vor, auf dem durch die Produktion neuer Phänomene die Wirklichkeit erweitert wird. Dazu gehören nicht nur Satelliten, Teilchenbeschleuniger oder Computertomografen, sondern auch unsere Lehrgeräte und Experimente, die wir im Unterricht einsetzen. Sie werden missverstanden, wenn man in ihnen nur Apparate sieht, die einer "verfeinerten", "genaueren", "störungsfreieren" Darstellung einer ohnehin gegebenen Wirklichkeit dienen. Denn sie verdanken ihre Existenz kreativen Vorstellungen davon, wie etwas sein könnte. Erst die Ideen liefern die Gestaltungskriterien und den Sinn der Experimente - nämlich zu prüfen, ob die Wirklichkeit sich gemäß den Ideen interpretieren oder verändern lässt. Wenn wir Strahlengänge auf der optischen Scheibe darstellen, oder Wägelchen auf der Luftkissenfahrbahn fahren lassen, dann geht es also *nicht* um ein verbessertes Abbilden der Wirklichkeit, sondern um ihre neue Interpretation und um eine Veränderung in Richtung der physikalischen Ideen.

Von den Experimenten in diesem Sinne sollten wir die Versuche zur Präsentation der Phänomene unterscheiden. Die Eigenschaften von Spiegelbildern zu untersuchen (ohne "Strahlengänge"), "zaubern" mit elektrisch geladenen Alltagsgegenständen, die scheinbare Gewichtsverminderung eines Steines im Wasserbecken erfühlen u. v. A., das dient der Präsentation von Phänomenen und ist aus vielerlei Gründen unentbehrlich im naturwissenschaftlichen Unterricht. Erst in einer erlebnishaften Atmosphäre entsteht die Neugier und Fragehaltung, aus denen naturwissenschaftliches Denken - das heißt nicht zuletzt: die Suche nach Zusammenhängen - erwachsen kann. Wir sind also pädagogisch auf die Phänomene angewiesen, die Wagenschein einfordert. Aber wir dürfen nicht erwarten, dass sich die physikalischen Ideen aus diesen Phänomenen herauschälen lassen wie die Frucht aus der Schale, oder dass die Physik sonst in irgendeiner Weise kontinuierlich aus diesen Phänomenen hervorgeht. Wo sie dies zu tun scheint, sind in

der Regel unreflektierte Bedingungen mit im Spiel, die eine nicht gegebene Evidenz vorgaukeln (s. das Beispiel zur Sprache Wagenscheins am Beginn). Zumindest gilt dies für die grundlegenden Konzepte, Begriffe und Gesetze.

Lernpsychologisch und lehrstrategisch beinhaltet die Diskrepanz zwischen der Ideenwelt und den Phänomenen auch eine Entlastung und Ermutigung für unsere Schülerinnen und Schüler. Sie brauchen nicht davon auszugehen, dass sie zu unbegabt sind, um in den Phänomenen die wissenschaftlichen Erklärungen zu entdecken. Denn hierbei befinden sie sich vor dem Hintergrund der Wissenschaftsgeschichte zumeist in bester und sogar berühmter Gesellschaft. Zeigt man ihnen immer wieder an Beispielen auf, wie kreativ die Wissenschaftler mit Ideen spielen - zunächst oft unbeschadet der fehlenden Übereinstimmung mit der Wahrnehmung und Erfahrung - und wie sich diese Ideen oft erst im Laufe vieler Jahre bewähren, dann ist dies nach meiner subjektiven Erfahrung für viele ein Ansporn, auch die eigenen "Gedanken spielen zu lassen".

Auch wenn die Phänomene kein Patentrezept für die Lösung der didaktischen Probleme beim Lernen von Physik sind, so bleibt der elementare Physikunterricht auf den Bezug zur phänomenologisch gegebenen Wirklichkeit angewiesen. Für unsere Schülerinnen und Schüler wird der Unterricht erst sinnvoll, wenn er beim Klären und Ordnen der verwirrend vielfältigen Erscheinungswelt hilft. Je komplexer unsere Welt wird, desto mehr sind wir auf übergeordnete und damit abstrakte Strukturierungsmöglichkeiten angewiesen. Die Naturwissenschaften gehören zu den mächtigsten geistigen Instrumenten, die uns hierfür zur Verfügung stehen. Das ist so, weil die Naturwissenschaften *absehen* von den Einzelercheinungen, den Phänomenen. Sie stellen ein abstraktes Aussage- und Begriffssystem zur Verfügung, das auf unendlich viele konkrete Situationen anwendbar ist.

Unsere didaktische Aufgabe ist es dann, die Schülerinnen und Schüler zu befähigen, die Phänomene wahrzunehmen, schließlich *von ihnen abzusehen* - zu *abstrahieren* - und das gewonnene abstrakte Werkzeug wieder zur Deutung konkreter Situationen zu nutzen. Es kommt deshalb nicht nur darauf an, die Naturwissenschaften in lebenspraktisch bedeutsamen Zusammenhängen zu lehren, sie müssen auch zusammenhängend gelehrt werden, also eine in sich schlüssige Begriffs- und Vorstellungswelt aufbauen, deren Deutungsmächtigkeit die jeweils betrachteten konkreten Erscheinungen transzendiert.

Physik (und andere Naturwissenschaften) zu lernen und deutend auf die Welt anzuwenden erfordert zu wissen, wie die Ideenwelt der Wissenschaft entsteht, und wie sie sich zur Welt der naturgegebenen Phänomene verhält. Damit bin ich wieder bei Wagenscheins Aufsatz "Rettet die Phänomene!", denn er schreibt dort:

"Das Feld der Schule ist der Weg zwischen den Phänomenen und der physikalischen Denkwelt, hin und auch immer wieder zurück."

Wo er Recht hat, hat er Recht!

Literatur

[1] Wagenschein, Martin: *Rettet die Phänomene! (Der Vorrang des Unmittelbaren)*. In: Scheidewege 1/1976, S. 76-93. Wiederabdruck in: Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht, 1977, S. 129-137

- [2] Wagenschein, Martin (1962): *Die Pädagogische Dimension der Physik*, Braunschweig: Westermann 41976
- [3] Muckenfuß, Heinz: *Grundpositionen Wagenscheins - kritisch hinterfragt*. In: Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht. 49/1996 Heft 8, S. 455-462
- [4] Muckenfuß, Heinz: *Zur Didaktik virtueller Bilder. Phänomene und physikalisches Konstrukt*. In: Praxis der Naturwissenschaften. Physik. 45/1996 Heft 8, S. 9-14
- [5] Redeker, Bruno: *Zur Sache des Lernens - am Beispiel des Physiklernens*. Braunschweig, 1982
- [6] Simonyi, Karoly: *Kulturgeschichte der Physik*. Berlin (Urania) 1990
- [7] C. F. v. Weizsäcker: *Die Tragweite der Wissenschaft*. Erster Band. Schöpfung und Weltentstehung. Die Geschichte zweier Begriffe. Stuttgart: Klett 1964



Martin Wagenschein (1896-1988) bei seinem Vortrag
"Rettet die Phänomene" im Jahr 1975.

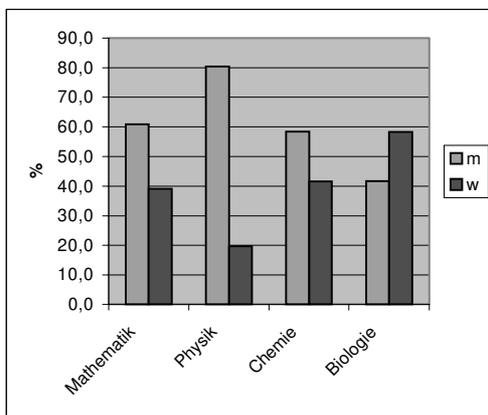
Quelle: Martin Wagenschein, *Erinnerungen für Morgen*, Beltz Verlag

Der Geschlechteraspekt in TIMSS- Ergebnisse, Erklärungsversuche, Konsequenzen

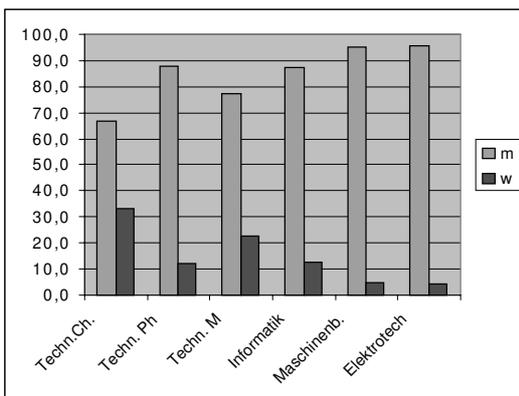
Helga Jungwirth und Helga Stadler

1 Hintergrund und Fragestellungen

Auch wenn sich in den Lebensentwürfen der Geschlechter zunehmend Differenzierungen zeigen und in ihnen Gemeinsamkeiten über die Geschlechtergrenzen hinweg zu beobachten sind, ist das Verhältnis der Mädchen bzw. Frauen zu Mathematik, "harter" Naturwissenschaft und Technik - wie die folgenden Graphiken illustrieren - nach wie vor durch eine größere Distanz gekennzeichnet als das der Buben und Männer. Als Problem gilt insbesondere die daraus resultierende Reserviertheit von Frauen gegenüber einer beruflichen Tätigkeit in diesen Bereichen.



Anteil der männlichen und weiblichen in- und ausländischen ordentlichen Hörer an den österreichischen Universitäten in Prozentanteilen (Österr. Stat. Zentralamt 1997/98)



Anteil der männlichen und weiblichen in- und ausländischen ordentlichen Hörer an den österreichischen technischen Universitäten in Prozentanteilen (Österr. Stat. Zentralamt 1997/98)

Dr. Helga Jungwirth, wissenschaftliche Angestellte des IFF, Wirtstraße 30a, D-81539 München, Tel. 0049-89-69736594, E-mail: hejun@t-online.de
Mag. Helga Stadler, Institut für Theoretische Physik, Universität Wien, Boltzmanngasse 5, A-1090 Wien, Tel. 01-4277-51552, E-mail: helga.stadler@univie.ac.at

Mit der TIMS-Studie liegt in Österreich zum ersten Mal ein umfangreicher Datensatz vor, mit dem möglichen Gründen für diese relative Distanz nachgegangen werden kann:

- Welche Leistungsunterschiede zwischen Mädchen und Burschen lassen sich aus TIMSS ablesen?
- Wie sind diese Unterschiede zu interpretieren, und welche Folgerungen ergeben sich daraus für das österreichische Bildungssystem?

Die Population der 18-jährigen bietet sich für eine weitergehende Analyse deshalb an, weil hier die beobachteten Leistungsunterschiede erheblich größer als bei den 14-jährigen waren.

2 Ergebnisse

In allen Ländern schnitten die Mädchen am Ende der Sekundarstufe II sowohl beim Allgemeinwissen in Mathematik und Naturwissenschaften als auch beim mathematischen und physikalischen Fachwissen schlechter ab als die Burschen. In Österreich war die Differenz zwischen den Leistungen der beiden Geschlechter stets größer als im internationalen Durchschnitt. Ganz besonders ausgeprägt war sie beim naturwissenschaftlichen Allgemeinwissen und beim mathematischen Fachwissen. Wir beschränken uns hier weitgehend auf den Vergleich der Prozentsätze an richtigen Aufgabenlösungen (vgl. Haider 1996; ergänzt durch eigene Berechnungen).

2.1 Allgemeinwissen

Übersicht über die "Prozent-korrekt"-Werte von Mädchen (w) und Burschen (m) aufgeschlüsselt nach Schultypen

Allgemeinwissen	Mathematik		Naturwissenschaften	
	w	m	w	m
AHS	64	74	62	69
BHS	66	75	64	74
BMS	53	69	54	68
BS	46	53	45	54

2.1.1 Mathematik

Über alle Schulsparten und Aufgaben gemittelt beträgt der Prozentsatz richtiger Antworten bei den Mädchen 54%, bei den Burschen 59%; d. h. die Mädchen erreichten rund 90% des Burschenergebnisses.

Eine genauere Betrachtung zeigt, dass der Unterschied von der Schulsparte abhängt. In den berufsbildenden mittleren Schulen kommen die Mädchen auf nur knapp 80% des Burschener-

gebnisses, und in den Berufsbildenden Höheren Schulen, allerdings nur im Leistungsbereich Kenntnisse, ebenfalls. Bei beiden Geschlechtern fallen die Anteile der richtigen Lösungen von den Schulen mit Maturaabschluss zu denen mit Lehrabschluss; bei den Mädchen ist die Differenz zwischen den zur Matura führenden Schulsparten (AHS, BHS) und den anderen (BMS, BS) am größten, während bei den Burschen nur die Berufsschule besonders abfällt.

Entsprechend zeigt sich bei der Analyse der Gruppen der besten und schwächsten SchülerInnen die Kombination aus Schulart und Geschlecht: Unter den 25% Besten aller Schulsparten befinden sich 57% der AHS-Maturanten, 56% der BHS-Maturanten und 37% aller BMS-Schüler, aber nur 24% der AHS-Maturantinnen, 36% der BHS-Maturantinnen und 8% der BMS-Schülerinnen. Umgekehrt sind unter den 25% SchülerInnen mit den schwächsten Leistungen 51% der Berufsschülerinnen, 30% der BMS-Schülerinnen und immerhin noch 12% bzw. 8% der BHS- bzw. AHS-Maturantinnen.

Bei den Aufgaben läßt sich kein Muster ausmachen: Überdurchschnittlich große Leistungsdifferenzen gibt es in allen Stoffgebieten und Leistungsbereichen.

2.1.2 Naturwissenschaften

Die Prozent-Korrekt-Werte der Mädchen liegen in allen Schulsparten deutlich unter denen der Burschen. Über alle Schulsparten und Aufgaben gemittelt beträgt die Differenz zwischen den Geschlechtern 9 %, am geringsten ist sie mit 7% in der AHS, am deutlichsten mit 14% in der BMS.

Höhere Leistungen der Buben finden sich in allen Schulsparten, wobei, wie die Tabelle zeigt, der Unterschied zwischen den Geschlechtern in der BMS am größten ist. Die Mädchen erreichen dort weniger als 80% des Burschenergebnisses; am geringsten ist der Unterschied in der AHS, wo die Mädchen praktisch 90% der Burschenergebnisse erzielen.

Unter den 25% Besten aller Schulsparten befinden sich 47% der AHS-Maturanten, 65% der BHS-Maturanten und 45% aller BMS-Schüler, aber nur 30% der AHS- bzw. BHS-Maturantinnen. Umgekehrt sind unter den 25% SchülerInnen mit den schwächsten Leistungen 51 % der Berufsschülerinnen, aber auch 8 % der AHS- wie BHS-Maturantinnen. In der BMS lösen ein Drittel der Burschen, aber nur 2% der Mädchen etwa $\frac{3}{4}$ der Aufgaben richtig. Die BerufsschülerInnen sind jene Gruppe, die mit Abstand am schlechtesten abgeschnitten hat, aber auch hier ist der Unterschied zwischen Burschen und Mädchen deutlich. 50% der Berufsschüler, aber 70% der Berufsschülerinnen haben weniger als die Hälfte der Aufgaben richtig gelöst.

Deutlich wird die Asymmetrie zwischen den Geschlechtern auch in den Stoffgebieten: Während Mädchen und Burschen in der Biologie etwa gleiche Leistungen erbringen, schneiden sie in allen anderen Gebieten, d.h. Erdwissenschaften, Physik und Umweltwissenschaften, deutlich schlechter ab. In der Physik wurde keine einzige Aufgabe von den Mädchen besser gelöst als von den Burschen.

<i>"Prozent-korrekt"-Werte von Mädchen (w) und Burschen (m) aufgeschlüsselt nach naturwissenschaftlichen Fächern</i>		
	w	m
Biologie	67	67
Physik	46	60
Erdwissenschaften	45	59

2.2 Fachwissen

<i>Übersicht über die "Prozent-korrekt"-Werte von Mädchen (w) und Burschen (m) aufgeschlüsselt nach Schultypen</i>				
Fachwissen	Mathematik		Naturwissenschaften	
	w	m	w	m
Gesamt	33	45	27	40
AHS	38	46	29	35
BHS	28	47	24	43

2.2.1 Mathematik

Alles in allem beträgt der Anteil an richtigen Lösungen bei den Mädchen 33%, bei den Buben 45%. Doch tragen die Berufsbildenden Höheren Schulen weit deutlicher zu diesem Gesamtunterschied bei als die Allgemeinbildenden.

Dementsprechend sind unter den 25% Besten 37% der AHS- und 46% der BHS-Maturanten, aber nur 17% der Maturantinnen aus der AHS und überhaupt nur 4% derer aus der BHS. Auf der anderen Seite fallen in die Gruppe der 25% der schwächsten SchülerInnen 7% der AHS-Maturanten und 16% derer aus der BHS, jedoch 18% der AHS-Maturantinnen und sogar 51% der BHS-Maturantinnen.

Auch in allen Stoffgebieten und Leistungsbereichen sind die Differenzen in der BHS größer als in der AHS. Von den Stoffgebieten ist es in beiden Schulsparten die Infinitesimalrechnung, die von den Mädchen relativ am schlechtesten bewältigt wird (27% richtige Lösungen im Vergleich zu 42% bei den Buben; in Geometrie etwa lauten die Werte 36% und 48%), wobei die Differenz besonders groß ist bei eher etwas umfangreicheren, aber durchaus üblichen Aufgaben. Überhaupt gilt auch für das mathematische Fachwissen, dass die Aufgaben, bei denen die Mädchen besonders weit zurückliegen, sehr unterschiedlich sind.

2.2.2 Physik

Mädchen lösten 27% der Aufgaben richtig, die Burschen 40%. Von insgesamt 65 Aufgaben wurden nur sieben von den Mädchen besser gelöst als von den Burschen, bei etwa einem Viertel der Aufgaben ist die Differenz zwischen den Leistungen der Geschlechter größer als 30%. Wie in Mathematik tragen auch in Physik die BHS stärker zu den Leistungsunterschieden bei: In der AHS liegen die Mädchen in ihrem Leistungsniveau etwa 17% unter jenem ihrer Mitschüler, in der BHS aber etwa 44% darunter.

Unter den 25% Besten sind 53% der BHS-Maturanten und 32% der AHS-Maturanten, aber nur 11% der AHS-Maturantinnen und 4% der BHS-Maturantinnen. In jenem Viertel, das

am schlechtesten abgeschnitten hat, waren nur 13% AHS- und 12% BHS- Schüler, aber 31% AHS- und 50% BHS- Schülerinnen.

Bei der Aufgliederung nach Stoffgebieten zeigt sich, dass die Mädchen in allen Stoffgebieten schwächere Leistungen erbrachten. Am deutlichsten sind die Unterschiede in der Wärmelehre, gefolgt von Mechanik und Elektrizitätslehre. Geringer sind sie in der Wellenlehre und in der Modernen Physik, wo die Leistungen der Mädchen in Gymnasien etwa gleich sind.

Prozent-Korrekt	Mechanik		E -Lehre		Wärme		Wellen		Mod. Ph	
	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m
AHS	21	26	23	25	31	42	36	44	33	36
BHS	20	34	18	35	27	47	27	46	26	42

3 Erklärungsansätze

Die Ergebnisse lassen nur wenige Rückschlüsse auf mögliche Gründe für das schlechtere Abschneiden der Mädchen zu. Klar sichtbar wird aus ihnen nur, dass das Ausmaß bzw. die inhaltliche Ausrichtung des Unterrichts eine Rolle spielt.

Mädchen besuchen eher Schulformen, in denen Mathematik und Naturwissenschaften, insbesondere Physik, keinen herausragenden Stellenwert haben. Dies gilt für die Berufsbildenden Mittleren Schulen, die Berufsschulen (wo der Unterricht insgesamt weniger auf Allgemeinbildung hin orientiert ist), für die BHS und in abgeschwächtem Maß auch für die AHS. Bei Mädchen und Burschen, die nach einem ähnlichen Lehrplan unterrichtet werden, sind die Leistungsdifferenzen tendenziell geringer: So liegen etwa die Physikleistungen der Mädchen im Gymnasium und an der HAK im Mittel nur etwas mehr als ein Zehntel unter jenen der Burschen. In den Leistungsunterschieden kommt also die Orientierung der Mädchen auf schulische und berufliche Felder abseits des mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bereichs zum Ausdruck. Für das Allgemeinwissen, das im wesentlichen schon in der Pflichtschule unterrichtet wird, läßt sich sagen: Was später nicht wiederholt, geübt oder in anderen Zusammenhängen weiter verwendet wird, wird eben leichter vergessen. Was das Fachwissen angeht, so erfolgt in den von den Mädchen bevorzugten Formen der BHS (HAK, HLA für wirtschaftliche Berufe) eine Auseinandersetzung mit verschiedenen Inhalten wegen des eingeschränkten Umfangs des Mathematik- bzw. Physikunterrichts nicht in dem Maß wie in den bubendominierten (HTL).

In Physik sind Mädchen außerdem vom schulischen Unterricht noch stärker abhängig als Burschen, die häufig auch von anderswo über ein gewisses Grundwissen verfügen: Viele Burschen beschäftigen sich auch im privaten Umfeld mit dem in der Schule gelernten - etwa in Gesprächen mit Freunden, beim Lesen von Zeitschriften, über einschlägige Hobbies etc. Das private Umfeld bietet für Mädchen kaum Möglichkeiten zur Vernetzung und Vertiefung physikalischen Wissens bzw. werden diese nicht wahrgenommen, da eine berufliche Tätigkeit in diesem Bereich schon früh ausgeklammert wird.

Auch die Gestaltung des Tests kann für das schlechtere Abschneiden der Mädchen mitverantwortlich sein. Im allgemeinen haben Mädchen auf physikalischem und mathematischem Gebiet ein geringeres Vertrauen in ihre Problemlösekompe-

tenz. Eine Person, die sich weniger zutraut, wird vermutlich zögerlicher ans Werk gehen, und bei ergebnisorientierten Aufgaben und hohem Zeitdruck wirkt sich das dann auch deutlich aus. Dazu kommt noch, dass in der Physik jedenfalls einige Aufgabenstellungen unklar und sprachlich ungenau sind (Kühnelt 1999), was Studien zufolge Mädchen stärker behindert als Buben, (Hagemeister 1999).

- Die Leistungsdifferenzen können auch mit geschlechtsspezifischen Unterschieden im Problemlösestil (Schwank 1992) in Zusammenhang gebracht werden. Es gibt Anzeichen dafür, dass Mädchen eher erst mit einer kompletten Lösung im Kopf handeln, während für Buben schon eine grobe Idee genügt, weil sie die Gesamtlösung schrittweise entwickeln. Wer aber mehr Zeit fürs "Überlegen" braucht, hat bei einem solchen Test das Nachsehen: Ist die Lösung fertig, ist sie vielleicht umfassender als es für das Setzen eines richtigen Kreuzchens bei einem Multiple-Choice-Item erforderlich wäre, aber genau das konnte nicht rechtzeitig erfolgen.
- Die höhere Bedeutung von Kontexten könnte eine weitere Ursache für Schwierigkeiten von Mädchen beim Physiktest sein. So wurden von den Mädchen etwa Beispiele aus der Kernphysik oder der Quantenmechanik vergleichsweise gut gelöst, Beispiele aus der Mechanik, deren Sinn NichtphysikerInnen häufig verborgen bleibt, dagegen sehr schlecht. Dies deckt sich auch mit Ergebnissen der Interessensforschung, wonach das Herstellen von Sinnzusammenhängen für Mädchen wichtiger als für Buben ist. (Hoffmann u.a. 1998). Anders allerdings in Mathematik: Bei Aufgaben, zu deren Thematik Mädchen im Allgemeinen wenig Bezug haben, ist die Leistungsdifferenz gegenüber den Buben keineswegs besonders ausgeprägt, und bei Aufgaben aus ihnen eher nahen Bereichen, wie etwa aus der Biologie, schneiden sie auch nicht besser ab. Offenbar tritt hier das aus dem Mathematikunterricht bekannte Phänomen des "Absehens vom Kontext" auf: SchülerInnen (beiderlei Geschlechts) ignorieren, was nicht wesentliche Voraussetzung für die Bearbeitung der Aufgabe ist, und nehmen nur die zur mathematischen Lösung nötigen Angaben wahr.
- Als weitere Erklärungsmöglichkeit ist auch die Qualität des Unterrichts selbst zu nennen. Auf Lernbedürfnisse, die eher bei Mädchen als bei Burschen anzutreffen sind, ist der Unterricht im allgemeinen weniger zugeschnitten.

(Eine Gesamtdarstellung der Analyseergebnisse und einen Maßnahmenkatalog zum Bereich Physik und Naturwissenschaften finden Sie auf der Website LISE s.u.)

4 Was tun? - Konsequenzen

Ziel aller Interventionen ist jedenfalls die Entkopplung von Geschlecht und dem Verhältnis zu Mathematik, Naturwissenschaften, Technik und Computer. Alle SchülerInnen sollen es so entwickeln können, wie es für sie persönlich richtig ist, egal ob dies dann den Traditionen im Geschlechterverhalten entspricht oder nicht. Maßgebend sind nur die Kriterien der Fachdidaktiken für ein hoch entwickeltes Verhältnis zu diesen Bereichen. Mit dieser Grundidee eines teilweisen Aufhebens von Geschlechtlichkeit weist das Vorhaben einen Bezug zu Ansät-

zen in der modernen Geschlechterforschung auf, die der Leitvorstellung des "undoing gender" folgen.

Sicherung (höherer) Allgemeinbildung: Allgemeinbildung in der Hauptschule bzw. der gymnasialen Unterstufe zu sichern, ist ebenso bildungspolitischer Auftrag wie in allen (auch in den mathematik- und naturwissenschaftsfernen) Sparten der BMS und BHS jenes "höhere" Allgemeinwissen zu vermitteln, das MaturantInnen bzw. AkademikerInnen auszeichnet (Fischer 1999).

Gestaltung der schulischen Lernumgebung: Die Organisation des Lehrens und Lernens soll auf bei Mädchen und Burschen beobachtbare Besonderheiten im Umgang mit Wissen eingehen, aber auch die Aneignung heute als "gegengesellschaftlich" geltender ermöglichen.

Denkbare Maßnahmen sind:

- zeitweilige Aufhebung der Koedukation;
- Gruppenarbeiten zur umfassenden Auseinandersetzung mit den gestellten Aufgaben (Stadler/Duit 1998);
- Freiarbeitsphasen;
- Modifikationen des (zumindest im Mathematikunterricht) heute dominierenden fragend-entwickelnden Unterrichtsgesprächs in Richtung mehr Klarheit bei der Aufgabenstellung, mehr Zeit für "privates" Überlegen von eigenständigen Lösungswegen und mehr Zeit für deren anschließende Darstellung (Jungwirth 1995, Stadler 2000). Entsprechendes gilt für das Arbeiten am Computer im Unterricht (Jungwirth 1994).

Die Reflexion von Besonderheiten beim Lernen kann bei passenden Gelegenheiten integriert im normalen Unterricht erfolgen, oder auch in eigens konzipierten Einheiten.

Aufbereitung der fachlichen Inhalte im Unterricht: In einem Unterricht, der beiden Geschlechtern gerecht werden will, stammen Anwendungen auch aus Wissens- bzw. Alltagsbereichen, die heute Mädchen näher stehen. Den SchülerInnen wird zudem auch ein umfassender, nachhaltiger Zugang zu den Inhalten ermöglicht - durch sinnliches Erleben, durch Verknüpfung mit subjektiven Erfahrungen und Gefühlen, durch Auseinandersetzung mit sogenannten "Umfeldaspekten", etwa durch Beschäftigung mit der Lebensgeschichte von Personen, die mit dem fachlichen Wissen in Beziehung stehen. In der Physik haben sich konstruktivistische Unterrichtsansätze bewährt (Labudde 2000, Stadler 1998).

Unterrichtsmaterialien: Es liegt bereits eine Reihe von konkret ausgearbeiteten Vorschlägen zur Gestaltung eines geschlechtssensiblen Unterrichts vor. Neben weiterer konzeptioneller Arbeit ist das Hauptaugenmerk daher auf die Verbreitung solcher Vorschläge zu richten, etwa über das Internet.

Alternative Prüfungs- und Testmethoden: Im Bereich Physik schneiden Mädchen bei Testaufgaben, die auf Zusammenhänge, Hintergründe, Anwendungen usw. eingehen, gleich gut ab wie Burschen (Labudde/Stebler 1999). Die Entwicklung und Erprobung derartiger Testmaterialien und -prozeduren wäre auch für Österreich wünschenswert.

LehrerInnenbildung: Gefordert ist ein verstärktes Einbeziehen der Geschlechterthematik:

- Auseinandersetzung mit dem entsprechenden unterrichtsrelevanten Wissen;

- Reflexion der eigenen Sicht von Weiblichkeit und Männlichkeit seitens der (angehenden) Lehrkräfte,
- Entwicklung einer einschlägigen Kompetenz zur Analyse der Gegebenheiten vor Ort sowie die Erweiterung der Handlungsmöglichkeiten in Richtung adäquates Reagieren auf die Lernbedürfnisse auch von Mädchen

Die Geschlechterthematik sollte nicht nur Thema spezieller Lehrveranstaltungen sein, sondern sollte wie ein roter Faden die LehrerInnenbildung durchziehen. Entsprechendes gilt für die Schulentwicklung.

Wissenschaft: Fachdidaktische Forschungen zur Frage von Geschlecht und dem Verhältnis zu Mathematik, Naturwissenschaften, Technik und Computer sind in Österreich dringend nötig (Jungwirth 1999). Sowohl Analysen der Gegebenheiten als auch evaluative Arbeiten, die die Umsetzung von Maßnahmen begleiten, sind angezeigt.

Berufsvorbereitung von Mädchen und Burschen: Eine verstärkte Berufsinformation kann gerade Mädchen konkrete Vorstellungen von einer Tätigkeit im mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bereich vermitteln. Kontaktprogramme zwischen Schulen und Universitäten oder Firmen, die Schnupperstudien, Informationsveranstaltungen o. ä. umfassen, wären zu initiieren bzw. zu unterstützen.

Berufstätigkeit im mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bereich: Hochqualifizierte Tätigkeit (auch) in diesem Sektor bedeutet oft einen absoluten Vorrang des Beruflichen im Leben. Nicht nur um der Familienorientierung bei Frauen entgegenzukommen, sondern auch, um sie bei Männern zu forcieren, aber auch um ganz generell das Spektrum von Lebensentwürfen zu erweitern, die mit hochqualifizierter mathematisch-naturwissenschaftlich-technischer Tätigkeit vereinbar sind, sind hier Möglichkeiten vorzusehen, die zumindest zeitweise diese Vorrangstellung aufheben, wie etwa Teilzeitarbeit, Telearbeit, Sabbatjahre o. ä.

Veränderung des öffentlichen Bewusstseins: "Eltern-Weiterbildung" - Informationsveranstaltungen, Workshops etc. -, soll dazu beitragen, dass Mädchen und Burschen auch im häuslichen Bereich nicht in das traditionelle Verhältnis zu Mathematik, Naturwissenschaft, Technik und Computer gedrängt werden. Aber auch über die Elternarbeit hinausgehende Diskussionsprozesse wären zu forcieren.

5 Der Schwerpunkt 3 des Projekts IMST² - Innovations in Mathematics and Science Teaching.

Das Projekt IMST² ist eine nationale Initiative zur Weiterentwicklung des österreichischen Mathematik- und Naturwissenschaftsunterrichts der Oberstufe im Auftrag des BMBWK. IMST² baut auf wissenschaftlichen Erkenntnissen aus internationalen Forschungsprojekten und den Vergleichsstudien TIMSS und IMST (1998-'99) auf. Eine Weiterführung des Projekts befindet sich im Planungsstadium. Das Projekt IMST² hat insgesamt vier Schwerpunkte, der dritte Schwerpunkt ist dem Thema "Geschlechtssensibler Unterricht" gewidmet. Generelles Ziel dieses Schwerpunktprogramms S3 ist es, *alle* Schüler/-innen bei der Entfaltung ihrer mathematischen bzw. naturwissenschaftlichen Kompetenzen zu unterstützen. Ausgangspunkt der Arbeit sind Ergebnisse über Unterschiede zwischen den Geschlechtern in der Beziehung zu diesen Fächern.

Wir gehen aber nicht davon aus, dass diese Unterschiede in jeder Schulklasse immer im selben Maß auftreten - es kann auch mehr Gemeinsamkeiten als Unterschiede geben, oder auch Unterschiede im Lernverhalten der Schüler/-innen, die gar nicht mit dem Geschlecht zusammen hängen. Wichtig ist, dass den jeweils gegebenen Lernstilen und Bedürfnissen Rechnung getragen wird. Ein "geschlechtssensibler" Unterricht leistet das: Er achtet auf die Geschlechter, sieht aber ebenso die Unterschiede innerhalb der Mädchen- und der Burschengruppe. Das Ziel ist immer die oben genannte Förderung aller.

Wenngleich die Unterschiede in den Interessen und Leistungen von Mädchen und Burschen auf vielfältigste Faktoren zurück zu führen sind, so spielt doch der Unterricht insofern eine besondere Rolle, als hier seitens der Schule gezielt Veränderungen angestrebt werden können. In diesem Sinne möchte S3 in seiner Arbeit zu einer Weiterentwicklung des Lehrens und Lernens in Richtung Geschlechtssensibilität beitragen. Insgesamt wird damit *geschlechtssensibler Unterricht als Mittel zur Förderung mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen bei Mädchen und Burschen* gesehen, jeweils bezogen auf die konkrete geschlechtsspezifische Situation in der Klasse.

Zur Mitarbeit eingeladen sind sowohl Mathematik- und Naturwissenschaftslehrer/-innen der Oberstufe bzw. Fachgruppen und Schulen, die einfach Interesse an der Thematik haben, als auch jene, die bereits - vielleicht auch unter einem anderen Titel - Maßnahmen in Richtung Geschlechtssensibilität gesetzt haben.

Die Auseinandersetzung mit der Frage eines geschlechtssensiblen Unterrichts wird in Zukunft nicht nur in der Wissenschaft sondern auch in den Fachgruppen an den Schulen eine besondere Bedeutung spielen. Im Rahmen von S3 hat Ihre Schule die Möglichkeit, sich in einem frühen Stadium - in experimenteller Weise, ohne zeitlichen Druck und mit externer Unterstützung - mit geschlechtssensiblen Unterricht zu beschäftigen. Die Auseinandersetzung mit dieser Frage verspricht nicht nur eine Klärung eigener Zielperspektiven für den Unterricht, sondern lässt auch erwarten, dass sich Mitarbeiter/-innen Ihrer Schule in diesem Bereich weiter qualifizieren.

Da zu diesem Thema - insbesondere in Österreich - noch relativ wenig Erkenntnisse vorliegen, werden im ersten Projektjahr Forschungs- und Entwicklungsarbeiten einen Großteil der Aktivitäten von S3 ausmachen. Gerade in der so wichtigen Frage des geschlechtssensiblen Unterrichts ist eine Kooperation zwischen Schulpraxis und Wissenschaft unerlässlich.

Worin besteht das Angebot von S3 im Schuljahr 2000/01?

Im ersten Jahr des Projekts IMST² wird das S3-Team mit der Dokumentation und Forschung zu geschlechtssensiblen Unterricht beginnen - zunächst nur bezogen auf die Fächer Mathematik und Physik - und parallel dazu Entwicklungsarbeiten für eine CD-ROM (nicht allein auf geschlechtssensiblen Unterricht bezogen) leisten, die in weiterer Folge in der Aus- und Fortbildung verwendet werden soll. Die unten genannten Mitarbeitsmöglichkeiten beschränken sich daher vorerst ausschließlich auf die Vorhaben bis zum Sommer 2001.

Wir ersuchen jedoch auch diejenigen, die sich erst zu einem späteren Zeitpunkt am Schwerpunktprogramm S3 beteiligen

möchten, bereits jetzt ihr grundsätzliches Interesse zu bekunden und uns zu schreiben!

Konkret sind Aktivitäten in den folgenden zwei Bereichen geplant:

a) Dokumentation und Forschung

- Wenn Sie Erfahrungen, offene Fragen oder ein spezifisches Interesse für eine aktive Weiterarbeit am Thema "geschlechtssensibler Unterricht" haben oder gar schon vorhandene Projektdokumentationen einbringen können, so wäre dies für unsere Dokumentations- und Forschungsarbeit im ersten Jahr von großer Bedeutung.
- Sie können auch durch eine Öffnung Ihrer Praxis für die Forschung beitragen und würden diesbezüglich pädagogische und fachdidaktische Rückmeldungen vom S2-Team erhalten. Wir denken hier an Befragungen von Lehrer/-innen (und Schulleiter/-innen) über fachbezogene und allgemein-pädagogische Gesichtspunkte ihrer Tätigkeit, an Interviews von Schüler/-innen über ihren Zugang zum Fach und ihre Sicht vom Schulleben sowie an eine Beobachtung und Videoaufnahme von Unterricht.

Was wir Ihnen in beiden Fällen bieten können, ist ein Einblick in das Lehr-Lern-Geschehen, der helfen kann, die eigene Praxis weiter zu entwickeln. Zusätzlich möchten wir die Möglichkeit geben, Interviewleitfäden etc. zur Selbstevaluation im Kolleg/-innenkreis weiter zu nutzen.

b) Entwicklung einer CD-ROM für den Einsatz in der Aus- und Fortbildung

Unsere Arbeit in dem Bereich besteht in der Konzipierung einer Fachdidaktik-CD-ROM mit Videoaufnahmen von Szenen des Mathematik- und Physikunterrichts und sie ergänzenden Unterlagen wie Lehrplanbestimmungen, Unterrichtsentwürfen oder Ergebnissen von Untersuchungen zum Mathematik- und Physiklernen. Die CD soll künftig in der Aus- und Fortbildung von Mathematik- und Physiklehrer/-innen als Mittel zur Auseinandersetzung mit konkreten Lehr- und Lernprozessen dienen. Geschlechtssensibilität zu fördern ist ein Gesichtspunkt dabei, das Ziel insgesamt ist die Weiterentwicklung der fachdidaktischen Kompetenzen ganz generell. Mit den Szenen sollen also sehr verschiedene Aspekte des Unterrichts angesprochen werden. Sie sollen nicht "Sternstunden" zeigen, sondern einen Ausschnitt aus dem Spektrum des Unterrichts, wie er im Allgemeinen ist - Bewährtes ist ebenso willkommen wie noch eher Neues und Ungewöhnliches. In diesem Schuljahr möchten wir all die Materialien zusammenstellen, die den Inhalt der CD bilden sollen. Produziert werden muss sie dann von einer einschlägigen Firma.

- Wenn Sie bereit sind, einzelne - in gemeinsamer Absprache ausgewählte - Unterrichtsstunden auf Video aufzeichnen zu lassen, aus denen kurze Szenen auf der CD Verwendung finden, so erhalten Sie vom IMST²-S3-Team entsprechende Betreuung und Feedback. Somit besteht hier auch eine gute Möglichkeit einer Weiterentwicklung des eigenen Unterrichts durch Selbstreflexion und Rückmeldungen "kritischer Freunde" von außen.

Wenn es spezifische Interessen für Veranstaltungen (Vorträge, Seminare, Workshops u.ä.) gibt, in denen Informationen zum Thema "Geschlechtssensibler Unterricht" eingebracht werden, so wird versucht, solche in Zusammenarbeit mit der Schulbe-

hörde zu realisieren. Auf ein Angebot dürfen wir jetzt schon hinweisen:

Über das Schuljahr 2000/01 hinaus sollen in S3 in Zusammenarbeit mit interessierten Lehrer/-innen und Fachgruppen folgende Aktivitäten gesetzt werden:

- Weitere Untersuchungen zum Lernumfeld durch Beobachtung von Unterricht, sowie Rückmeldungen aus fachdidaktischer Sicht und Dokumentation;
- Gewinnen neuer Erkenntnisse und weiterer Ansatzpunkte zu geschlechtssensiblen Unterricht durch Literatuarbeit und eigene Forschung;
- Entwicklung, Erprobung, Betreuung, Diskussion und Dokumentation von Konzepten für geschlechtssensibles Lehren und Lernen;
- Erfahrungsaustausch und Bewusstseinsbildung zur Thematik im Rahmen von Lehrer/-innenausbildung und -fortbildung, insbesondere durch Einsatz der CD-ROM;
- Einrichtung einer Ideen- und Beispielebörse.

Während in den folgenden Projektjahren vor allem Fachgruppen oder interdisziplinäre Projektteams unsere Ansprechpartner/-innen und Mitarbeiter/-innen sein werden, können es im Schuljahr 2000/01 vor allem auch einzelne Kolleg/-innen sein, die bei S2 mitarbeiten und damit unsere Arbeit unterstützen und ihre Praxis weiter entwickeln möchten. Dennoch wäre es auch schon in diesem Jahr förderlich, wenn ein gewisser Austausch über die gewonnenen Erfahrungen in den Fachgruppen erfolgt.

Literatur

- Barnes, M.: *Investigating change: A gender-inclusive course in calculus*. In: Zentralblatt für Didaktik der Mathematik 26, 1994, Heft 2, S. 49-57
- Faißt, W., Häußler, P., u.a.: *Physik-Anfangsunterricht für Mädchen und Jungen*. IPN-Materialien, Kiel 1994
- Fischer, R.: *Höhere Allgemeinbildung*. In: Projekt IMST. Zweiter Zwischenbericht, Anhang zu den TOPs 2 und 3. IFF Klagenfurt 1999
- Hagemeister, V.: *Was wurde bei TIMSS erhoben?* In: Die Deutsche Schule 91, 1999, S. 160-177
- Haider, G.: *TIMSS - Population 3*. Bericht an das BMUKA über die Third International Mathematics and Science Study in Österreich. Institut für Erziehungswissenschaft der Universität Salzburg 1996
- Hoffmann, L., Häußler, P., Lehrke, M. (1998): *Die IPN-Interessenstudie Physik*. Kiel: IPN
- Herzog, W.; Labudde, P., Neuenschwandner, M., Violi, E., Gerber, Ch.: *Koedukation im Physikunterricht*. Schlußbericht zuhanden des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Universität Bern 1997
- Jungwirth, H.: *Geschlechterforschung in der Mathematikdidaktik*. In: Birkhan, I./Mixa, E./Rieser, S./Strasser, S. (Hg.): *Innovationen 1. Standpunkte feministischer Forschung und Lehre*. Materialien zur Förderung von Frauen in der Wissenschaft. Band 9. Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr 1999, S. 265-285

Jungwirth, H.: *Verlangsamung als Ziel*. In: mathematiklehren 71, 1995, S. 59-61

Jungwirth, H.: *Mädchen und Buben im Computerunterricht - Beobachtungen und Erklärungen*. In: Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, 26, 1994, Heft 2, S. 41-48

Kühnelt, H.: *TIMSS-Items für die Sekundarstufe II*. In: Unterricht Physik 10, 1999, Nr. 54, S. 17-22

Labudde, P.: *Konstruktivismus im Physikunterricht der Sekundarstufe II*. Bern: Paul Haupt 2000

Labudde, P., Stebler, R.: *Lern- und Prüfungsaufgaben für den Physikunterricht*. Erträge aus dem TIMSS-Experimentier-test. In: Unterricht Physik 10, 1999, Nr. 54, S. 23-31

Leder, G./Forgasz, H./Solar, C.: *Research and Intervention Programs in Mathematics Education: A Gendered Issue*. In: Bishop, A./Clements, K./Keitel, C./Kilpatrick, J./Lalonde, C. (Hg.): *International Handbook of Mathematics Education*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers 1996, S. 945-987

LISE: <http://netscience.univie.ac.at/lise>

Österreichisches Statistisches Zentralamt (Hg.): *Österreichische Hochschulstatistik Studienjahr 1997/98*

Schwank, I.: *Untersuchungen algorithmischer Denkprozesse von Mädchen*. In: Grabosch, A./Zwölfer, A. (Hg.): *Frauen und Mathematik. Die allmähliche Rückeroberung der Normalität?* Tübingen: Attempto 1992, S. 68-90

Stadler, H./Duit, R.: *Teaching and learning chaos theory*. Case studies on students' learning pathways. Annual Meeting der National Association of Research in Science Teaching. San Diego 1998

Stadler, H., Benke, G., Duit, R.: *How do boys and girls use language in physics classes*. In: Reserach in Science Education in Europe. Dordrecht: Kluwer Academic Publ. 2000 (in Druck)

Stadler, H.: *Die Bewegung der Erde*. Ein Einführungsunterricht in die Mechanik. In: Unterricht Physik 9 (1998) Nr.46, S 24-34

Fächerverbindender Unterricht - Physik, Chemie und Biologie in der Oberstufe

Horst Schecker und Barbara Winter

In einer fächerverbindenden Unterrichtskonzeption arbeiteten Biologie-, Chemie- und Physikkurse in der Oberstufe über längere Zeiträume parallel jeweils an gemeinsamen Rahmenthemen. Die Konzeption wird am Beispiel des Halbjahresthemas "Klima und Atmosphäre" veranschaulicht. Eine Evaluation des Unterrichts ergab eine kritische Aufgeschlossenheit der Schüler gegenüber der Konzeption, wenn der Unterricht handlungsorientiert ist und selbstorganisiertes Arbeiten ermöglicht.

Fächerverbindender Unterricht

Die Vernetzung von Unterrichtsinhalten über Fächergrenzen hinweg ist eine der aktuellen Forderungen in der Debatte um die Steigerung der Qualität von Unterricht. Die Systematik des Einzelfaches soll nicht allein die Unterrichtsgestaltung bestimmen. Die Forderung nach Fachüberschreitung wird bildungspolitisch besonders an die naturwissenschaftlichen Fächer gestellt. Von hier kommt als Gegenreaktion teilweise heftiger Protest mit der Sorge um den Verlust an Vertiefung anspruchsvoller Themen. Heftig wogt der Streit zwischen Befürwortern eines integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts, die darauf verweisen, dass für lebensweltlich relevante Zugänge zu Themen wie Wasser oder Ernährung die Sichtweisen mehrerer Fächer zusammengeführt werden müssen, und Vertretern der Einzelfächer, die auf die Notwendigkeit einer sicheren fachspezifischen Wissensbasis verweisen, bevor eine Vernetzung erfolgen kann.

Wir haben für die gymnasiale Oberstufe einen dritten Weg beschritten, bei dem die Einzelfächer erhalten bleiben, aber gleichzeitig inhaltlich und unterrichtsorganisatorisch eng aufeinander abgestimmt werden: den *fächerverbindenden Unterricht*. Der Ansatz wurde im Modellversuch BINGO entwickelt und erprobt ([1], [2]; <http://didaktik.physik.uni-bremen.de/bingo/>). Eine CD-ROM mit den BINGO-Materialien (für MS-Windows und Macintosh OS) kann bei StR'in Barbara Winter bestellt werden (Kostenbeitrag DM 10,00 bitte in DM beilegen).

In Deutschland umfasst die gymnasiale Oberstufe in den meisten Bundesländern die Klassenstufen 11 bis 13. Die Schüler müssen mindestens eine Naturwissenschaft als Grund- oder Leistungskurs belegen. Es ist möglich, zwei Naturwissenschaften zu wählen, in Einzelfällen auch drei. BINGO beinhaltet keine Fächerintegration. Die Fachkurse bleiben bestehen, werden jedoch über gemeinsame übergreifende Fragestellungen und Unterrichtsmethoden miteinander verzahnt. Für alle die Halbjahre der gymnasialen Oberstufe werden zwischen den Fachlehrern einer Schule für Chemie, Physik und Biologie gemeinsame Rahmenthemen abgesprochen. Die jeweiligen

fachspezifischen Inhalte der Halbjahre werden, so weit das mit den Lehrplänen vereinbar ist, auf das Rahmenthema abgestimmt. Im Zentrum jedes Halbjahres steht für einen Zeitraum von mehreren Wochen eine gemeinsame Aktivität der Schüler. Die Schüler arbeiten in dieser Phase teilweise in kursübergreifenden, fächerverbindenden Gruppen zusammen; mindestens jedoch wird an *gemeinsamen Produkten* gearbeitet. Zu den Arbeitsformen und Produkten gehören Fallstudien, schulöffentliche Ausstellungen, die Zusammenstellung einer Informationsbroschüre oder ein Rollenspiel [3]. Bei unseren Erprobungen waren vorwiegend Grundkurse (drei Unterrichtsstunden pro Woche) der naturwissenschaftlichen Fächer mit bis zu fünf Lerngruppen pro Jahrgang beteiligt. Die Schüler hatten in ihrer Mehrzahl nur jeweils eine Naturwissenschaft belegt, so dass der Unterricht stundenplantechnisch häufig in einer gemeinsamen Zeitschiene liegen konnte.

Ist das realistisch? Und wo liegt der Zugewinn?

Der BINGO-Ansatz geht weit über das hinaus, was unter dem Stichwort "Projektwoche" - oft unter Missbrauch des Wortes "Projekt" - an vielen Schulen veranstaltet wird. Zwei häufig gestellte Fragen lauten daher: "Ist das mit dem Lehrplan vereinbar?" und "Geht das nicht zu Lasten der Tiefe und Breite des fachlichen Wissens?".

Zur ersten Frage ist zu sagen, dass die neuen Fachrahmenpläne, die in Deutschland im Zuge der Diskussion um eine Reduzierung der Regelungsdichte und Schulautonomie erlassen werden, zunehmend mehr Möglichkeiten bieten, die verbindlichen Unterrichtsthemen inhaltlich und zeitlich neu zu strukturieren. Nach den neuen Rahmenplänen wird von den Fachkonferenzen erwartet, über die konkrete Umsetzung der Rahmenpläne an der jeweiligen Schule zu beraten. Die Spielräume, die sich daraus ergeben, werden an den Schulen noch gar nicht ausreichend genutzt. Nicht enge staatliche Vorgaben sind das Problem, sondern der Mut und die Bereitschaft der Kollegien, von eingefahrenen Wegen abzugehen. Die damit verbundene zusätzliche Arbeitsbelastung ist allerdings nicht zu unterschätzen.

Die zweite Frage sehen wir durchaus als kritischen Punkt. In der Tat kann man nicht gleichzeitig über mehrere Wochen projektartig an fächerverbindenden Themen arbeiten und in gleichem Umfang und gleicher Weise wie bisher den Fachkanon durchgehen. Unterrichtszeit und -ressourcen sind schließlich begrenzt. Wir achten sehr darauf, dass der obligatorische Teil des Lehrplans eingehalten wird, sind uns aber gleichzeitig bewusst, dass manche interessanten und bewährten Themen entfallen, die es auch Wert wären, vertieft behandelt zu werden. Eine gewisse Reduzierung auf der Seite der *Fachinhalte* wird jedoch dadurch mehr als wett gemacht, dass die Schüler auf der anderen Seite Kompetenzen erwerben, die über den naturwissenschaftlichen Unterricht hinaus relevant und wirksam sind. Gemeint sind Fähigkeiten wie:

Dr. Horst Schecker ist Privatdozent am Institut für Didaktik der Physik der Universität Bremen. StR'in Barbara Winter ist Lehrerin für Physik und Mathematik am Schulzentrum der Sekundarstufe II Alwin-Lonke-Straße (Gymnasium) in Bremen.

Dieser Aufsatz erschien in der Zeitschrift "Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht" 53 (2000), Heft 6.

- einen längeren Arbeitsprozess eigenständig planen und strukturieren,
- in Teams arbeiten und dabei Konflikte austragen (Kooperations- und Teamfähigkeit),
- mit "Experten" anderer (Unterrichts-) Fächer gemeinsam einen Themenbereich erschließen und dabei die eigene Fachperspektive einbringen,
- eigene Arbeitsergebnisse einem Nichtfachmann vorstellen und erläutern (Präsentationsfähigkeit) sowie
- Fachexperten verständige Fragen stellen und auf verständlichen Antworten bestehen.

Die letzten beiden Punkte bestimmen die Kommunikationsfähigkeit zwischen Experten und Laien, die in unserer durch Wissenschaft und Technik geprägten Gesellschaft eine entscheidende Rolle spielen (s. dazu [4]). Die drei ersten Punkte zählen zu den viel zitierten "Schlüsselqualifikationen", die im beruflichen Bereich, aber auch im Studium verlangt werden.

Umsetzung

Das Modell des BINGO-Unterrichts ist zwar für sechs Halbjahre der Oberstufe durchgängig erprobt, sinnvolle Einstiege sind aber auch durch Kurskopplungen über zwei Halbjahre möglich. Wir haben Erfahrungen sowohl mit der "großen Lösung" wie auch mit verschiedenen kleiner Lösungen (2 Fächer über 2 bis 3 Halbjahre).

Alle erprobten Rahmenthemen sind Beispiele für die grundlegende Vorgehensweise. Wir veranschaulichen die Unterrichtskonzeption unter Punkt 5 am Beispiel des Rahmenthemas "Klima und Atmosphäre", das für das Halbjahr 11/2 vorgesehen ist. Jede Schule und jedes Fachkollegium muss eigenständig entscheiden, wie Themen und Vorgehensweisen zu gestalten sind. Die Wahl ist u. a. von der Lage und der Ausstattung der Schule abhängig. Ein Thema "Physiologische Belastungen beim Wintersport" macht in Bremen wenig Sinn, wäre aber in Österreich denkbar. In jedem Fall erfordert der Einstieg in das BINGO-Konzept, dass Physik-, Chemie- und Biologielehrer bereit sind, sich zusammenzusetzen, sich zu einem gewissen Grad in die jeweils anderen Fächer hineinzudenken, gemeinsam zu planen und dabei Anregungen von "Fachfremden" aufzugreifen, sich gegenseitig fachlichen und methodischen Rat zu geben und vor allem Konflikte kollegial auszutragen, die sich besonders in der Findungsphase ergeben. An der Modellversuchsschule dauerte die Konsensfindung im Lehrerteam etwa ein halbes Jahr, obwohl sich die Kollegen bereits lange kannten.

Das alles sind zusätzliche Belastungen in einer Zeit, in der Lehrer ohnehin durch den Unterrichtsalltag zunehmend gefordert werden. Der Gewinn für die einzelne Lehrkraft stellt sich erst mit zeitlicher Verzögerung ein. Die Vorteile liegen in einer größeren persönlichen Zufriedenheit mit dem Unterricht, gegenseitiger Unterstützung im Team und in der Arbeit mit Schülern, die einerseits über BINGO-Anforderungen stöhnen ("Schon wieder ein Projekt!"), aber andererseits mit deutlich größerem Engagement mitarbeiten als im "normalen" Unterricht. Besonders positiv wirkte sich das BINGO-Konzept auf den Zusammenhalt zwischen den Lehrern in den Naturwissenschaften und auf die Wahrnehmung und Stellung des naturwissenschaftlichen Fachbereichs in der schulischen Konkurrenz zu den Sprachen und Sozialwissenschaften aus.

Übersicht über die Rahmenthemen

Die BINGO-Halbjahre 11/1 bis 13/1 sind nach folgendem Grundmuster gestaltet (für 13/2 gibt es wegen des Abiturs eine gesonderte Form):

1. *Gemeinsamer Einstieg der beteiligten Kurse in das Rahmenthema* (1 Woche), z. B. anhand eines aktuellen Zeitungsberichts, einem Film oder einem von den Lehrern gemeinsam gestalteten Experimentierpfad.
2. *Fachspezifische Vorbereitung der Projektphase* (7 bis 9 Wochen): In den Kursen wird fachliches Wissen vermittelt, das für die Bearbeitung des für das Halbjahr vorgesehenen Schwerpunktthemas jeweils aus physikalischer, biologischer und chemischer Sicht notwendig ist; Abschluss mit einer kurs- und fachbezogenen Klausur.
3. *Fächerverbindende Aktivität/Projekt* (2 bis 6 Wochen). Die Projektleistung (z. B. Exponate, "Museums katalog", Beitrag für "Patientenratgeber") ersetzt die zweite Klausur des Halbjahrs.
4. *Fachspezifische Ergänzungen* (3 bis 5 Wochen): Fachinhalte, die nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Rahmenthema stehen, werden ergänzt.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Halbjahre.

Halbjahr	Rahmenthema	gemeinsame Aktivität	Dauer	Themen
11/1	Ökologische Untersuchungen an einem Sandentnahmeseesee	Podiumsdiskussion vorbereiten und durchführen	2 Wo.	vorgegeben
11/2	Klima und Atmosphäre	Ausstellung gestalten	5 Wo.	wählbar aus Liste
12/1	Gentechnik	Fallstudien (z. B. zu konstruiertem Kriminalfall)	6 Wo.	wählbar aus Liste
12/2	Licht und Farbe	Exponate für "Science Museum" erstellen	6 Wo.	Schülervorschläge
13/1	Medizin und naturwissenschaftlicher Fortschritt	Patientenratgeber schreiben	3 Wo.	begrenzte Auswahl

Tab. 1: Rahmenthemen und Aktivitäten in den Halbjahren 11/1 bis 13/1

Rahmenthema "Klima und Atmosphäre"

Der folgende Bericht bezieht sich auf die Haupterprobung der BINGO-Konzeption mit fünf Grundkursen (2 Chemie, 2 Biologie, 1 Physik) und über 100 Schülern, die im Schuljahr 1995/96 in die Oberstufe übergegangen waren. Vier der Kurse hatten zeitlich parallel Unterricht, was den Austausch zwischen den Lerngruppen wesentlich erleichterte. Die meisten Schüler belegten nur eines der dreistündigen Grundkursfächer. Viele Chemie-Grundkurschüler besuchten den Leistungskurs Biologie, der nicht in die BINGO-Konzeption eingebunden war.

Zum Thema "Klima" gibt es gut ausgearbeitete Unterrichtsvorschläge für einen fächerverbindenden Unterricht [5]. Es geht uns im Folgenden nicht vorrangig um die Inhalte sondern um eine Veranschaulichung des methodischen Aufbaus eines BINGO-Halbjahrs.

Als fachübergreifender Einstieg wurden Zeitungsartikel, Szenarien (u. a. der Film "Crash 2030" [6]), Klimateffekte, veranschaulichende Versuche und Modelle (z. B. zum Treibhauseffekt)

fekt aus [7]) gewählt. In der folgenden Phase wurden zum Rahmenthema einzelne Aspekte unter fachspezifischen Gesichtspunkten bearbeitet (s. Tab. 2). Fragen und Wünsche wurden zwischen den beteiligten Kursen über ein schwarzes Brett ausgetauscht. Themen waren zwischen Physikern und Chemikern z. B. die chemischen Eigenschaften von Treibhausgasen und Absorptionsvorgänge für Strahlung in der Atmosphäre. Zum Informationsaustausch dienten auch gegenseitige Besuche von Schülern aus unterschiedlichen Kursen. Kurse mit eher theoretischen Schwerpunkten, wie die in Biologie, profitierten von Modellexperimenten der Chemiker und Physiker, wie der Bestimmung der IR-Absorption von Gasen oder der Ermittlung der Solarkonstante. Umgekehrt konnten Chemiker und Physiker sich zu Fragen der biologischen Wirkung und Bedeutung von klimatischen Ereignissen und Parametern von "Schülerexperten" aus der Biologie beraten lassen. In allen Kursen wurde der Aufbau der Atmosphäre besprochen.

Biologie	Chemie	Physik
<ul style="list-style-type: none"> • Stoffkreisläufe, Energiefluss, Atmosphäreentwicklung • abiotischer Faktor Temperatur • Wirkungen von Luftschadstoffen • globale ökologische Probleme: bodennahes Ozon, Ozonloch, Treibhauseffekt 	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften von Gasen • molekulare Grundlagen des Treibhauseffekts • Ozonproblematik 	<ul style="list-style-type: none"> • die Erde als schwarzer Strahler • natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt • alternative Energien

Tab. 2: Inhalte, die im Halbjahr 11/2 in den Fächern vor der Projektphase behandelt wurden.

Mit der ersten Klausur wurde in den Kursen primär das in dieser Phase aus einzelfachlicher Sicht erworbene Wissen überprüft. Einige fachübergreifende Anteile kamen hinzu (z. B. Zusammenhänge zwischen der Temperaturerhöhung auf der Erde und der Industrialisierung). In der nachfolgenden, fächerverbindenden Projektphase bildeten die Schüler innerhalb ihrer Kurse Dreier- oder Viererteams, die aus einer Liste Aufgabenstellungen zum Problembereich "Klima und Atmosphäre" auswählen konnten. In einer zweiten Erprobung haben wir hier Kreativitätstechniken wie Mind Mapping eingeführt, um das Rahmenthema möglichst umfassend aufzuschlüsseln. Die Teams hatten die Aufgabe, gemeinsam ein Oberthema zu gliedern und zu bearbeiten, die Aufgaben aufzuteilen und die Präsentation vorzubereiten und durchzuführen. Wir haben den Schülern erläutert, dass neben dem fachlichen Wissen auch die Schlüsselqualifikationen Kommunikationsfähigkeit, Kooperationsfähigkeit und Präsentationsfähigkeit weiterentwickelt und bewertet werden. Die unterschiedlichen Rollen, die Mitglieder eines Teams einnehmen können (z. B. Initiative ergreifen, Zwischenbilanz ziehen, kritisch hinterfragen usw.) wurden in Rollenspielen mit den Schülern erarbeitet [1].

Die Projektarbeitsphase gliederte sich in die drei Abschnitte Themenfindung, Themenbearbeitung und Ergebnispräsentation. Zu verschiedenen vorbereiteten Themenvorschlägen hatten die Fachlehrer Stichworte als Anregungen für Inhalte, Versuche und Informationsquellen zusammengestellt, damit sich die Schüler konkrete Vorstellungen über ihre Vorhaben machen konnten. Jedes der vorgeschlagenen Themen beinhaltete sowohl fächerübergreifende als auch schon bekannte sowie

neu zu erarbeitende fachspezifische Inhalte. Da Informationsbeschaffung in diesem Halbjahr kein vorrangiges Ziel war, stellten die Lehrer Materialien aus ihren persönlichen Beständen bereit. Den Schülern wurde mitgeteilt, dass eine selbständige Beschaffung weiterer Materialien und Informationen positiv bewertet würde.

Nach der Themenfestlegung hatten die Gruppen Gelegenheit, sich Informationen zu beschaffen, sich zu orientieren, eine Gliederung des Themas vorzunehmen, die Arbeit in der Gruppe aufzuteilen (z. B. einen Arbeitsplan erstellen mit Hilfe eines Gantt-Diagramms) und erste Überlegungen zur Präsentation anzustellen. Nach zwei Arbeitswochen mussten alle Gruppen ein Mitglied benennen, das dem betreuenden Lehrer den Stand der Arbeit verdeutlichen konnte. Dabei war sicher zu stellen, dass die Arbeit aufgeteilt worden war und jedes Gruppenmitglied sich an dem Prozess beteiligte. Während dieser Phase wurde die Arbeit der einzelnen Arbeitsgruppen durch den Fachlehrer nach einem vorher festgelegten Kriterienkatalog einer Bewertung unterzogen [1].

Am Ende der Gruppenarbeitsphase stand die ganztägige Präsentation der Arbeitsergebnisse (s. Abb. 1 bis 3). Ähnlich wie im Wettbewerb "Jugend forscht" hatte jede Gruppe einen Stand, an dem sie Experimente aufbauen, die Arbeitsergebnisse an einer Stellwand darstellen und ein einseitiges Infoblatt für die Besucher der Ausstellung vorlegen sollte. Die Veranstaltung war schulöffentlich. Erfreulich viele Eltern besuchten die Ausstellung. Die Ausstellung, die alle Räume der naturwissenschaftlichen Abteilung in Anspruch nahm, hätte es verdient gehabt, länger als einen Tag aufgebaut zu bleiben.

Das Themenspektrum der Gruppenarbeiten erstreckte sich von biologischen Schwerpunkten (z. B. Rinderhaltung und Klima, Auswirkung des Treibhauseffektes auf die Biosphäre), über Themen, die überwiegend im chemischen Fachbereich anzusiedeln sind (Ozon - natürliche Vorgänge in der Ozonschicht, Abgasuntersuchungen) bis zu Themen unter physikalischen Gesichtspunkten (Nutzung der Windenergie, Aufbau eines Sonnenkollektors und Untersuchung seiner Wirkungsweise).

Drei fachübergreifend zusammengesetzte Jurys mit jeweils drei Lehrkräften beurteilten insgesamt 30 Präsentationen. Der Bewertungsmaßstab war den Schülern frühzeitig mitgeteilt worden. Bewertet wurden die Abgrenzung und Ausschöpfung des Themas, die fachliche Richtigkeit, die Form der Präsentation am Stand (Exponate, Texttafeln, Verständlichkeit für Laien) und das Kurzreferat, das jede Gruppe am eigenen Stand zu ihren Ergebnissen halten musste. Aus der vorhergehenden Arbeitsphase brachten die Fachlehrer weitere Gesichtspunkte in die Bewertung ein (Selbständigkeit der Informationsbeschaffung, Organisation der Gruppenarbeit).

Nur sehr wenige Arbeitsgruppen schlossen die Gruppenarbeit nicht ausreichend ab. Die meisten schnitten gut und zum Teil sehr gut ab. Einige Schüler wurden durch die positive Bewertung der Gruppenarbeit "mitgezogen", obwohl sie versucht hatten, sich der Mitarbeit zu entziehen. Diese "Trittbrettfahrer" fielen aber nicht nur der Jury auf, sondern auch ihren Mitschülern. In nachfolgenden Halbjahren wurde dies u. a. dadurch aufgegriffen, dass eine Gruppe innerhalb einer vom Lehrer vorgegebenen Bandbreite die Punkteverteilung für die einzelnen Gruppenmitglieder unter Einhaltung einer Gesamtpunktzahl intern mitbestimmen konnte.

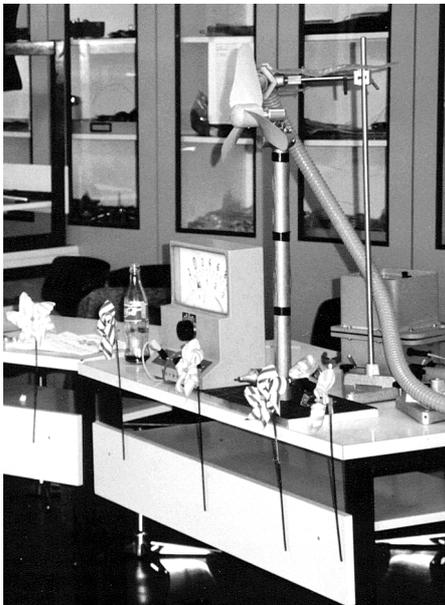


Abb. 1: Untersuchungen zum Thema "Windkraftwerk" an einem Modell

Viele Gruppen hatten fachübergreifende Bezüge und Querverweise zu anderen Gruppenthemen hergestellt. Es gab aber nur wenige Teams, die sich fächerverbindend aus unterschiedlichen Fachgebieten und Kursen gebildet hatten. Um eine an Fachkompetenzen und weniger an Personen oder Freundschaften ausgerichtete Gruppenzusammensetzung zu fördern, haben wir im folgenden Halbjahr fächerverbindende Gruppen von Lehrerseite aus gesetzt.

Im Anschluss an das eigene Projekt erkundeten die Schüler Projekte in Bremer Betrieben aus dem weiten Bereich der Umwelttechnik. Die Schüler sollten sich besonders über die Organisation "realer" Projekte und die Rolle der Teamarbeit in der beruflichen Praxis informieren.

Im letzten Teil des Halbjahres schloss sich eine Phase ergänzenden Fachunterrichts an, in der noch fehlende Fachinhalte zur Erfüllung des Rahmenplans behandelt wurden.



Abb. 2: Vorbereitung der Präsentation der Arbeitsergebnisse durch die Gruppe "Windkraftwerk"

Evaluation

Der Modellversuch BINGO wurde von der Universität Bremen wissenschaftlich begleitet. Hauptdatenquelle waren Befragungen zur Wahrnehmung und Akzeptanz der Unterrichts-

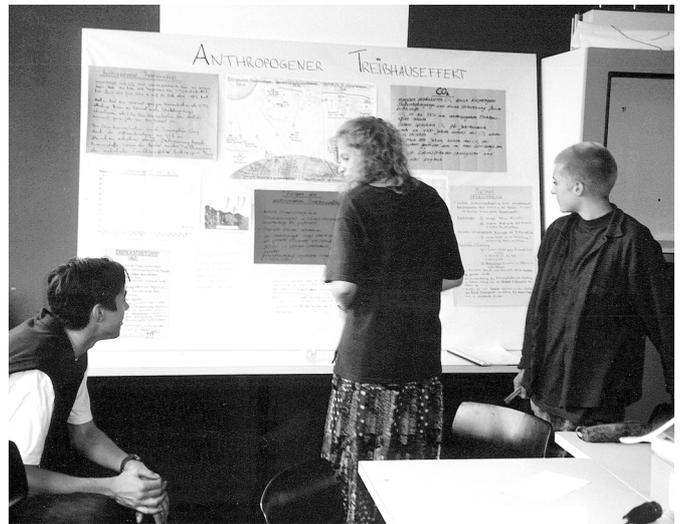


Abb. 3: Kritische Begutachtung der Informationsdarstellung auf der Stelltafel

konzeption durch die Schüler. Die Ergebnisse können in fünf Thesen zusammengefasst werden.

These 1: Der BINGO-Ansatz wird von den Schülern als eigenständige, neue Gesamtkonzeption wahrgenommen.

Trotz deutlicher Unterschiede in den unterrichtlichen Vorgehensweisen zwischen vorbereitenden fachspezifischen und projektartigen Phasen nehmen die Schüler den BINGO-Ansatz ganzheitlich wahr. Sie grenzen ihn deutlich vom "Normalunterricht" in den Naturwissenschaften ab, wie sie ihn in der Mittelstufe kennen gelernt haben. Die Schüler entwickelten kursübergreifend eine Identität als "BINGO-Schüler".

These 2: Die Schüler schätzen an der BINGO-Konzeption vorrangig die Handlungsorientierung und die offenen, komplexen Lehr-Lern-Arrangements. Gleichzeitig befürchteten sie eine schlechtere Vorbereitung auf Prüfungssituationen.

Viel selber tun zu können, bildet zusammen mit dem Statement "Was wir gemacht haben, hat mir Spaß gemacht" und "Mir hat die Unterrichtsgestaltung gefallen" den wesentlichen Faktor der positiven Globalbewertung des BINGO-Unterrichts. Im Vergleich zum "normalen" naturwissenschaftlichen Unterricht in der Mittelstufe erreicht BINGO hier einen klaren Vorteil. Die Schüler schätzen besonders die Möglichkeit, eigenständig Themenschwerpunkte zu legen und ihre Arbeitsprozesse zu organisieren.

Keine Vorteile hat BINGO in der Wahrnehmung der Schüler hinsichtlich leistungsbezogener Items wie "Umfang des erworbenen Wissens" oder "Vorbereitung auf das Abitur". Dennoch betonten viele Schüler in freien Antworten, die vertiefte Behandlung einzelner Inhalte habe Vorteile für tieferes Verständnis und langfristiges Behalten. Fachsystematisches Vorgehen bereite besser auf Prüfungen vor, das so erworbene Wissen geriete aber schnell wieder in Vergessenheit.

These 3: Die Schüler wünschen einen Unterricht, der Bezüge zur Lebenswelt und praktischen Anwendungen aufweist.

Die große Mehrheit fordert einen Unterricht, der Praxisbezug und Bedeutung für das eigene Leben aufweist. Die "Wichtigkeit der Unterrichtsinhalte" bildet zusammen mit "Bezug zur Umwelt / zum eigenen Leben" einen Faktor, bei dem der BINGO-Ansatz gute Ergebnisse erzielt. Eine von den Schülern gesehene "prinzipielle Wichtigkeit" des Themas allein,

d.h. ohne eine die Schüler ansprechende Unterrichtsgestaltung, sichert nicht die situationale Interessiertheit. Das zeigte sich bei den sehr kritischen Rückmeldungen zum Halbjahr 12/1. Prinzipiell wurde das Thema "Gentechnik" als wichtig eingeschätzt, während die Inhalte der Fallstudien deutlich in ihrer Bedeutsamkeit abfielen und im Vergleich zu den Inhalten des vorbereitenden Unterrichts sogar als weniger wichtig gesehen wurden.

These 4: Fachübergreifendes Arbeiten wird von den Schülern mitgetragen, solange Handlungsorientierung und Offenheit des Unterrichts (bzw. Selbstorganisation) gewährleistet sind.

Fachübergreifendes Arbeiten ist aus Sicht der Schüler kein positiv hervorzuhebendes Merkmal an sich. Die Forderung nach Lebensweltbezug wird nicht so verstanden, dass sie damit die Notwendigkeit der Einnahme unterschiedlicher fachlicher Perspektiven verbunden sehen, um komplexe Themen zu erschließen. Klimaproblematik und Schutz der Atmosphäre wird als ein relevantes, lebensweltbezogenes und interessantes Thema erkannt, aber seine Bearbeitung kann nach Meinung vieler Schüler rein fachspezifisch erfolgen. Der Wunsch nach der Einbeziehung von Aspekten anderer Naturwissenschaften in die Projektphase bewegt sich in der Kategorie "gelegentlich". Der fachüberschreitende Wissenserwerb wird ähnlich zurückhaltend eingeschätzt. Sobald die aus Sicht der Schüler wesentlichen Pluspunkte des BINGO-Konzepts - Handlungsorientierung und Selbstorganisation - nicht mehr gewährleistet sind und der Fächerverbund zum wesentlichen Merkmal eines Halbjahres wird, schlagen latente Widerstände gegen fachübergreifendes Arbeiten durch.

These 5: Die Orientierung auf Schlüsselqualifikationen wird von den Schülern als sinnvoll anerkannt.

Schlüsselqualifikationen wie Kommunikationsfähigkeit, Kooperationsfähigkeit und Selbständigkeit waren Eckpunkte sowohl bei der Unterrichtsgestaltung wie auch bei der Leistungsbewertung. Die Schüler haben dieses Merkmal von BINGO früh erkannt und als sinnvoll akzeptiert. Bereits in der Befragung zum ersten Halbjahr wurde der Gesichtspunkt Schlüsselqualifikationen von den Schülern in freien Antworten eigenständig angesprochen.

Nach den besonderen Anforderungen gefragt, benannten BINGO-Befürworter und Skeptiker unter den Schülern übereinstimmend folgende Schwerpunkte: Teamfähigkeit/Kooperationsfähigkeit, selbständiges Arbeiten, gute Planung und Zeiteinteilung sowie Stress- und Frustrationstoleranz. Auch Schüler, die BINGO kritisch gegenüber stehen, nennen bei den Anforderungsbereichen also genau diejenigen - abgesehen von Frustration - , die von der Konzeption des Modellversuchs angestrebt waren. Die Intention des Modellversuchs ist durchgedrungen, auch wenn nicht alle Schüler sich diesen Anforderungen unterziehen möchten.

Fazit

Die Entwicklung und Erprobung der BINGO-Konzeption hat den Unterricht an der Modellversuchsschule in den Naturwissenschaften wesentlich verändert. Auch wenn nicht immer eine "große Lösung" realisiert werden kann, also alle Grundkurse eines Jahrgangs über die gesamte Oberstufe zusammenarbeiten, so kommt es doch inzwischen ganz selbstverständlich zu kleineren Kurskooperationen. Die neuen inhaltlichen

Schwerpunkte und unterrichtlichen Verfahrensweisen sind auch auf die Leistungskurse ausgestrahlt. Die beteiligten Lehrkräfte haben ihr Methodeninventar stark erweitert. Über den BINGO-Unterricht hinaus ist das Selbstverständnis der Lehrkräfte als (Mit-) Gestalter des Schullebens gestärkt worden. Die Kooperation im Lehrerteam ist belastbar. All das sind Ausformungen der gewünschten "Professionalisierung" des Lehrerberufs. Nicht zuletzt stieg der Stellenwert der Naturwissenschaften im Fächerkanon. In einer Situation, in der die Stichworte "Selbstevaluation" und "Schulprogramm" die bildungspolitische Debatte bestimmen, ist der BINGO-Ansatz ein Beitrag zur Qualitätssicherung auf Ebene der Einzelschule.

Wir wollen hier auch nicht die Grenzen der Wirkungen verschweigen. So konnten bisher noch nicht alle Fachkollegen für eine Mitarbeit gewonnen werden und die Nachhaltigkeit des Ansatzes nach Abschluss der durch Entlastungsstunden geförderten Modellversuchsphase muss sich noch weiter beweisen. Wir haben den Ansatz im eigenen Bundesland und überregional an vielen Stellen vorgestellt. Die Reaktionen reichten von strikter Ablehnung ("Wo bleiben die Fachinhalte?") bis zu Interesse und Aufgeschlossenheit. Schulen, die sich vom BINGO-Konzept anregen lassen wollen, können die Grundideen und viele Materialien übernehmen, so wie sich über dem langen Weg der Implementation, den wir gegangen sind, ein realistisches Bild einholen. Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung einer entsprechenden Konzeption an der eigenen Schule ist jedoch, dass sich eine genügend große kooperationswillige und frustrationstolerante Gruppe von Kollegen zusammenfindet. Wenn das auf Ebene der Lehrkräfte nicht gelingt, wie sollen wir dann fächerverbindendes Denken und Teamarbeit von unseren Schülern erwarten?

Literatur

- [1] Internet:
www.physik.uni-bremen.de/physics.education/niedderer/bingo/
- Web Site des Modellversuchs "Berufsorientierung und Schlüsselprobleme im fachübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht der gymnasialen Oberstufe" (mit ausführlichen Informationen und Materialien). - Bundesländer-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung. Bremen 1995-1999.
- [2] C. Wieland, B. Winter: *Modellversuch BINGO: Fächerverbindendes Arbeiten in der gymnasialen Oberstufe.* - Biologie in der Schule 46 (1997) Sonderheft, 48-55.
- [3] H. Schecker: *Rollenspiel im fachübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht der Oberstufe.* - In: H. Behrendt (Hrsg.): *Zur Didaktik der Chemie und Physik.* - Alsbach: Leuchtturm 1996, 158-160.
- [4] H. Schecker, T. Bethge, E. Breuer, R. von Dwingelo-Lütten, H.-U. Graf, I. Gropengießer, B. Langensiepen: *Naturwissenschaftlicher Unterricht im Kontext allgemeiner Bildung.* - Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht 49 (1996) 488-492.
- [5] B. Huhn, R. Koch, V. Schmidt, H. Schwarze: *Luft und Klima im fächerverbindenden Unterricht.* - Praxis der Naturwissenschaften Physik 46 (1997) H. 7, 21-28.
- [6] J. Faulstich (Regie): *Crash 2030.* - VHS-Film, Produktion Hessischer Rundfunk; zu beziehen über die jeweiligen Filmdienste/Medienstellen der Länder.
- [7] B. Huhn: *Experimente zum Treibhauseffekt.* - Praxis der Naturwissenschaften Physik 43 (1994) H. 6, 26-32.

STS

Alternative zum Physikunterricht?

Helga Behrendt

Was ist STS?

STS steht für Science, Technology and Society, also Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft. Die Entstehung der STS-Bewegung ist als eine Antwort auf die seit langem diskutierten Defizite des herkömmlichen Unterrichts zu verstehen. Die STS-Erziehung reagiert auf aktuelle und für die Zukunft wichtige gesellschaftliche Fragestellungen, die weder mit dem disziplinären naturwissenschaftlichen Unterricht noch mit den integrierten Curricula der 70er Jahre zu bewältigen waren, indem sie einen handlungs- und schülerorientierten Unterricht anstrebt. Diesen Ansatz verfolgt auch das deutsche Curriculum "Praxis integrierter naturwissenschaftlichen Grundbildung (PING)".

Die Entwicklung von STS geht zwar einher mit dem Einfluss des Konstruktivismus in den letzten 20 Jahren, doch ist STS keine Folge dieser Lerntheorie. Die STS-Bewegung hat eine eigenständige pragmatische Entwicklung genommen, indem sie die Idee des eigenverantwortlichen Lernens von Schülerinnen und Schülern vertritt, bei dem die Rolle des Lehrers in den Hintergrund rückt. Der Konstruktivismus basiert auf der Idee, dass der Lernende der Konstrukteur seines eigenen Wissens ist und kein anderer dies für ihn tun kann. Insofern sind Bezüge zwischen der an der Praxis orientierten STS-Erziehung und der Theorie des Konstruktivismus zu sehen.

In den 80er Jahren entwickelte sich insbesondere in den englischsprachigen Ländern eine Curriculumsdiskussion unter dem Schlagwort "Science for All" (Naturwissenschaft für alle). Weltweite Umweltprobleme trugen dazu bei, dass der mündige, kritische und verantwortungsbewusste Bürger immer mehr gefordert war. Während in den 50er und 60er Jahren der fachwissenschaftlich ausgerichtete Unterricht - ausgelöst durch den "Sputnikschock" - im Vordergrund stand, erkannte man nun, dass nur ein geringer Anteil der Schüler das Fachwissen für einen späteren Beruf verwendete und dass vielmehr naturwissenschaftlich gebildete Bürger gefragt waren.

Die STS-Bewegung, die sich "scientific literacy" als Ziel gesetzt hat, umfasst das Lehren und Lernen der Naturwissenschaften im Kontext menschlicher Erfahrungen. So stehen nicht naturwissenschaftliche Konzepte und Prozesse im Vordergrund, sondern die Erfahrungen der Lernenden aus ihrer Alltagswelt. Die Bezeichnung "scientific (and technological) literacy" ist in Amerika gebräuchlich, während sich in Großbritannien "Public Understanding of Science" eingebürgert hat. Im deutschen Sprachgebrauch kann "scientific literacy" als grundlegendes, angemessenes Verständnis von Wissenschaft und Technik verstanden werden. "Literacy citizen" ist somit der in grundlegenden Dingen wissenschaftlich gebildete Bürger, jedoch nicht der Spezialist.

STS im Unterricht

STS-Unterricht kann in den fächerverbindenden, fächerergänzenden oder integrierten Unterricht eingeordnet werden, wo-

bei die Differenzierung im fachlichen Bereich stattfindet, die Integration eher auf der Ebene der technischen und gesellschaftlichen Fragestellungen verwirklicht wird.

STS-Unterricht ist stark beeinflusst vom kulturellen Kontext, in den der Unterricht eingebunden ist. Folglich haben STS-Projekte in Entwicklungsländern einen anderen Charakter als solche in Industrieländern. Die ersten STS-Projekte in den Industrieländern richteten sich an die Zielgruppe 16- bis 18-jährige Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II. Man vermutete, dass jüngere Schülerinnen und Schüler noch nicht von den Vorteilen eines STS-Unterrichts profitieren könnten. Erfahrungen aus den 80er Jahren zeigten dann aber, dass sowohl Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I als auch der Primarstufe Vorteile von STS-Unterricht haben.

Viele Themen des STS-Unterrichts haben Fragen der Umwelt, der knapper werdenden Ressourcen, der möglichen Zerstörung unserer Umwelt durch neue Technologien, der weltweiten Energieversorgung u. ä. zum Inhalt. Der konkrete Unterricht geht im Allgemeinen von lokalen Gegebenheiten aus, um dann aber auch den Blick für globale Probleme zu öffnen. STS strebt ein allgemeines Verständnis für Industrieländer und Entwicklungsländer an.

Seit Mitte der 70er Jahre hat die Industrie viel zur Entwicklung von STS-Material beigetragen. Dies war erforderlich, weil die Lehrerinnen und Lehrer aus Mangel an beruflicher Erfahrung nicht genügend in der Lage waren, wirtschaftliche Aspekte und Belange der Industrie mit in den Unterricht einzubringen.

Fensham (1991) beschreibt zwei unterschiedliche Wege zur Entwicklung von STS-Curricula: Der "add-on way", auch "cautious approach", bezeichnet Unterrichtseinheiten, die dem üblichen Unterricht hinzugefügt werden. Sie bestehen meist in zwei- bis dreistündigen Einheiten, die aktuelle Themen aufgreifen und den Unterricht lebensnah gestalten. Beim "central way" - auch "wholehearted way" - ersetzt STS-Material den üblichen Unterricht. Die Unterrichtseinheiten umfassen mehrere Unterrichtsstunden, die sowohl den fachwissenschaftlichen Bereich als auch soziale Aspekte beinhalten.

Aikenhead (1994 a, S. 57) hat den typischen Verlauf einer STS-Einheit dargestellt: Der Unterricht beginnt mit einer gesellschaftlichen Fragestellung (issue) im Zusammenhang mit technischen Produkten oder neuen Technologien. Dieser Bezug zur Alltagswelt motiviert zur Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Themen und zur Aneignung entsprechender Fähigkeiten. Aktivitäten zur Lösung des Problems werden in Gang gesetzt. Damit ist die Verbindung von Wissenschaft, Technik und Gesellschaft geknüpft.

Ziman (1994) sieht die fundamentale Schwäche der Naturwissenschaft, wie sie in den Schulen üblicherweise gelehrt wird, nicht in dem, was sie über die Welt aussagt, sondern in dem, was sie nicht aussagt. Diese Lücke muss STS ausfüllen. Laut Ziman liegt ein wesentlicher Unterschied zwischen traditionellem und STS-Unterricht darin, dass der traditionelle Unterricht überall in der Welt gleich ist, während STS-Unterricht überall unterschiedlich ist. Diese Unterschiedlichkeit zeigt sich in den verschiedenen Zugängen zu STS wie etwa berufsbezogen, historisch, philosophisch, soziologisch.

Jeder einzelne Zugang hat Stärken und Schwächen, seine Grenzen, seine Vor- und Nachteile. Es gibt keinen Königsweg. STS-Erziehung ist zu komplex und mannigfaltig, um als eine

Helga Behrendt, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Erziehungswissenschaftliche Fakultät, Abt. Physik und ihre Didaktik

in sich geschlossene konsistente Disziplin angesehen werden zu können. Der Lehrer sollte aus der Vielfalt der angebotenen Möglichkeiten die für seinen Unterricht geeigneten wählen.

Ein Beispiel für ein STS-Projekt: SATIS

Die englische Regierung legte 1986 fest, dass sich in Prüfungen für GCSE (General Certificate of Secondary Education, entsprechend unserem Realschulabschluss) 15 % der Prüfungsfragen mit technologischen und gesellschaftlichen Problemen der Naturwissenschaft zu befassen haben. Die Association for Science Education (ASE) suchte daraufhin nach einem Weg, den Lehrerinnen und Lehrern Kurse in STS anzubieten. Das Ergebnis war SATIS (Science and Technology in Society). Das Entwicklungsteam aus erfahrenen Lehrern entwickelte einfache kurze Unterrichtseinheiten, die die Lehrkräfte leicht in den Unterricht einflechten konnten. Diese Unterrichtseinheiten, die überwiegend für den integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht entwickelt wurden, sind auf die Themen der Prüfungen zugeschnitten. Die Einheiten wurden in Schulen erprobt und von Fachleuten begutachtet. Da die Materialien als Ergänzung des normalen Unterrichts gedacht sind, werden sie auch als "Science first"-Ansatz bezeichnet. SATIS gewann schnell Einfluss auf den gesamten Unterricht. Auch der zweite Teil für 16- bis 19-jährige Schüler verbreitete sich sehr rasch. Zusätzlich ergänzten informative Bücher wie "What is Science?", "What is Technology?", "How shall we live?" und "The Retrial of Galileo" das Programm.

SATIS hat sich nach Holman (1986) eine Reihe von Zielen gesetzt: Der SATIS-Unterricht soll den Lernenden zeigen, dass Naturwissenschaft nicht nur im Labor stattfindet, sondern auch in ihrer Umgebung. Durch den lokalen Bezug soll Interesse geweckt werden für die Verknüpfungen von Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft. Die Anwendung der Naturwissenschaft in technischen Produkten hat positive und negative Seiten. Den Schülerinnen und Schülern soll ein Verständnis vermittelt werden, dass Entscheidungen für neue Technologien meist auf Kompromissen beruhen und dass es nicht immer eine richtige Antwort gibt. SATIS möchte die Schülerinnen und Schüler ermutigen, auf der Grundlage von Fakten zu argumentieren und anderen zuzuhören; der Unterricht soll ihnen die Möglichkeit geben, diese Fähigkeiten zu erlernen. Besonderes Gewicht wird darauf gelegt, dass die Lernenden ihre Ideen in einem naturwissenschaftlichen Kontext mit anderen diskutieren. Ein wesentliches Anliegen von SATIS ist die Erziehung zu umweltbewusstem Handeln. Durch Kenntnisse über Beeinflussungen unserer Umwelt durch den technischen Fortschritt soll Verständnis für einen sorgfältigen Umgang mit Ressourcen entwickelt werden.

Jede Unterrichtseinheit enthält Hinweise für Lehrer und kopierbare Arbeitsblätter für Schülerinnen und Schüler. Die Einheiten sind so konzipiert, dass sie in Verbindung mit dem normalen Unterricht eingesetzt werden können und nicht als Ersatz für diesen dienen. Die Einheiten sind für etwa 75 Minuten geplant und können von Lehrerinnen und Lehrern flexibel nach Bedarf eingebracht werden. Der Unterricht ist durch Eigentätigkeit der Lernenden gekennzeichnet. Der Lehrer gibt seine dominierende Position zugunsten eines neutralen Beraters auf. Er soll auf ein harmonisches Klassenklima achten und zurückhaltende Schüler zur Mitarbeit ermutigen. Dabei muss er sensibel auf Gefühle, Glauben und kulturelle Unterschiede seiner Schüler reagieren. Für den SATIS-Unterricht erweist

sich das Arbeiten in kleinen Gruppen als sinnvoll; das Sitzen in einem Kreis erleichtert die Diskussion. Der Unterricht sollte mit einfachen, konkreten Dingen beginnen und diese später ausweiten und vertiefen. In Rollenspielen versetzen sich die Schülerinnen und Schüler in die Welt des erwachsenen Bürgers, der sich mit politischen und wirtschaftlichen Fragen auseinander zu setzen hat. Außer dem bereitgestellten SATIS-Material können auch andere Anregungen z. B. Zeitungsartikel, Bilder, Fernsehprogramme u. ä. eingesetzt werden.

Forschungsergebnisse zu STS-Projekten

Allgemein wird das Fehlen von Untersuchungen über die Wirkung von STS beklagt. Da die Ziele von STS-Lernen sehr vielfältig sind, ist es problematisch, konkrete Ergebnisse zu erhalten. Die pragmatische Sichtweise der STS-Befürworter führt dazu, eher neue Curricula zu entwickeln, als diese dann zu evaluieren.

Solomon (1994) gibt zu bedenken, dass es viel schwieriger sei, die Wirkungen von STS-Unterricht als die von traditionellem naturwissenschaftlichem Unterricht zu prüfen, denn STS bedeute nicht nur neue Inhalte, sondern auch andere Methoden wie Gruppenarbeit, Diskussionen, Rollenspiele, Simulationen und Problemlösen. Dass sich Untersuchungen zu STS so schwierig gestalten, liegt mit daran, dass kaum geeignete Forschungsinstrumente zur Verfügung stehen.

Zusammenfassend bestätigen sich laut Aikenhead (1994 b) bei allen Untersuchungen zum Thema STS folgende positiven Wirkungen des Unterrichts:

- Naturwissenschaftliche Bildung zum mündigen Bürger
- Interesse und positive Einstellung zu Naturwissenschaft und Technik
- Wissen über die Verknüpfungen von Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft
- Entwicklung von kritischem Denken, logischem Schlussfolgern, kreativem Problemlösen und Entscheidungsfähigkeit

"Thirty years of research in science education leads to the conclusion that students can benefit consistently from STS instruction compared with their counterparts in traditional science classrooms" (Aikenhead, 1994 a, S. 13).

Forschungsergebnisse der 60er Jahre zeigen, dass der Einfluss der Lehrkraft weitaus größer ist als Curricula, Unterrichtsmaterialien oder Lehrmethoden. So variieren auch die Ergebnisse des STS-Unterrichts von Lehrer zu Lehrer. Es hat sich gezeigt, dass Lehrer der mittleren Klassenstufen gern STS-Material in den Unterricht einbringen, während Lehrer der Oberstufe nicht immer positiv gegenüber STS eingestellt sind. Sie haben Bedenken, dass die Schüler nicht genügend befähigt seien, ein naturwissenschaftliches Studium aufzunehmen. Alle bisherigen Untersuchungen widerlegen jedoch diese Einwendungen.

Da die Einstellung (attitude) der Schülerinnen und Schüler ein sehr zentrales Merkmal von STS darstellt, befassen sich auch alle Studien mit diesem Bereich. Solomon (1994) gibt zu bedenken, dass es erstens schwierig sei festzulegen, welche Einstellung wünschenswert sei, und dass es zweitens kaum möglich sei, die Einstellung von Schülerinnen und Schülern zu "messen" und zu beurteilen. Die Einstellung der Schülerinnen und Schüler kann nur mit Hilfe einer Vergleichsgruppe, die keinen STS-Unterricht hat, ermittelt werden. Das höchste Ziel der STS-Erziehung ist nach Ansicht Solomons, dass die Schülerinnen und Schüler verantwortungsbewusste Bürger werden

und dass sie fähig und willens sind, ihre Umwelt zu erhalten. Naturwissenschaftliches Wissen und Einstellungen, die in der Schule gezeigt werden, sind aber noch keine Gewissheit dafür, dass diese in der Realität auch wirklich eingesetzt werden und dass danach gehandelt wird.

Ergebnisse einer Studie der Universität Kiel

Mitte der 90er Jahre haben wir eine Untersuchung in 9. Klassen eine Realschule in Schleswig-Holstein durchgeführt, die unter anderem zum Ziel hatte, das Wissen der Schülerinnen und Schüler nach einer Unterrichtsphase mit STS-Unterricht und traditionellem Unterricht zu erfassen. Unter traditionellem Unterricht wird der herkömmliche Physikunterricht verstanden. Für unsere Untersuchung mit den Bereichen Energieumsatz und Energieversorgung haben wir einen gesellschaftlich und physikalisch bedeutsamen Ausschnitt gewählt.

Ein Ziel dieser Untersuchung war es, unterschiedliche Unterrichtsansätze zu vergleichen, indem wir Wissenszuwachs bzw. Veränderungen des Wissens durch Unterricht feststellen wollten. Es handelte sich also um Faktenwissen in einem begrenzten Bereich. Hierfür bietet sich die Darstellung des deklarativen Wissens in einem semantischen Netzwerk an. Als bewährteste Methode für die Darstellung von Netzwerken gilt die Struktur-lege-Technik, auch als "Concept Mapping" geläufig. Sie stützt sich auf theoretische Grundlagen in kognitionspsychologischen Ansätzen, die Wissen als vernetztes System von Konzepten ansehen. Wir gehen davon aus, dass die Bedeutung eines Begriffs durch seine Verflechtung in einem Beziehungsgefüge viel sicherer zu erkennen ist als etwa durch eine Definition oder Umschreibung. Gerade in der Physik sind viele Begriffe nur im Rahmen der zugehörigen Theorie zu erklären.

Erstmals konnte mit dieser Studie gezeigt werden, dass ein STS-Unterricht einem eher fachlich orientierten Unterricht im Bereich des erzielten Wissens ebenbürtig ist. Die STS-unterrichtete Klasse weist in ihren Wissensnetzen in einigen Merkmalen wie Größe, Richtigkeit und Dichte sogar einen größeren Zuwachs auf als die traditionell unterrichtete Klasse; selbst in der Anwendung von Begriffen aus der Fachsprache zeigt der STS-Unterricht bessere Ergebnisse. Die Schülerinnen und Schüler verwendeten nach dem Unterricht die neu gelernten Begriffe in ihren Begriffsnetzen. Skeptiker von STS-Unterricht bemängeln, dass dieser Unterricht zu wenig Fachwissen vermittelt und nur die Einstellung der Lernenden zur Naturwissenschaft beeinflusst. Frühere Forschungsergebnisse konnten überwiegend nur die positivere Haltung - bewirkt durch STS-Unterricht - von Lehrenden und Lernenden nachweisen. Dies war auch nur in qualitativen Untersuchungen möglich. Diese Studie liefert einen Beitrag zur STS-Forschung, weil sie mit Hilfe des neu entwickelten Instrumentariums in der Lage ist, jetzt auch quantitativ abgesicherte Ergebnisse zu liefern. (Die ausführliche Beschreibung der Untersuchung und alle Ergebnisse sind auf einer CD-ROM bei der Autorin zu erhalten.)

Im Rahmen dieser Studie konnte gezeigt werden, dass unterschiedliche Unterrichtsansätze zu unterschiedlichem propositional dargestellten Wissen führten. Die Untersuchung bezieht sich auf drei Klassen des neunten Jahrgangs einer Realschule und ist auf einen Themenbereich eingegrenzt. Sie hat somit Beispielcharakter, trotzdem sind wir der Meinung, dass es Anzeichen gibt, die eine Verallgemeinerung rechtfertigen. Diese Annahme wird gestützt durch die Ergebnisse der Vergleichsstudie Estland/Deutschland (Reiska, 1999).

Einsatz von STS im deutschsprachigen Raum

STS-Unterricht hat sich überwiegend in englischsprachigen Ländern etabliert. Alle Untersuchungen belegen Vorteile von STS-Unterricht verglichen mit sonst üblichem Naturwissenschaftsunterricht. Es stellt sich die Frage, ob solcher Unterricht im deutschsprachigen Raum eingesetzt werden kann?

Einerseits kann man Unterrichtseinheiten in England bestellen und als Anregung für den eigenen Unterricht nutzen. Direkte Übersetzungen haben sich nicht bewährt, das Unterrichtsmaterial muss an die jeweilige Lernumgebung angepasst werden. Information gibt es unter folgenden Adressen:

- The Science Education Group (Hrsg.): *Salter's Science Course*. Department of Chemistry, University of York, Heslington, Großbritannien
- The Association for Science Education (Hrsg.): *SATIS*. Hatfield 1986 Großbritannien
- ASE Booksales, College Lane, Hatfield, Herts, AL10 9AA, Tel.: Hatfield 267411, Fax: 1707/266532

Eine weitere Möglichkeit bietet PING (Praxis integrierter naturwissenschaftlicher Grundbildung), das in Deutschland (IPN an der Universität Kiel) konzipiert wurde, aber auch in Österreich eingesetzt wird. PING-Unterrichtseinheiten zählen zu den wenigen Ansätzen in Deutschland, die der STS-Bewegung zugeordnet werden können. Die Unterrichtseinheiten sind für einen integrierten, fächerübergreifenden und handlungsorientierten Unterricht konzipiert und erfüllen damit Merkmale, die auch ein STS-Unterricht anstrebt.

Eine dritte Möglichkeit besteht darin, den eigenen Unterricht mit den in diesem Aufsatz genannten Merkmalen eines STS-Unterrichts zu versehen.

Literatur

- Aikenhead, G. S (1994 a): *A review of research into outcomes of STS teaching*. In: Boersma, K. u. a. (Hrsg.): 7th Symposium. *Science and Technology Education in a Demanding Society*. Enschede: National Institute for Curriculum Development
- Aikenhead, G. S (1994 b): *Consequences to Learning Science Through STS: A Research Perspective*. In: Solomon, J., Aikenhead, G. (Hrsg.): *STS Education. International Perspectives on Reform*. New York, London: Columbia University, Teachers College
- Aikenhead, G. S (1994 c): *What is Science Teaching?* In: Solomon, J., Aikenhead, G. (Hrsg.): *STS Education. International Perspectives on Reform*. New York, London: Columbia University, Teachers College
- Fensham, P. J. (1991): *Science and Technology Education. A Review of Curriculum in these Fields*. In: American Education Research Association (Hrsg.): *Handbook of Curriculum*
- Holman, J. (1986): *Science and Technology in Society. General Guide for Teachers*. The Association for Science Education (Hrsg.): College Lane. Hatfield: Herts
- Reiska, P. (1999): *Physiklernen und Handeln von Schülern in Estland und Deutschland - Eine empirische Untersuchung zu zwei unterschiedlichen Unterrichtskonzepten im Bereich von Energie und Energieversorgung mit den Methoden Concept Mapping und Computersimulation*. Dissertation. Universität Kiel. Verlag Peter Lang
- Solomon, J. (1994): *Knowledge, Values and the Public Choice of Science Knowledge*. In: Solomon, J., Aikenhead, G. (Hrsg.): *STS Education. International Perspectives on Reform*. New York, London: Columbia University, Teachers College
- Ziman, J. (1994): *The Rationale of STS Education is in the Approach*. In: Solomon, J., Aikenhead, G. (Hrsg.): *STS Education. International Perspectives on Reform*. New York, London: Columbia University, Teachers College

Forschungsaktivitäten im Institut für Weltraumforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften

Helmut O. Rucker

Vor nunmehr drei Jahrzehnten wurde das Institut für Weltraumforschung von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften gegründet. Es bestand zunächst aus einer Reihe von Abteilungen in Wien, Innsbruck und Graz und wurde erst später nach einem Konzentrationsprozess in Graz etabliert. Auf dem Gebiet der theoretischen, experimentellen und angewandten physikalischen Weltraumforschung sowie der Satellitengeodäsie weist es eine Vielfalt von Forschungsrichtungen und Forschungstätigkeiten auf. Daher kann ohne Einschränkung gesagt werden, dass im Institut für Weltraumforschung der derzeit größte Teil der in Österreich durchgeführten Weltraumwissenschaften konzentriert ist. Das Institut wird derzeit vom Geschäftsführenden Direktor, o. Univ.-Prof. DI DDR. Willibald Riedler geführt, welcher auch die Abteilung für Experimentelle Weltraumforschung leitet. Die Abteilung für Satellitengeodäsie wird von o. Univ.-Prof. DI Dr. Hans Sünkel und die Abteilung für Physik des erdnahen Weltraumes von ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Helmut Rucker geleitet.

Die Abteilung für experimentelle Weltraumforschung ist hauptsächlich tätig in der Entwicklung von Messgeräten und der Durchführung von Experimenten, somit also in der physikalischen Erforschung des Weltraums mit Hilfe von Ballonen, Raketen, Erdsatelliten und Raumsonden. Einer der wichtigsten Schwerpunkte liegt in der Beteiligung am Nachfolgeprojekt CLUSTER-II (nach dem Fehlschlag mit der Ariane-5 Träger Rakete im Jahre 1996), wobei Hardware für das Magnetfeldexperiment FGM ("flux gate magnetometer") hergestellt sowie eine entsprechende FGM-Kalibrierung vorgenommen wird. Die ESA-Mission CLUSTER, bestehend aus vier baugleichen und parallel um die Erde laufenden Satelliten, soll erstmals durch eine spezielle Position der Satelliten zueinander (i.e. Eckpunkte eines Würfels mit drei zueinander orthogonalen Richtungen) zeitliche und räumliche Effekte in den Messungen auseinanderhalten können. Die wissenschaftliche Erforschung der terrestrischen Magnetosphäre, des magnetfelddominierten Raumes um die Erde, wird durch diese vier CLUSTER-Satelliten einen markanten Fortschritt in der Qualität der Erfassung plasmaphysikalischer Phänomene bewirken.

Die Abteilung ist auch maßgeblich beteiligt an der Entwicklung von Potentialregelungsinstrumenten, welche die positive elektrische Aufladung eines Satelliten auf Grund des Verlustes von Elektronen infolge von Photoemissionen an sonnenbeschienenen Oberflächen hintanhaltend soll. Diese Potentialregelungsinstrumente beruhen auf der Emission von positiven Ionenstrahlen hoher Energie und haben bei einer Reihe von Satelliten bereits erfolgreich die erwartete Reduzierung des Potentials erbracht.

Stellvertretend für die Fülle weiterer Projektbeteiligungen sei das Projekt MIDAS ("Micro-Imaging Dust Analysis System") erwähnt, welches im Rahmen einer äußerst ambitionierten

Mission namens ROSETTA, der Erforschung des Kometen P/Wirtanen und einer Landung darauf, eingesetzt werden soll. Nach dem Prinzip eines Raster-Kraft-Mikroskops soll MIDAS dreidimensionale Abbildungen von Staubteilchen mit einer Auflösung von nur wenigen Nanometern erzielen. Der Start der Raumsonde ROSETTA ist für 2003 geplant, das Rendezvous mit dem Kometen soll 2011 erfolgen. Die Erforschung von Kometen, welche als die ursprünglichsten Überreste unseres frühen Sonnensystems angesehen werden, bildet einen langjährigen Schwerpunkt der Arbeit im Institut für Weltraumforschung und deshalb wird am Ende des vorliegenden Artikels dieser Schwerpunkt nochmals aufgegriffen werden.

Die Forschungstätigkeiten der Abteilung für Satellitengeodäsie konzentrieren sich auf den Zustand der Erde und dessen zeitliche Änderung, wobei eine Vielfalt dynamischer Prozesse im Erdinneren (z.B. Plattentektonik), an der Erdoberfläche (z.B. Meeresströmungen) und physikalisch messbare Veränderungen des Erdschwerefeldes erfasst und quantifiziert werden. Diese Abteilung ist in der "Satellite-Laser-Ranging"-Hochtechnologie führend und spielt auch eine Vorreiterrolle auf dem Gebiet der Erdschwerefeldbestimmung, wie dies durch die kürzlich zuerkannte ESA-Mission GOCE ("Gravity Field and Steady State Ocean Circulation Explorer") zum Ausdruck gekommen ist. Im Rahmen dieser Mission bestimmen erdumlaufende Satelliten das Erdschwerefeld mit bisher nicht erreichter Präzision. Die Kenntnis des terrestrischen Gravitationsfeldes ermöglicht Aussagen über Mechanismen, die zum Aufbau der Erdkruste, den Treibhauseffekt und zur Bildung von Meeres- und Luftströmungen führen. Somit sind hier in großem Maße auch Aspekte der Umweltwissenschaften relevant involviert.

Aus der Fülle der Forschungsaktivitäten ebenfalls nur stellvertretend erwähnt, soll die Laserstation am Observatorium Graz Lustbühel kurz beschrieben werden. Ein extrem kurzer Laserlichtimpuls wird in Richtung Satellit abgeschickt und an den Reflektorflächen dieser oft nur ca. 15 cm im Durchmesser großen kugelförmigen Kleinsatelliten zur Laserstation zurückgeschickt. Allerdings kommen vom Laserimpuls von ursprünglich ca. 1 cm Länge (entspricht ca. 35 ps) nur mehr einige wenige Photonen (!) zurück. Aus der Laufzeit und der bekannten Lichtgeschwindigkeit kann auf die Entfernung des Satelliten und auf Grund eventueller Bahnabweichung lokal auf variable terrestrische Massenverteilung geschlossen werden. Die derzeit erreichbare Genauigkeit der Entfernungsbestimmung zu Satelliten liegt bei wenigen Millimetern. Im internationalen Vergleich erzielt die Laserstation Graz weltweit die meisten Echos von den für "Satellite Laser Ranging" eingesetzten Satelliten.

Aus der bereits angedeuteten reichhaltigen Fülle der theoretischen, experimentellen und angewandten Forschungsrichtungen des Instituts für Weltraumforschung, die die Themenbereiche Erde, Planeten und Monde, Kometen und den interplane-

ao. Univ.-Prof. Helmut O. Rucker, Institut für Weltraumforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Schmidlstr. 6, 8042 Graz

taren Raum umfassen, sollen die Forschungsaktivitäten der vom Autor geleiteten Abteilung näher vorgestellt werden.

Die Physik planetarer Magnetosphären

Die Sonne als Zentralgestirn unseres Sonnensystems emittiert neben elektromagnetischer Strahlung, die wir in Form von Licht und Wärme registrieren, auch eine Plasmaströmung, die sich mit hoher Geschwindigkeit radial in den interplanetaren Raum ausbreitet. Dieser sog. Sonnenwind, welcher aus Elektronen und Protonen und zu einem geringen Prozentteil auch aus höher ionisierten Atomen besteht, ist eine Überschallströmung, d.h., die in diesem Plasma auftretenden Informations-Übertragungsgeschwindigkeiten (Schallwellen, Alfvén-Wellen) haben eine deutlich geringere Geschwindigkeit. Dieses Sonnenwindplasma weist eine extrem hohe elektrische Leitfähigkeit auf, was zur Folge hat, dass es das solare Magnetfeld in den interplanetaren Raum hinauszieht. Die Kombination aus radialer Bewegung der Plasmateilchen und der Rotationsbewegung der Sonne um ihre Rotationsachse bewirkt die spiralförmige Struktur des interplanetaren Magnetfeldes. Wir sprechen hier von der sog. Parker-Spirale des interplanetaren Magnetfeldes.

In der Ekliptik trifft nun diese supersonare Plasmaströmung auf die Planeten, wobei hier eine ganz spezifische Wechselwirkung zwischen den Planeten bzw. den planetaren Magnetfeldern einerseits und dem Sonnenwind andererseits auftritt. Für diese hochleitende Plasmaströmung ist nämlich nicht nur der Planetenquerschnitt als Hindernis zu betrachten, sondern das gesamte planetare Magnetfeld, das im planetennahen Bereich in den Weltraum hinausreicht. Die vorhin angesprochene Wechselwirkung zeigt sich in der Weise, dass der Sonnenwind das planetare Magnetfeld auf der sonnenzugewandten Seite zusammendrückt und auf der sonnenabgewandten Seite (der Nachtseite eines Planeten) das Magnetfeld zu einem langen Magnetschweif verformt. Gleichzeitig muss jedoch die Plasmaströmung um diesen Magnethohlraum herumströmen, da die geladenen Teilchen nicht in diesen magnetfelddominierten Raum, der sog. Magnetosphäre, eindringen können (Rucker, 1997).

Bei der Wechselwirkung des Sonnenwindes mit einem planetaren Magnetfeld kommt es relativ häufig zu einem sehr wichtigen plasmaphysikalischen Phänomen, der sog. Magnetfeldverschmelzung (Abb. 1). Diese Verschmelzung erlaubt es topologisch unterschiedlichen Magnetfelder zu interagieren, wobei sich deren Struktur verändert. Diese Veränderung kann als eine Umwandlung von Magnetfeldenergie in kinetische Energie angesehen werden und führt daher direkt zu einer Beschleunigung des Plasmas. Dieses Phänomen ermöglicht unter anderem den lokalen Eintritt von Sonnenwindplasma in die Magnetosphäre eines Planeten. Der Vorgang der "magnetic reconnection" ist ein äußerst komplizierter Prozess und erfordert entsprechend hohen mathematischen Aufwand. Plasmaphysiker unserer Abteilung haben sich schon seit vielen Jahren mit diesem Problem beschäftigt und dabei orts- und zeitabhängige Modelle entwickelt. Natürlich müssen diese Modelle den Beobachtungsdaten gegenübergestellt werden. Hier zeigt sich die große Relevanz dieses plasmaphysikalischen Phänomens der Magnetfeldverschmelzung: an der der Sonne zugewandten Seite der Magnetosphäre, also der Tagseite, ist dieser Prozess verantwortlich für den lokalen Eintritt von Plasma in die Ma-

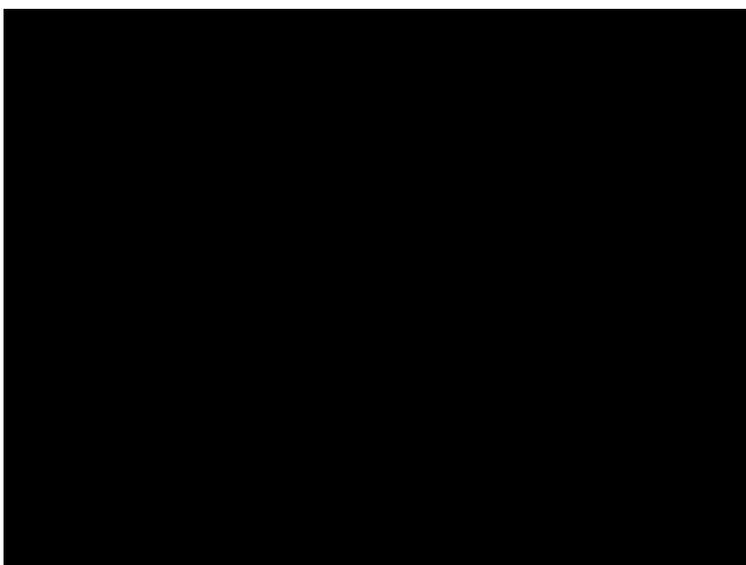


Abb. 1: Am Beispiel der terrestrischen Magnetosphäre werden hier in der Mittags-Mitternachtsmeridianebene die Grundstrukturen der Wechselwirkung des Sonnenwindes mit einem planetaren Magnetfeld dargestellt. Der Bereich des subsolaren Punktes ist vergrößert hervorgehoben: Hier können im Falle südwärts (= nach unten) orientierter Richtung des interplanetaren Magnetfeldes Magnetfeldverschmelzungsprozesse auftreten (Biernat, priv.).

gnetosphäre. Im Magnetschweif hingegen kann dieser Prozess der Magnetfeldverschmelzung eine Beschleunigung des Plasmas bewirken, was in weiterer Folge zu einem vermehrten Teilcheneinfall in die Polarregionen zur Folge hat. In direktem Zusammenhang damit stehen auch die wunderbaren Phänomene des Polarlichts sowie die terrestrische Radiostrahlung, deren physikalische Gesetzmäßigkeiten wir noch erläutern werden.

Die detaillierten mathematischen Modelle über die orts- und zeitabhängige Magnetfeldverschmelzung haben gezeigt, dass Schockwellen vom Ort der "reconnection" weglaufen und somit als indirekter Indikator für diesen Prozess herangezogen werden können. Wie bereits erwähnt, spielen diese Verschmelzungsprozesse eine wesentliche Rolle bei der Beschleunigung des Plasmas. Und so eine Plasmabeschleunigung erfolgt auch in den Bereich der Polarlichtregion hinein. Damit eng verbunden ist das Phänomen des Nordlichts: Geladene Teilchen spiralen entlang von Magnetfeldlinien in die höheren Atmosphärenschichten und kollidieren dort mit jenen Atmosphärenteilchen, die durch diese Kollision in einen angeregten Zustand gelangen, welcher durch Emission von Licht, eben dem Polarlicht rückgängig gemacht wird.

Ein weiteres Phänomen, eng verknüpft mit der oben erwähnten Plasmabeschleunigung, ist die terrestrische Radiostrahlung. Die unter den Bezeichnungen "terrestrial kilometric radiation" (TKR) oder "auroral kilometric radiation" (AKR) bekannte Radioemission ist das Ergebnis eines komplizierten Prozesses, wo kinetische Teilchenenergie von eben jenen entlang von Magnetfeldlinien spiralanden Elektronen umgeformt wird in elektromagnetische Energie, wobei die abgestrahlte Wellenfrequenz in unmittelbarer Nähe der sog. Gyrationfrequenz liegt, jener Frequenz, mit der die Teilchen um die Magnetfeldlinien gyrieren.

Die in unserer Abteilung "Physik des erdnahen Weltraums" durchgeführten Studien über die terrestrische Radiostrahlung verwenden unter anderem Beobachtungen von den INTER-

BALL Satelliten "Tailprobe" und "Auroral Probe". Diese nichtthermische Radiostrahlung tritt bei Frequenzen auf, die die terrestrische Ionosphäre nach unten hin nicht durchdringen können. Somit ist eine Beobachtung dieser Radioemission vom Boden aus nicht möglich.

Die Theorie zur Erzeugung nichtthermischer Radiostrahlung geht davon aus, dass ein energetischer Elektronenstrom (1-10 keV) in Bereiche konvergenter Magnetfeldlinien eindringt. Konvergente Magnetfeldlinien findet man an den Polregionen eines Dipols, wie es im wesentlichen die Erde hat, und somit können also Teilchen, in unserem Falle Elektronen, zwar in Form von Spiralbewegung in gewisse Höhen vordringen, aber durch ihren unterschiedlichen Anstellwinkel zum Magnetfeld (Winkel zwischen dem Geschwindigkeitsvektor und der Magnetfeldrichtung) wird ein Teil der Elektronen schon in größeren Höhen gespiegelt und die Bewegung erfolgt wiederum von der Erde weg. Andere Elektronen mit einem kleineren Anstellwinkel können sehr tief in die Atmosphäre eindringen. Hier ist die Wahrscheinlichkeit recht groß, dass eine Kollision mit Atmosphärenteilchen stattfindet, und die Elektronen gehen verloren. Die wiederaufsteigende Elektronenplasmabevölkerung befindet sich nun nicht mehr in einer Gleichverteilung und versucht nun allerdings diese Gleichverteilung zu erreichen durch Abgabe an kinetischer Energie und Transformation in Wellenenergie. Bei Vorliegen geeigneter Umstände - die Elektronengyrationsbewegung und der elektrische Vektor der zu verstärkenden elektromagnetischen Welle befinden sich zueinander in konstanter Phase - erfolgt eine Verstärkung der elektromagnetischen Welle und Radiostrahlung wird unter großem Winkel zum Magnetfeld abgestrahlt. Man kann sich vorstellen, dass die etwa mit der Zyklotronfrequenz emittierte Strahlung sich in einem Kegelmantel befindet, dessen Öffnungswinkel zur Kegelsymmetrale etwa zwischen 70 und 90 Grad beträgt. In Kenntnis dieser Situation haben Mitarbeiter in der Abteilung die Beobachtungsdaten der Radiostrahlung von INTERBALL Tailprobe herangezogen und den Wellenstrahl von der Satellitenposition zurückverfolgt bis zum möglichen Ort der Radioquelle, indem man Feldlinien aufsucht, die unter verschiedenen geeigneten Winkel zum Wellenstrahl liegen. Die Kenntnis der Position der Radioquelle, die Polarisation der Welle, die Frequenz und Intensitätsvariation der Radiostrahlung und viele weitere Parameter sind für den in diesem Bereich der Weltraumforschung tätigen Wissenschaftler von großer Relevanz, da dieses Phänomen der nichtthermischen planetaren Radiostrahlung als Indikator für verschiedene magnetosphärische Prozesse, gewonnen in einer Art Fernerkundung, herangezogen werden (siehe Rucker und Bauer, 1985; Rucker et al., 1988; 1992; 1997).

Die nichtthermische magnetosphärische Radiostrahlung bei Jupiter

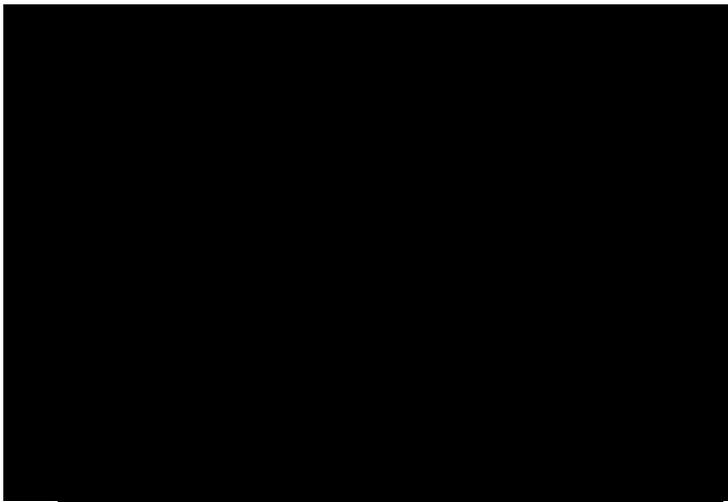
Im Jahre 1955 haben Burke und Franklin, zwei amerikanische Physiker, eher zufällig die Radiostrahlung von Jupiter auf einer Frequenz von etwa 22 MHz entdeckt. Man kannte bereits früher das Phänomen der Radiostrahlung von der Sonne, war aber überrascht, dass auch ein Planet eine nichtthermische Radiostrahlung emittieren kann. Die Erklärung dieses Phänomens erfolgt, wie bereits erwähnt, durch die Annahme, dass energetische Elektronen um ein Magnetfeld gyrieren, also eine Kreisbewegung um die Magnetfeldlinie durchführen und da-

bei elektromagnetische Wellen emittieren. Somit liegt dieser Erklärung zu Grunde, dass die emittierte Strahlungsfrequenz in der Nähe der sog. Gyrationfrequenz liegen muss. Diese Kreisfrequenz der Gyrationbewegung ist direkt proportional zur magnetischen Induktion und reziprok zur Masse des Teilchens. Wesentliche Schlussfolgerung aus dieser Entdeckung war die Möglichkeit, die Größe des Jupiter Magnetfeldes aus der empfangenen Frequenz zu bestimmen, und dies noch vor den Zeiten der Satelliten- und Raumsondenflüge. Nach etwa einem Jahrzehnt kontinuierlicher Beobachtung der Jupiter Radiostrahlung durch terrestrische Bodenstationen hatte man bereits ein relativ umfassendes Bild von der Jupiter Radiostrahlung bekommen und entdeckte nachfolgend einen sehr relevanten Triggermechanismus zur Auslösung dieser im Dekameterwellenbereich auftretenden Radiostrahlung, und zwar die Rolle des Galileischen Mondes Io.

Der Mond Io, den wir heute durch etliche Raumsondenvorbeiflüge, insbesondere durch die Sonde Galileo, als einen Mond kennen, welcher durch aktiven Vulkanismus gekennzeichnet ist, spielt eine ganz relevante Rolle bei der Beschleunigung von Elektronen in Richtung Jupiter, die dann in weiterer Folge für die Dekameter-Radiostrahlung von Bedeutung sind. Immer dann, wenn Io durch Magnetfeldlinien mit bestimmten Regionen des Jupiter-nahen Magnetfeldes verknüpft ist, kommt es zu besonders starken Radiostrahlungsausbrüchen, den sog. Radiobursts, wobei eine Abstrahlung ungefähr im rechten Winkel zur magnetischen Feldlinienrichtung erfolgt. Diese emittierte Radiostrahlung befindet sich somit im Kegelmantel eines sehr weit geöffneten Kegels rund um die magnetische Feldlinie. Wenn die Strahlrichtung derart orientiert ist, dass die Erde getroffen wird, können Bodenstationen diese Radiostrahlung empfangen. Aus der bekannten Rotationsperiode von Jupiter mit nicht ganz 10 Stunden und der Orbitalperiode von Io um Jupiter mit etwas mehr als 42 Stunden konnte man nach Jahrzehnten ein Muster erkennen, wann unter welchen geometrischen Konfigurationen Radiostrahlung zu erwarten ist, d.h. man konnte eine Art Vorhersagekatalog erstellen.

Die 1977 gestarteten Raumsonden Voyager 1 und Voyager 2 haben unsere Kenntnis über den größten Planeten unseres Sonnensystems gewaltig vermehrt (Rucker, 1991). Im Bereich der magnetosphärischen Radiostrahlung wurde beobachtet, dass Jupiter nicht nur im Dekameterwellenlängenbereich, also im Frequenzbereich von 10 und mehr MHz, sondern auch bei wesentlich tieferen Frequenzen aktiv ist. Diese niederen Frequenzen können durch Bodenstationen nicht beobachtet werden, da die terrestrische Ionosphäre diese Frequenzen abschirmt. Die Voyager Raumsonden konnten dagegen alle jene Frequenzen beobachten, die Jupiter in den interplanetaren Raum emittiert. Dazu zählen insbesondere die Hektometerradiostrahlung und die Kilometerwellenlängenkomponenten, welche zum Teil im Aurorabereich, zum Teil aus der Gegend des Torus entlang der Io Orbitalbahn erzeugt werden. Nach dem Vorbeiflug der Raumsonden an Jupiter konnten zum ersten Mal auch die Strahlungsphänomene auf der Jupiter Nachtseite detektiert werden und das Bild von Jupiter als Radiostrahler hat sich dahingehend vervollständigt, dass die Radiostrahlung wie ein rotierender Lichtkegel eines Leuchtturms in das All emittiert wird.

Die graphische Darstellung einer Radiostrahlung erfolgt üblicherweise in Form eines sog. dynamischen Spektrums, wobei als Achsen die Zeit bzw. die Frequenz aufgetragen werden und die Schwärzung oder Farbe die Intensität der empfangenen Strahlung wiedergibt (Abb. 2). Und hier waren die Voyagerbeobachtungen bahnbrechend in der Entdeckung der inneren Strukturen solcher dynamischer Spektren. Neben den bereits bekannten Radiostürmen, die unter den Namen Io-A, Io-B, Io-C und Io-D sowie non Io-A, non Io-B und non Io-C bekannt sind, wurden in diesen dynamischen Spektren auch Bogenstrukturen erkannt, die einen Hinweis geben auf die kegelartige Emission der Dekameter-Radiostrahlung. Es zeigte sich, dass jedoch nur große Antennenanlagen und hocheinsensitive Instrumente in den Bodenstationen im Stande waren, weitere Detailstrukturen hochauflösend in Frequenz und Zeit zu detektieren.



Universal Time

Abb. 2: Das sog. dynamische Spektrum (Radioburst-Intensität in einem Diagramm Frequenz gegenüber Zeit) veranschaulicht hier die komplizierte Phänomenologie der Jupiter Dekameter Radiostrahlung für etwa 5 Sekunden. Zwei aktive Frequenzbänder mit Mittenfrequenzen bei ca. 20 und 26 MHz) sowie sporadische Emissionen zwischen 22 und 23 MHz sind sichtbar. Dunkle, wolkenartige Schattierungen können ebenfalls einer (diffusen) nicht-thermischen Radioemission zugeordnet werden. Die horizontalen Linien sind Interferenzen ("man-made noise").

Als relevanter Meilenstein in der Forschungsaktivität der Abteilung wurde im Jahre 1986 die Radiostation am Observatorium Lustbühel in der Nähe von Graz eröffnet. Es konnten damit auf interferometrischem Wege Radiosignale von Jupiter empfangen werden. Ein vom Observatoire de Paris-Meudon in Frankreich zur Verfügung gestellter Multikanalempfänger wurde nachfolgend in der Radiostation installiert und man konnte mit hoher Zeit- und Frequenzauflösung Feinstrukturen im dynamischen Spektrum erkennen. Diese Feinstrukturen sind unter anderem die sog. Millisekundenradiobursts.

Die Abbildung 2 zeigt eine Serie von Millisekundenradiobursts, welche am Observatorium Grakovo in der Nähe von Kharkov (Ukraine) durch ein von uns gemeinsam mit dem Observatoire de Paris-Meudon entwickeltes Gerät aufgenommen wurden. Der im Bereich der Millisekundenradiobursts auftretende Formenreichtum ist offenbar die Folge höchst komplizierter Prozesse im Zusammenhang mit der Erzeugung und Ausbreitung dieser Radiowellen.

Wesentliches Charakteristikum eines Millisekundenradiobursts ist demnach seine (fast immer) negative Drift im dyna-

mischen Spektrum. Eine (naheliegende) Erklärung der negativen Drift eines Millisekunden-Radiobursts im dynamischen Spektrum, also das Auftreten des Wellenphänomens bei zuerst hohen und dann bei niederen Frequenzen ist die Bewegung von (gespiegelten) Elektronen, welche Radiostrahlung auslösen, zuerst in Jupiter-Nähe (starkes Magnetfeld = hohe Gyrationfrequenz) und dann erst in größerer Entfernung (schwächeres Jupiter-Magnetfeld = geringere Gyrationfrequenz). Es ist aber auch durchaus denkbar, dass nur der Anregungszustand als solcher, also das Auslösen von Millisekunden-"Radioblitz", entlang von Jupiter-Magnetfeldlinien weitergegeben wird. Schließlich können noch entlang des Ausbreitungsweges (innere Jupiter-Magnetosphäre, Io-Torus, äußere Jupiter-Magnetosphäre, interplanetarer Raum, terrestrische Magnetosphäre, terrestrische Ionosphäre, Radioteleskop als Ende des Ausbreitungsweges) entscheidende Veränderungen am Radioburst auftreten.

Diesbezügliche theoretische und experimentelle Untersuchungen werden in der Abteilung intensiv fortgesetzt und - wie noch erwähnt werden wird - in internationaler Zusammenarbeit an vorderster wissenschaftlicher Front durchgeführt.

Die Raumsonde Cassini auf dem Wege zu Saturn

Im Oktober 1997 startete die Raumsonde Cassini zu ihrem weit entfernten Ziel, dem Riesenplaneten Saturn. Aufgrund der großen Masse der Raumsonde waren die Raketentriebwerke nicht im Stande, eine ausreichende Beschleunigung für den direkten Weg zu Saturn zu erreichen. Somit musste die erforderliche Geschwindigkeit durch Vorbeiflüge an den Planeten Venus, Erde und natürlich auch Jupiter erreicht werden. Diese sog. "gravity assist flybys" haben, wie noch später ausgeführt wird, eine Bedeutung für die Überprüfung und Kalibration bestimmter Experimente an Bord der Raumsonde. Die Cassini Raumsonde hat die Aufgabe, das Saturnsystem, also den Planeten Saturn, seine Magnetfeldumgebung - die sog. Magnetosphäre - und seine Monde zu erkunden. Cassini wird im Juli 2004 in einen Orbit um Saturn einschwenken und die sog. Huygens Probe wird sich vom Mutterkörper lösen und eigenständig auf den Saturnmond Titan niedergehen und die Atmosphäre dieses großen Mondes untersuchen.

Der Autor ist Co-Investigator an einem der etwa ein Dutzend Experimente an Bord der Raumsonde, und zwar am Experiment "Radio and Plasma Wave Science". Dieses Experiment besteht aus Antennen, aus einer Langmuir Sonde und entsprechenden Empfängern, die Radiofrequenzen aufnehmen können. Es ist das Ziel dieses Experiments, elektrostatische und elektromagnetische Wellen zu detektieren, welche Hinweise geben auf dynamische Prozesse in einem Plasma in der Planetenumgebung. Für unsere Abteilung besteht eine Hauptaufgabe darin, das Empfangsverhalten dieser Antennen an Bord der Raumsonde Cassini zu untersuchen, um fehlerfreie und kalibrierte Messungen zu erreichen. Man kann sich sehr leicht vorstellen, dass der metallische Körper einer Raumsonde selbst wie eine Antenne wirkt und somit das Empfangsverhalten der eigentlichen Antennen stört. Hier ist das Konzept der sog. effektiven Antennenvektoren sehr hilfreich. Diese effektiven Antennenvektoren sind fiktive Vektoren, welche von der Richtung der eigentlichen "physikalischen" Antennen abweichen, wenn die Antennen an einem komplizierten Strukturgebilde der Raumsonde fixiert sind. Es gibt mehrere Verfahren,



Abb. 3: Das für das Rheometrie-Experiment gebaute Modell der Cassini Raumsonde ermöglicht die Bestimmung der sog. effektiven Antennenvektoren. Das aus Messing hergestellte und vergoldete Modell zeigt die wesentlichen Strukturelemente der Raumsonde, wobei bestimmte Teile beweglich oder auch abnehmbar ausgeführt sind (wie z.B. die Huygenssonde). Die "high-gain" -Antenne weist während des Fluges jenseits der Erdorbitalbahn immer in Richtung Erde. Die dünnen langen Stabelemente sind die RPWS Antennen, der dicke Stab (nach links obenweisend) ist der sog. "magnetometer boom". (Der nach unten gekrümmte Stab ist die Modellhalterung.)

diese effektiven Antennenvektoren zu bestimmen und in Kürze sei hier auf ein Verfahren näher eingegangen, welches zur Bestimmung des Cassini-RPWS-Empfangsverhaltens auch in der Abteilung durchgeführt wurde.

Das Empfangsverhalten eines Antennensystem lässt sich unter anderem experimentell durch die sog. Rheometrie bestimmen. Hier wird ein so exakt wie möglich konstruiertes Modell der Raumsonde gebaut, im vorliegenden Fall im Maßstab 1:30 (Abb. 3), und dieses Modell wird in einen großen Wassertank unter definierten Orientierungen hineingegeben. Der Wassertank (Länge-Breite-Höhe 2m-1m-1m) besteht aus einem nichtleitendem Material (Marmor) und hat an den Stirnseiten zwei metallische Platten, an denen ein quasi-statisches elektrisches Feld angelegt wird. Durch das im Tank befindliche Wasser entsteht nun ein sehr homogenes elektrisches Feld, welches allerdings ein niederfrequentes Wechselfeld ist, um galvanische Effekte an den Leiterplatten zu verhindern. Nun können Spannungswerte an den physikalischen Antennenstäben des Raumsondenmodells abgenommen werden, und bei drei zueinander orthogonalen Aufhängeachsen kann durch jeweilige Drehung des Modells die effektive Höhe alle Antennenstäbe (= effektive Antennenvektoren) dreidimensional bestimmt werden. Eine Überprüfung dieser Winkelwerte, die die Abweichung der effektiven Antennenvektoren von den physikalischen Antennenstäben angeben, kann beim Vorbeiflug der Raumsonde Cassini an Jupiter im Dezember 2000 erfolgen. Denn hier wird die natürliche Radiostrahlung von Jupiter ausgenutzt und durch entsprechende Rollmanöver können diese effektiven Antennenvektoren auch im Flug eruiert werden (Rucker et al., 1996).

Während des Vorbeifluges der Raumsonde Cassini an Jupiter wird eine Reihe von zusätzlichen Beobachtungsmöglichkeiten geschaffen, die in ihrer Gesamtheit ein umfassendes Bild vom Sonnenwind und dessen Einfluss auf das Jupiter Magnetfeld bzw. das Jupiter Magnetosphärensystem geben sollen. Wenn Cassini vor dem Zeitpunkt der größten Annäherung an Jupiter (closest approach = 30. Dezember 2000) die Verhältnisse des Sonnenwindes messen kann, dann ist es der Raumsonde Galileo im Orbit um Jupiter innerhalb der Jupiter Magnetosphäre möglich, die Auswirkungen eventueller Sonnenwindveränderungen in der Jupiter Magnetosphäre zu "sehen". Gleichzeitig werden der Satellit "Wind" im elliptischen Orbit um die Erde und das Hubble Space Teleskop Jupiter ins Visier nehmen. Darüber hinaus sind einige Bodenstationen, insbesondere Radioteleskopanlagen vorbereitet, die Radiostrahlung von Jupiter im Dekameterbereich zu messen. Alle diese Aktivitäten werden koordiniert durch den sogenannten "International Jupiter Watch", welcher aus sechs verschiedenen Disziplinen besteht. Der Autor ist Vorsitzender der "IJW-Magnetosphäre and Radio Emissions" Disziplin, und aus den unten angeführten Webpages sind die näheren Details zu entnehmen.

Die Abteilung ist somit führend involviert in den wissenschaftlichen Aktivitäten des "International Jupiter Watch". Das hat seinen Grund in der seit vielen Jahren bestehenden Radio Teleskop Anlage am Observatorium Lustbühl zur Beobachtung der Jupiter Radiostrahlung, aber insbesondere durch die Tatsache, dass innerhalb der letzten Dekade eine vom Autor initiierte Beobachtungsspange in Europa aufgebaut wurde. Hier sind drei Radiostationen, die Radiostation Nancy, etwa 200 km südlich von Paris, die Radiostation Graz, Observatorium Lustbühl und das im Dekameterbereich weltweit größte Antennenarray Kharkov in der Ukraine zusammengeschlossen. Eine seit Jahren sehr enge Kooperation der Abteilung mit dem Observatoire de Paris-Meudon und mit dem Radio Astronomy Institute in Kharkov hat hier erstaunliche Erfolge erzielt: Dieses europäische Beobachtungsnetz ist weltweit als einziges imstande, Jupiter über eine volle Jupiterrotation (9 Stunden 57 Minuten) zu beobachten. Weiters wurden im Rahmen dieser Zusammenarbeit erstmals Simultanmessungen im Bereich zeitlich und frequenzmäßig hochauflösender Beobachtungen durchgeführt. Darüber hinaus entstand als Resultat einer Dissertation an der Universität Graz (Betreuung durch den Autor gemeinsam mit dem Observatoire de Paris Meudon) ein sog. Digitalspektropolarimeter (DSP), welcher innerhalb von 12 MHz auf über 1000 verschiedenen Empfangskanälen bei einer zeitlichen Auflösung von einer Millisekunde Wellen im Dekameterbereich mit unübertroffen hoher Sensitivität empfangen kann. (Die hohe Qualität des Digitalspektropolarimeters hat unsere französischen Kollegen am Observatoire de Paris-Meudon veranlasst, dieses Gerät zu duplizieren!) Im Rahmen eines internationalen EU-INTAS Projektes ("New Frontiers in Decameter Radio Astronomy") hat die Kombination des Einsatzes eines Empfangsgerätes neuester Technologie (DSP) im weltweit größten Radioteleskop (UTR-2 Kharkov) neue Ergebnisse gezeitigt, wie die Abbildung 2 zum Ausdruck bringt. Dieses europäische Beobachtungsnetz wird also auch in Bereitschaft stehen und Messungen durchführen, wenn Cassini an Jupiter vorbeifliegen wird.

Blitzphänomene in der Atmosphäre des Saturnmondes Titan?

Wissenschaftliche Mitarbeiter der Abteilung haben sich auch mit den Atmosphären und Ionosphären von Planeten beschäftigt. Die detaillierte Kenntnis physikalisch/chemischer Gesetzmäßigkeiten von Atmosphären unterschiedlicher Zusammensetzung und Struktur hat demnach die theoretische Behandlung auch der Titan-Atmosphäre ermöglicht. Die für eine Atmosphäre wichtigen Aspekte wie Temperaturveränderung, Teilchenflucht, Aerosolverteilung etc. wurden in die Erstellung eines "Atmospheric Engineering Model" der Titan-Atmosphäre einbezogen, welches für den Abstieg der "Huygenssonde" auf die Titan-Oberfläche von großer Wichtigkeit sein wird.

Bevor die Raumsonde Cassini im Jahre 2004 in den Orbit um Saturn einschwenkt, wird sich vom sog. "Orbiter" die Huygenssonde lösen und als eigener Raumsondenkörper ("Probe") dem Titan nähern. Beim Abstieg durch die Titan-Atmosphäre werden umfangreiche Messungen, vor allem der Zusammensetzung der Gashülle, vorgenommen. Die Vorkenntnis des Druckprofils spielt hier eine relevante Rolle, weil bestimmte Sonden-Mechanismen (z.B. Freisetzen von Fallschirmen) druckabhängig ausgelöst werden.

Während des Abstiegs der Huygenssonde wird auch ein Teilexperiment HASI-PWA ("Huygens Atmospheric Structure Instrument - Permittivity, Wave and Altimetry Instrument) niederfrequente elektrische Felder und die elektrische Leitfähigkeit messen - ein Gerät, das maßgeblich durch Wissenschaftler der Abteilung für Experimentelle Weltraumforschung entwickelt wurde. Und dieses Instrument könnte eventuelle Blitzentladungen in der Titan-Atmosphäre detektieren. Die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung von Blitzphänomenen durch die Huygens-Probe ist vermutlich nicht sehr groß (zeitlich und räumlich begrenzte Durchquerung der Titan-Atmosphäre). Eine wesentlich höhere Chance auf Blitz-Entdeckung besteht durch das oben erwähnte RPWS-Experiment an Bord des Cassini-Orbiter, welcher innerhalb der prognostizierten Lebensdauer von 4 Jahren (2004-2008) insgesamt 44 Vorbeiflüge an Titan vornehmen wird. Entsprechende theoretische Studien wurden diesbezüglich in unserer Abteilung kürzlich fertiggestellt.

Kometenphysik (ROSETTA)

Der Bogen wissenschaftlicher Tätigkeit schließt sich mit einem wichtigen Schwerpunkt, der Untersuchung der thermischen und strukturellen Eigenschaften des Kometenkernes durch das Experiment MUPUS (= Multi-Purpose Sensors for Surface and Sub-Surface Sensors) am ROSETTA Lander. Hier haben Wissenschaftler unserer Abteilung am Design der Elektronik sowie an der Entwicklung eines Ankers mitgewirkt. Die Masse eines Kometenkernes führt naturgemäß zu einer äußerst geringen Schwerkraft. Somit besteht für den Lander auf dem Kometen die Gefahr, nach vollzogener Landung wieder ins All abzudriften. Dem wirkt im Moment der Landung ein Anker entgegen, welcher in die oberflächennahen Schichten des Kometenkernes hineingeschossen wird (Abb. 4). Die im Anker befindlichen Sensoren zeichnen mit hoher Genauigkeit die anfänglich positive (Abschuss) und danach einsetzende negative Beschleunigung (Abbremsung durch die Kometenkern-

Abb. 4: Der ROSETTA Lander ist mit einem Anker auf der Kometenkern-Oberfläche fixiert, wobei aus dem (negativen) Beschleunigungsverhalten des Ankers auf die Konsistenz der oberflächennahen Schichten geschlossen werden kann. Ein weiterer Penetrator (links) dient ebenfalls der Analyse von Kometenkern-Schichten (Kömle, priv. Mitteilung)

Schichten) auf, was zu entsprechenden Rückschlüssen auf die Zusammensetzung dieser Schichten führen soll. Diese unter der Bezeichnung "Penetrometry" laufende Forschungsrichtung ist hochaktuell im Lichte der neu geplanten Missionen zu Mars ("Netlander"), aber auch zu anderen noch nicht aufgesuchten Planeten mit fester Oberfläche (Merkur, Pluto).

Die Zukunft der österreichischen Weltraumforschung

Das Institut für Weltraumforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften konzentriert seit seiner Existenz den größten Teil der in Österreich durchgeführten wissenschaftlichen Forschung auf dem Gebiet der Weltraumwissenschaften. Im Laufe der vergangenen drei Jahrzehnte hat sich das Institut durch internationale Kooperation und durch erfolgreiche Drittmittel - Akquirierung zu einer anerkannten Institution entwickelt, deren Projekte und Forschungsprogramme weit in die Zukunft reichen. Ein wesentliches Ziel war und wird es sein, eine ausgewogene Balance von angewandter und Grundlagenforschung zu halten. Die Österreichische Akademie der Wissenschaften hat all diese Bemühungen mit einem notwendigen, aber auch großartigen Geschenk honoriert: dem Bau eines neuen Forschungszentrums in Graz, welches noch im Jahr 2000 bezogen werden wird und das dem Institut für Weltraumforschung auch für die nächsten Jahrzehnte eine erfolgreiche Zukunft sichert.

Literatur

- Rucker, H.O. und S.J. Bauer (Hsg.): *Planetary Radio Emissions*. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 276 S., 1985.
- Rucker, H.O., S.J. Bauer, und B.M.-Pedersen (Hsg.): *Planetary Radio Emissions II*. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 465 S., 1988.
- Rucker, H.O.: *Erkundung der Radioplaneten durch Voyager*. Physik in unserer Zeit, 22, (4), 149-155, 1991.

Rucker, H.O., S.J. Bauer, und M.L. Kaiser (Hsg.): *Planetary Radio Emissions III*. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 536 S., 1992.

Rucker, H.O., W. Macher, R. Manning, und H.P. Ladreiter: *Cassini model rheometry*, Radio Sci., 31, 1299 - 1311, 1996.

Rucker, H.O.: *Planetenmagnetosphären*. In: Bergmann - Schäfer, Lehrbuch für Experimentalphysik, Bd. 7, Erde und Planeten, Kap. 6, Walter de Gruyter und Co. Verlag, Berlin, 527 - 603, 1997.

Rucker, H.O., S.J. Bauer, und A. Lecacheux (Hsg.): *Planeta Radio Emissions IV*. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 518 S., 1997.

Galileo: <http://galileo.ivv.nasa.gov>

Cassini: <http://www.jpl.nasa.gov/cassini/today>

Earth from Space: <http://earth.jsc.nasa.gov>

ROSETTA/MUPUS: <http://ifp.uni-muenster.de/pp/MUPUS>

Einige relevante Internet-Adressen:

Institutionen

Österr. Akademie der Wissenschaften: <http://www.oeaw.ac.at>

Institut für Weltraumforschung: <http://www.iwf.oeaw.ac.at>

Österreichische Weltraumagentur ASA:

<http://www.asaspace.at>

Europäische Weltraumagentur ESA: <http://www.esa.int>

NASA (USA): <http://www.nasa.gov>

Radiostation Nancy (Frankreich): <http://www.obs-nancay.fr>

Projekte und Missionen

International Jupiter Watch: <http://www.iwf.oeaw.ac.at/ijw>

New Frontiers in DAM Radio Astr.:

<http://www.iwf.oeaw.ac.at/intas>

Mars Global Surveyor: <http://mpfwww.jpl.nasa.gov/mgs>

*"Happy-Birthday-Fireworks" für Soho vom 23. - 27. November 2000
Ein massiver coronare Auswurf der Sonne, der auf der Erde zu prächtigen
Polarlichterscheinungen führte. (Quelle: sohowww.estec.esa.nl)*

Projektunterricht an der HLWT Neusiedl groß geschrieben!

Die SchülerInnen der 3 AW

An unserer Schule hat neben der Vermittlung von theoretischem Wissen die Anwendung des Gelernten in der Praxis, der handlungsorientierte Unterricht und die Durchführung von Projekten einen großen Stellenwert.

In der ersten Stunde des Schuljahres 1999/2000 erklärte uns unsere Professorin Mag. Andrea Kiss, daß wir an unserer Schule nur ein Jahr Physikunterricht im Lehrplan hätten. Sie erklärte uns die einzelnen Stoffkapitel des Lehrplans und fragte uns, auf welche Art wir den Physiklehrstoff gerne bearbeiten wollten. Sie machte uns den Vorschlag, den Lehrstoff im Rahmen eines Projektes zu erarbeiten und mit diesem Projekt an einem Wettbewerb der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft teilzunehmen. Bald stand fest, daß wir Physikspielzeug basteln wollten, um vor allem Kindern die Physik nahezubringen. Unser Ziel war, daß wir im September unsere einfachen Experimente bei der Präsentation in Graz vorstellen konnten.

Deshalb begannen wir nach einem Brainstorming ein Mind-Map zu erstellen, in dem wir die Gruppen, die Bereiche der

Physik und die einzelnen Versuche anführten. Diesen fünf Workshopgruppen gaben wir die Namen *Schwerpunkt und Gleichgewicht*, *Mechanik*, *Optik*, *Bernoulli* und die letzte Gruppe war die *Seifenblasengruppe*. Bald hatte jeder die Theorie über ihren Themenbereich durchgearbeitet, begann das Material zu besorgen und ihr Spielzeug für die Experimente zu basteln. Außerdem fertigten wir auf Plakaten Versuchsbeschreibungen an und erklärten kurz und möglichst leicht verständlich die physikalischen Grundlagen, die hinter den Experimenten steckt.

Die erste Präsentation gab es dann am Tag der offenen Tür unserer Schule im Jänner. Als Teil der Kinderanimation bauten wir unsere Workshops mit den Plakaten und den Versuchen und Bastelarbeiten im Turnsaal auf. Aber obwohl wir uns sehr bemühten - der "große Renner" waren unsere Bastelarbeiten leider nicht bei den Kids, die in den Turnsaal kamen; wir hatten nämlich eine große Konkurrenz - eine Hüpfburg, die auf die Kinder leider wie ein Magnet wirkte.

Nach diesem Tag waren wir etwas frustriert, da wir dachten, daß unsere Ideen nicht sehr gut wären. Bei unserer Reflexion arbeiteten wir diese Enttäuschung jedoch auf und beschlossen, an der ScienceWeek Austria teilzunehmen. Das taten wir im Mai in Form eines Kinderfestes.

"Spiel und Spaß für Neusiedler Volksschulkids " hieß deshalb das Motto für unsere Klasse im 2. Semester!

Unter der Devise "**Kreative Physik - wir basteln Physikspielzeug**" nahmen wir an der ersten österreichischen Science-Week statt. Erstmals wurde heuer nach englischem Vorbild dazu aufgerufen, Aktionen zu veranstalten, die der Öffentlichkeit die Wissenschaft nahe bringen sollten!

So luden wir die dritte und vierte Klasse der Klosters Volksschule aus Neusiedl am 23. Mai 2000 zu einem gemeinsamen **ScienceWeek-Tag** ein. Mit lustigen Spielen und Basteln wollten wir in 5 Workshops das Interesse von Volksschulkids an Physik wecken und Erstaunen hervorrufen. Wir wollten unseren kleinen Gästen physikalische Grundkenntnisse in spielerischer Form beibringen.

Viele Wochen vor diesem Termin waren wir unter der Leitung unserer Mathe- und Physiklehrerin mit den Vorbereitungen beschäftigt. Das Material vom Tag der offenen Tür mußte gesichtet und ergänzt werden, Zeit- und Ablaufpläne wurden erstellt, Kontakt mit den Veranstaltern wurde per Fax und E-Mail gehalten, das Programm wurde koordiniert, mit der Direktion der Volksschule klärten wir die wichtigsten Daten; wir schrieben Briefe an die Eltern unserer kleinen Gäste und wir sahen uns nach Sponsoren für das Buffet, das Helium, für Luftballons und viele andere Dinge mehr um.

Dann kam der 23. Mai immer näher und somit stieg auch die Aufregung, ob wir alles richtig geplant und vorbereitet hatten. "Hast du nichts vergessen?", "Uns fehlen noch die Filzstifte, wer nimmt sie mit?", "Wer hält nun die Eröffnungsrede und was muß man dabei sagen?", so schwirrten noch am Montag die Fragen durch den Raum, als wir das gesamte Material von der Klasse nach unten - in Richtung Turnsaal - schleppten.

Am Montag abend begann das große Zittern - hoffentlich ist es am nächsten Tag schön, denn wir wollten unseren "Physikzirkus" gerne im Freien abhalten. Dieser Wunsch ging leider nicht in Erfüllung: der Wind wehte einfach zu stark, dicke Wolken standen am Himmel und es war zu kalt.

In der Früh trafen wir uns alle pünktlich im Turnsaal - wir hatten das Spielefest ja für Schön- und Schlechtwetter gut durchgeplant und bereiteten alles vor: Tische und Sessel schleppen, Workshops aufbauen, Plakate aufhängen, das Material auflegen, -...

Und dann standen unsere kleinen Physiklehrlinge etwas zu früh in der Turnsaaltür. Um 8.30 Uhr starteten wir mit einem flotten Tanz - Kinder begrüßen, in Gruppen einteilen, die lustigen Laufkarten verteilen und "ab zu den Stationen" - dann ging es richtig los. Bei fünf Stationen bastelten, zeichneten, experimentierten und spielten die Kinder der Volksschule jeweils 30 Minuten.

Es gab lustige Stehaufmännchen und balancierende Clowns, mit viel Puste entstanden lustige Spritzbilder a la Bernoulli, Bumerangs wurden geschnitten und bemalt, bunte Maxwellpapageien tanzten auf ihrer Stange und viele Kreisel schwirr-

ten über die Tische. Bei der Station mit dem Schwerpunkt Optik malten die Kinder Farbkreisel, bastelten schwarz-weiße Banham-Scheiben, die beim Drehen Farben sehen ließen, klebten Lebensräder und erfuhren viel über die Trägheit unserer Augen. Besonderen Spaß machten allen die Riesenseifenblasen! Es war einfach schön, die Beisterung in den Kinderaugen zu sehen!

Da Experimentieren hungrig und durstig macht, war von uns ein kleines Buffet vorbereitet worden, bei dem sich die Kids die Brote und den Saft gut schmecken ließen. Das Brot hatte uns eine örtliche Bäckerei gesponsert, die Aufstriche hatte wir selbst gemacht - an die 10 kg Brot wurde von unseren experimentierfreundigen Gästen "verputzt".

Als großen Abschluß tanzten wir gemeinsam unseren Tanz, nachdem die Kids von uns noch kleine Geschenke erhalten hatten. Als Höhepunkt ließen wir im Freien unsere mit Helium gefüllten Luftballons mit Erinnerungskärtchen steigen! Hoffentlich schreibt uns jemand zurück!

Dieser Tag war zwar anstrengend, aber sehr schön; es lief alles sehr locker und angenehm ab. Die Kinder waren begeistert von unserer Welt der Physik. Ein Mädchen meinte, daß so eine Art Physikunterricht öfters stattfinden sollte und es ihr sehr viel Spaß gemacht habe. Unser Ziel, den Kids die Physik über das selbstgebastelte Physikspielzeug näher zu bringen, gelang uns recht gut! Anfangs dachten einige von uns, daß es den Kindern vielleicht fad werden konnte, aber schon bald "tauten" sie richtig auf und waren ganz begeistert davon mit Kreiseln zu spielen, zu malen, zu basteln, zu jonglieren oder Diabolo zu spielen. Sie waren sehr nett und wollten unbedingt alles versuchen. "Könnten wir nicht jeden Dienstag solche Physik machen?", fragten einige, bevor das Fest zu Ende ging. Auch die beiden Begleitlehrerinnen waren vom Vormittag und den Geschenken sehr begeistert!



Die Wiederholung im Rahmen der Physicshow anlässlich der ÖPG 2000 im Grazer Stadtpark wurde mit einem Preis ausgezeichnet, den Nobelpreisträger Manfred Eigen überreichte.

Fachbereichsarbeiten aus Physik 2000

Fachbereichsarbeiten bieten als Teil der Matura die Möglichkeit, durch eigene Tätigkeit intensiv experimentelle Untersuchungen durchzuführen, interessante Themen zu vertiefen oder umweltrelevante Fragen zu untersuchen. Die Physikalische Gesellschaft würdigt das Engagement der Maturantinnen und Maturanten seit mehreren Jahren durch Prämierung der besten Arbeiten. 16 Arbeiten wurden zum Termin 1. Mai 2000 beim ÖPG-Vorstand eingereicht. Lediglich aus den Bundesländern Kärnten, Steiermark und Wien wurden Arbeiten vorgelegt, aus denen eine Jury die Preisträger auswählte. Wegen der hohen Qualität der Arbeiten wurden nicht nur 3 Preise, sondern auch 3 ehrende Nennungen vergeben. Die Preisträger wurden zur Jahrestagung der ÖPG Physik 2000 in Graz eingeladen, die Firma AVL organisierte eine Besichtigung ihrer Forschungseinrichtungen.



FBA-Preisträger und Teilnehmer an der IPHO nach der Ehrung bei der ÖPG-Tagung 2000 in Graz

Preis der ÖPG

Benedikt Huber, BRG Feldkirchen: *Der Quantencomputer* (Prof. Mag. M. Maltschnig)

Volker Mayerhofer, BG/BRG Lichtenfelsgasse Graz: *Moderne Anwendungen der Lasertechnik* (OStR Dr. P. Steinbach)

Anja Wallner, BORG Spittal/Drau: *Klein- und Kleinstkraftwerke im Oberen Drautal* (Prof. Mag. E. Pichler)

Lob und Anerkennung

Markus Kittenberger, BRG Rosasgasse Wien: *Positionsbestimmung auf der Erde und im Weltraum* (Prof. Mag. E. Kohaut)

Michael Steindorfer, BG/BRG Seebachergasse Graz: *Doppelsterne – Beobachtungsmethoden für Amateurastronomen* (Prof. Dr. E. Reichel)

Paul Vasak, BG Spittal/Drau: *Das Lichtmikroskop* (Prof. Mag. J. Gröchenig)

Weitere Einreichungen

Feist Johannes, BG 19 Wien: *Die Suche nach Schwarzen Löchern*. Hochsteiner Michael, BORG Eisenerz: *Mit dem Kauf-*

mann-Ionentriebwerk ins nächste Jahrtausend. Huber Daniel, BG/BRG Unterberggasse Wien 20: *Sind wir allein? Über die mögliche Existenz außerirdischen Lebens*. Hubinger Bernhard, BRG 6 Wien: *Strahlenschutz in Österreich*. Possaner Stefan, BG/BRG Lichtenfels Graz: *An den Grenzen von Raum und Zeit – Schwarze Löcher*. Pusca Sina, BRG Feldkirchen: *Funknavigation mittels GPS und RADAR*. Schantl Stefan, BG/BRG Lichtenfels Graz: *Entwicklung des Verbrennungskraftmotors*. Schmierdorfer Martin, BRG Keplerstr. Graz: *Zeitreisen in der Physik*. Spiel Marc, BRG Judenburg: *Der Planet Mars und die Mission Pathfinder*. Straub Martin, BRG Keplerstr. Graz: *Die Physik vom Star Trek*

Anmerkung

Die Aufgabe der Jury ist nicht leicht, und die Prämierung von Arbeiten könnte den Eindruck erwecken, daß diese Arbeiten als Maßstab für künftige Arbeiten gelten sollen. Dies trifft nicht immer zu, doch wird in jedem Fall das dokumentierte Engagement der Verfasser mitberücksichtigt. Wenn auch die Begeisterung verständlich ist, mit der umfassende und in sich abgeschlossene Monografien verfaßt werden, so geht dies am Sinn einer Fachbereichsarbeit doch vorbei. Eine Beschränkung des Umfangs auf etwa 30 Seiten würde den gesetzlichen Intentionen entsprechen und zu einer Beschränkung des Themas, aber auch zur Vertiefung des behandelten Gegenstands führen. Bei Literaturarbeiten wird teilweise penibel zitiert, teilweise sind allerdings nur globale Quellenangaben zu finden. Das größte Problem stellt offensichtlich die Schwierigkeit dar, Themen zu finden, zu denen Maturantinnen und Maturanten eigene Überlegungen und Untersuchungen durchführen können, und die gleichzeitig für die Kandidaten interessant erscheinen.

Die eingereichten Arbeiten werden im Einverständnis mit den Verfassern in den Bestand der Zentralbibliothek für Physik aufgenommen. Einige der Arbeiten können unter der Adresse <http://pluslucis.univie.ac.at/FBA/FBA2000> eingesehen werden. Sie enthalten oft Material, das für den Unterricht einsetzbar ist.

Wie in den Vorjahren stellte der Verlag HPT, nun ÖBV-HPT, dankenswerterweise Buchpreise zur Verfügung.

Es wäre zu hoffen, daß auch aus anderen Bundesländern Arbeiten vorgelegt würden. Denken Sie daran, Einreichtermin für das laufende Schuljahr ist 1. Mai 2001.

Ausschreibung - Prämierung von Fachbereichsarbeiten Physik

Die Österrische Physikalische Gesellschaft lädt Physiklehrer, die eine von ihnen im Schuljahr 2000/2001 betreute Fachbereichsarbeit für auszeichnungswürdig erachten, ein, diese Arbeiten bis zum **1. Mai 2001** einzureichen.

Hiezu ist es erforderlich, eine Kopie der Arbeit, welche im Einvernehmen mit dem Verfasser erstellt wurde, zusammen mit einer Begründung (etwa 1 A4-Seite) an

Univ.-Prof. Dr. Falko Netzer
Institut für Experimentalphysik, Universität Graz
Universitätsplatz 5
8010 Graz

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 2001 in Wien 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

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

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

Der Roman Ulrich Sexl-Preis ist derzeit mit öS 20.000 dotiert.

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

Vorschläge müssen bis spätestens **2. März 2001** beim Vorsitzenden der ÖPG

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

Das europäische Zentrum für Elementarteilchenphysik CERN und die Führungsrolle Europas

PIB Seminar Nr.: 921028

Ort: Europäisches Kernforschungszentrum CERN

Termin: 4. Februar 2001 bis 7. Februar 2001
(für Teilnehmer an der Gruppenreise: ab Wien 3.2. abends - an Wien 8.2.2001 früh)

Zielgruppe: Österreichische Lehrer naturwissenschaftlicher und technischer Fächer

Ziel:

- Einführung in die neuesten Erkenntnisse der Teilchenphysik
- Kennenlernen der für die Experimente nötigen Hochtechnologie

- Kennenlernen des CERN als Ort internationaler Begegnung und Zusammenarbeit in Europa

Inhalt:

- Standardmodell (Teilchen, Naturkräfte) und Urknalltheorie
- experimentelle Methoden der Teilchenphysik
- die internationalen Kollaborationen am CERN

Besichtigungen:

PS (Wie die Teilchenbeschleuniger arbeiten)

SPS: NA48 (CP Verletzung) u. NA49 (Quark-Gluonen Plasma)

LEP, LHC (Z0 "Fabriken" und die Jagd auf 'Higgs'-Teilchen)

SM18 (die Werkstatt der Höchsttechnologie)

Datenverarbeitung (wo das WWW erfunden wurde)

Programm: vormittags Referate und Einf. zu den Führungen und Besichtigungen - nachmittags Führungen und Besichtigungen (ein Nachmittags Genf)

Leitung: Prof. OStR DI Dr. Christian Gottfried,
Theobaldgasse 16/13, 1060 Wien;
Tel:01/587-46-02, Christian.Gottfried@cern.ch

Lehrbeauftragte: CERN-Physiker

Bemerkungen: Die Kosten für die Fahrt und Verpflegung sind vom Teilnehmer zu tragen. Die Seminarteilnehmer werden im CERN Hostel kostenfrei untergebracht. Der Seminarleiter bietet die Organisation einer Gruppenreise (Bahn 2.Klasse, Viererliegewagen) an, wofür mit Kosten von ca. ö.S. 2.000,- zu rechnen ist. Essen in den CERN Kantinen und CERN Restaurants ist möglich. Der Preis pro Mahlzeit bewegt sich dort zwischen SFr 8,- und SFr 18,-.

Anmeldung: im PIB-Sekretariat (Tel 01-60118-4100; Fax 01-60118-4246) zur Platzreservierung. Maximale Teilnehmerzahl ist 20. Von Teilnehmern, die die Bahnfahrt in Anspruch nehmen, wird eine Anzahlung von ATS 1.800,- eingehoben, jene Teilnehmer, die ihre Fahrt selber organisieren, zahlen eine Kautions von ATS 900,-.

Damit die Anmeldungen wirksam werden, sind die Zahlungen bis 20.12.00 auf Konto "Christian Gottfried" Kto.Nr. 300 184 12 bei der "Ersten" BLZ 20111 durchzuführen. Nach Anmeldeschluß ergeht an alle Teilnehmer ein Schreiben des Seminarleiters mit den weiteren Details zur Organisation.

Anmeldeschluß: 20. Dezember 2000

Einladung zum Informationstag PING - Naturwissenschaften fächerübergreifend unterrichten

Praxis Integrierter Naturwissenschaftlicher Grundbildung ist ein Konzept für fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht, das am IPN (Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel) entwickelt wurde.

Naturwissenschaftliche Allgemeinbildung ist Voraussetzung für aktive und verantwortungsbewusste Mitgestaltung in einer von Naturwissenschaft und Technik geprägten pluralistischen Gesellschaft. Die Mehrheit der SchülerInnen erlebt jedoch einen naturwissenschaftlichen Fachunterricht, der kaum in Beziehung zu ihrem täglichen Leben steht. Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht nach dem PING-Konzept

geht von den Interessen und den alltäglichen Erfahrungen der SchülerInnen aus und strebt eine aktiv handelnde Auseinandersetzung mit der Umwelt an. Das Ziel des Unterrichts ist ökologisches und sozial verträgliches Handeln auf der Basis fundierten Fachwissens. Das Konzept und die Materialien eignen sich hervorragend, die allgemeinen Ziele und Fachinhalte des neuen Unterstufenlehrplans im Unterricht umzusetzen.

Inhalt des Informationstages:

- Einführung in das PING-Konzept
- Kennenlernen der PING-Anregungsmaterialien
- Information über den PING-Lehrgang, der ab dem Schuljahr 2000/2001 vom PI-Wien angeboten wird.

Zielgruppe: LehrerInnen, die in der AHS - Unterstufe Biologie, Physik oder Chemie unterrichten

Referentinnen: Mag. Ilse Bartosch, Dr. Elisabeth Langer

Termin: 9.3. 2001, 15.00 bis 18.30 Uhr

Ort: PI-Wien, 1070 Wien Burggasse 14 - 16

Anmeldung zum Informationstag: PI-Wien (über den Dienstweg), Seminarnummer: 2001 3 02 2 070 05

Anmeldeschluss: 2.2.2001

Auskunft: Tel.: 330 31 41/21 (Mag. Bartosch; Mittwoch 10.00 - 11.00 Uhr), e-mail: Ilse.Bartosch@telering.at, elisabeth.langer1@teleweb.at

Saalflugzeug

Zum Abschluß des Vortrags von StD Klaus Strienz bei der Fortbildungswoche ließ Prof. Wolfgang Pietschmann, GRG 23 Wien, ein Saalflugzeug im Hörsaal fliegen.

Daten:

Masse inkl. Gummi: 4,6 g

Spannweite: 30 cm

Bespannung: Kondensatorpapier

Flugzeiten: 1-2 Minuten

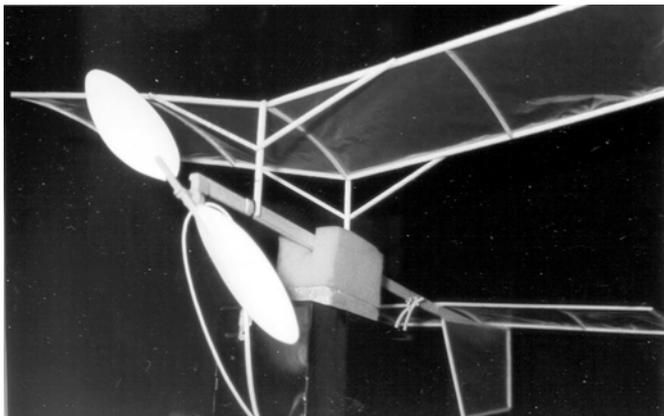
Bezugsquelle:

Fa. Opitec Schulversand

Breitenfurterstr. 262

1230 Wien

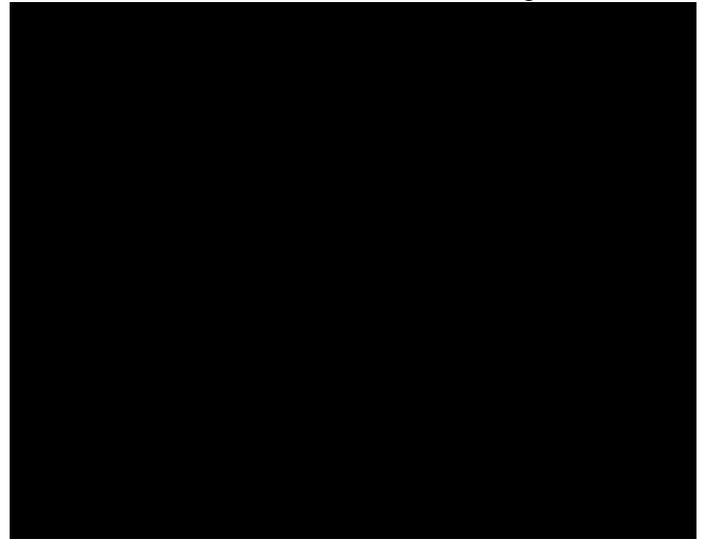
Tel. (01) 8693014



Kurznachrichten aus der Wissenschaft

Saturns neue Monde

War lange Zeit Uranus mit 21 Monden der Rekordhalter, so wurden am 7. August 2000 und am 23. September 2000 jeweils zwei weitere Objekte entdeckt, die mit hoher Wahrscheinlichkeit sogenannte "irreguläre" Monde des Saturn sind. Sie bewegen sich auf unregelmäßigen Bahnen in großer Entfernung und sind mit Durchmessern von 10 bis 50 Kilometern Asteroiden, die vermutlich nach der Entstehung von Saturn und seiner regulären Monde, die auf angenäherten Kreisbahnen nahe der Äquatorebene umlaufen, eingefangen wurden. Das ESO-Bild PR 29b/00 ist eine Montage von 3 im Abstand von 15 Minuten jeweils 100 Sekunden belichteten Aufnahmen am 2,2 m Teleskop der ESO in La Silla. Die Entdeckung von 4 weiteren Monden wurde am 8. Dezember 2000 gemeldet.



Fotomontage aus 3 Aufnahmen des Saturnmondes S2

Blitz im jungen Universum

Das Licht des bisher weitest entfernten Gammastrahlblitzes (Gamma Ray Burst, GRB) war mindestens 11 Mrd. Jahre unterwegs, als es am 31. Jänner 2000 vom internationalen Satelliten-Netzwerk (Ulysses, NEAR, Konus) entdeckt wurde. Aus den unterschiedlichen Eintreffzeiten konnte die Richtung bestimmt werden, worauf das rasch schwächer werdende optische Gegenstück mittels des VLT beobachtet werden konnte. Eine Rotverschiebung von etwa 4,5 konnte dabei ermittelt werden, was bedeutet, daß das Licht mehr als 90% der Lebenszeit des Universums unterwegs war. Welche gigantischen Himmelsereignisse GRBs sind, zeigt sich daran, daß die Explosion 10000 mal heller als die zugehörige Galaxie war und mindestens so hell wie 1000 Supernovae.

Aus dem Studium von bisher rund 20 optischen Beobachtungen von GRBs wird es wahrscheinlich, daß die Explosion von besonders massereichen Sternen zu diesen spektakulären Ereignissen führt.

Freihandexperimente

Werner Rentzsch

Das Aussalzen von Aceton aus einer wässrigen Lösung

Prinzip des Versuchs: Eine Lösung von Aceton in Wasser wird mit Kochsalz versetzt. Die beiden Flüssigkeiten trennen sich in zwei Phasen. Das leichtere Aceton schwimmt auf dem Wasser.

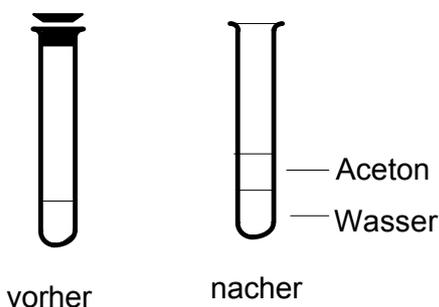
Geräte und Chemikalien: Reagenzglas, Reagenzglasständer, Spatel, Aceton, Wasser, Kochsalz

Arbeitsanweisung: Man gibt etwa 4 cm hoch Wasser in das Reagenzglas und gießt die etwa gleiche Menge Aceton hinzu. Beide Flüssigkeiten werden gemischt, bis man eine einheitliche Lösung (Phase) erhält. Nun gibt man einige Spateln Kochsalz hinzu und versucht es zu lösen.

Beobachtung beim Versuchsablauf: Wasser und Aceton lösen sich uneingeschränkt ineinander. Es entsteht eine echte (also klare) Lösung. Beim Lösen des Kochsalzes tritt Entmischung ein. Das Aceton scheidet sich als eigene Phase ab und schwimmt auf dem Wasser. Man stellt jedoch fest, dass sich das Aceton nicht quantitativ abtrennt. Ein geringer Teil bleibt im Wasser gelöst.

Theoretische Grundlagen: Das "Aussalzen" von organischen Stoffen aus wässriger Lösung beruht auf einer Zunahme der Polarität der Wassermoleküle beim Lösen von Salzen. Der relativ schwach polare Stoff Aceton scheidet sich ab, weil der polare Charakter der Lösung durch die Ionen des Salzes zunimmt und somit eine Gleichartigkeit der Polarität der beiden Stoffe Aceton und Wasser nicht mehr gegeben ist. Eine Gleichartigkeit ist Voraussetzung für die Löslichkeit. Das Aussalzen dient großtechnisch und im Labor zur Abscheidung von Seife und zur Abtrennung von gelösten Proteinen.

Hinweis: Als wirksames Mittel zum Aussalzen erweist sich auch Ammoniumsulfat (oder Ammoniumcarbonat).



Eine rote Rose als Basenindikator

Prinzip des Versuchs: Blütenfarbstoffe können als Indikatoren wirken. Bringt man eine rote Rose, deren Blütenblätter entwachst wurden, in eine Ammoniak-Atmosphäre, so färben sich die Blütenblätter blau.

Geräte und Chemikalien: Standzylinder, Abdeckglas (Uhrglas oder runde Glasscheibe), Becherglas (100 ml), eine rote Rose, Ammoniaklösung conc., Aceton, ev. Salzsäure conc.

Arbeitsanweisung: Eine rote Rose wird mit der Blüte kurz in Aceton getaucht, um die Wachsschicht auf den Blütenblättern zu entfernen. Man lässt kurz trocknen und stellt die Rose in einen Standzylinder, auf dessen Boden etwa 0,5 cm hoch Ammoniaklösung steht. Der Standzylinder wird mit einem Abdeckglas verschlossen.

Beobachtung beim Versuchsablauf: Die rote Blütenfarbe verfärbt sich allmählich bis schließlich die gesamte Rosenblüte blau ist. Manchmal bleibt die rote Farbe an einigen inneren Blütenblättern in den tieferen Teilen der Blüte erhalten. (Diese Stellen sind häufig nicht entwachst worden).

Theoretische Grundlagen: Bereits Robert Boyle (1627 - 1691) erkannte, dass blaue Blüten bei Anwesenheit von Säuren eine rote Farbe annehmen können. Seitdem werden Blütenfarbstoffe und Pflanzenfarbstoffe (z.B. Lackmus, Rotkrautsaft) zur Indikation von Säuren und Basen herangezogen.

Rote Rosen können verschiedene Rotnuancen aufweisen. Erfahrungsgemäß eignen sich relativ hellrote (oder mittelrote) Rosen besser für den Versuch als dunklerfarbige Rosen.

Durch die Ammoniakdämpfe kommt es zu einer Farbstoffreaktion (ähnlich der Reaktion von Rotkrautsaft), die zu einer Farbumwandlung führt. Beide Blütenfarbstoffe gehören zu den Anthocyanen.

Hinweise:

- Die Länge des Rosenstengels muß der Höhe des Standzylinders angepaßt werden.
- Möchte man die rote Farbe der Rose teilweise wieder herstellen, hält man sie in Salzsäuredämpfe halten.
- Auch andere rote Blüten lassen sich heranziehen. Mit blauen Blüten (z.B. Kornblumen, Glockenblumen) lassen sich Säuredämpfe (z.B. HCl) nachweisen.

Die folgenden Experimente stammen aus einer privaten Experimentensammlung von Univ. Prof. Dr. Heinz Schmidkuz (Universität Dortmund). Die Versuche wurden von mir leicht abgeändert bzw. gekürzt und teilweise im Text verändert sowie mit Zeichnungen versehen. Im Rahmen der 54. Fortbildungswoche des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts wurden die Experimente von Prof. H. Schmidkuz und von W. Rentzsch gezeigt.

Der Dampfdruck über festem Iod

Prinzip des Versuchs: Dampfförmiges Iod wird mit Stärke nachgewiesen.

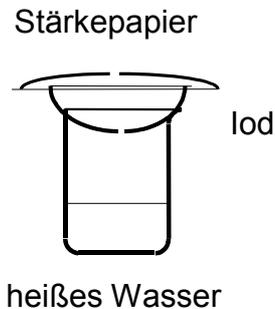
Geräte und Chemikalien: 1 Becherglas, 1 Glasabdampfschale, 1 Uhrglas, Iod, Stärkepapier, heißes Wasser

Arbeitsanweisung: Man gibt in die Glasabdampfschale eine sehr kleine Spatelspitze Iodkristalle. An die inneren Wölbung des Uhrglases heftet man ein befeuchtetes Streifchen Stärkepapier und bedeckt damit die Abdampfschale. Die Anordnung stellt man auf ein Becherglas, das zu etwa einem Drittel mit heißem Wasser gefüllt ist.

Beobachtung beim Versuchsablauf: Im Gasraum über dem festen Iod könne Ioddämpfe beobachtet werden. Schon nach kurzer Zeit beginnt sich das Stärkepapier erst blau und dann dunkelblau zu verfärben.

Theoretische Grundlagen: Iod zeigt sehr gut die Phänomene der Sublimation und Resublimation. Die Sublimation wird durch die empfindliche Nachweismethode mit Stärke anschaulich demonstriert. In der Literatur wird häufig empfohlen, das Iod im Reagenzglas direkt mit dem Brenner zu erhitzen. Dabei besteht allerdings die Gefahr, dass Iod schmilzt (Sp. = 113,7 °C). Besser ist daher die Erwärmung im Wasserbad. Bei dieser Methode kann der veilchenblaue Ioddampf beobachtet werden.

Hinweis: Das in der Abdampfschale noch vorhandene Iod kann wieder in das Vorratsgefäß zurückgegeben werden.



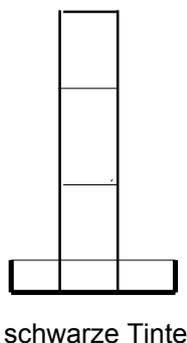
Die Auftrennung von Tintenfarbstoffen mit einem Stück Kreide

Prinzip des Versuchs: Wird ein Stück Kreide in eine wässrige Tintenlösung gestellt, so steigt die Lösung durch die Kapillarkräfte in der Kreide nach oben, wobei sich die verschiedenen Farben auftrennen und in Zonen sichtbar werden.

Geräte und Chemikalien: Petrischale, Glasstab, Messpipette, weiße Kreide, schwarze Tinte, Wasser

Arbeitsanweisung: Man gibt 5 Tropfen der Tinte in die Petrischale, gießt 5 ml Wasser dazu und mischt. In diese Lösung stellt man ein Stück Kreide. Sobald die oberste Farbzone etwa 2 cm von dem oberen Rand entfernt ist, wird die Kreide herausgenommen.

Beobachtung beim Versuchsablauf: Die Tintenlösung steigt in der Kreide nach oben, wobei sich das (mögliche) Farbstoffgemisch auftrennt. Schwarze Tinte (z.B. von Firma Pelikan) enthält meistens auch eine Farbkomponente, die als oberste Zone erscheint; auch weitere Farbkomponenten werden als farbige Zonen sichtbar.



Theoretische Grundlagen: Für diese einfache Variante der Chromatographie sollte auch nur eine einfache Erklärung gegeben werden. Die unterschiedliche Molekülkonstitution der Farbstoffe bewirkt ein unterschiedliches Lösungsvermögen im Wasser und ein unterschiedliches Haftvermögen (Adhäsion)

an der Kreide. Aus diesen unterschiedlichen Tendenzen (Lösungs- und Haftvermögen) resultiert eine jeweils unterschiedliche Wanderungsgeschwindigkeit der einzelnen Farbstoffe.

Hinweis: Anstelle der Tinte können auch andere Farbstoffgemische eingesetzt werden. Besonders gut gelingt die Auftrennung von Blattgrün in die einzelnen Chlorophyllarten.

Der radioaktive Ballon

Ein verblüffend einfaches Experiment zum Nachweis der Zerfallsprodukte von Radon in der Raumluft.



Material: Luftballon, Geigerzähler

Durchführung: Der Luftballon wird aufgeblasen und durch Reiben an Schafwolle oder fettfreiem Kopfhair elektrisch geladen. Anschließend wird er so aufgehängt, daß er sich nicht durch Kontakt mit leitenden Objekten entladen kann. Nach einiger Zeit (10 Minuten bis 2 Stunden) wird der Ballon ausgelassen. Mit dem Geigerzähler läßt sich jetzt eine wesentlich über der Leerrate liegende Aktivität auf der Ballonhaut nachweisen. (Das elektrische Feld ließ Ionen der Tochterprodukte des Radon zum Ballon wandern.)

Radon und seine Zerfallsprodukte

	T _{1/2}	Zerfall	Energie
²²² Rn	3,3 d	α	5,5 MeV
²¹⁸ Po	3 min	α	6,0 MeV
²¹⁴ Pb	26,8 min	β ⁻	0,7 MeV (γ)
²¹⁴ Bi	19,9 min	β ⁻	1,5 MeV (γ)
²¹⁴ Po	164 ms	α	
²¹⁰ Pb	22 a	β	

Dieses einfache Experiment läßt Umweltradioaktivität bewußt werden. Die beträchtliche Flächenänderung beim Auslassen des Ballons hilft, ein deutliches Signal zu erhalten.

Die Erweiterung zum quantitativen Experiment ist möglich.

Der Aufwand ist im Vergleich zum bekannten Schulexperiment mit dem Hochspannungsdraht viel geringer. Eine andere Möglichkeit wäre das Sammeln von radioaktiven Ionen in einem Filterpapier vor einem Staubsauger.

Die Luftballonhaut kann als Modell für die Lungenoberfläche dienen, wobei allerdings verschiedene Mechanismen in Frage kommen.

Helmut Kühnelt

Bücher

CliXX Chemie

M. Sietz, V. Pick, J. Kowalzik

Herausgegeben von "hades"(harri deutsch electronic science), Verlag Harri Deutsch AG, Thun, CD-ROM (Ó1998, 1999), ISBN: 3-8171-1488-5, ca. ATS 270,- (unverb. Richtpreis)

Als Vorlage für diese CD diente das Buch "Chemie für Ingenieure" von M. Seitz. Das Buch ist entstanden aus Vorlesungen für Studierende des Fachbereiches "Technischer Umweltschutz" der Universität GHS Paderborn.

Die CD soll Grundwissen aus den Gebieten Allgemeine und Anorganische Chemie, Organische Chemie, Hydrochemie und Biochemie vermitteln. Sie wendet sich an FH- und Universitätsstudenten, die nicht Chemie als Hauptfach haben. In gewissen Bereichen ist sie aber auch schon in der Oberstufe einsetzbar. Neu ist dabei die modellhafte, teils vereinfachte Darstellung, die auf ein chemisches Grundverständnis für umweltrelevante Themen wie den technischen Umweltschutz abzielt.

Der Zugang zu den Inhalten ist über ein Inhaltsverzeichnis und ein Glossar möglich. Im Text befinden sich interaktive Querverweise. Zur Unterstützung dienen Farbgrafiken, Tabellen und QuickTime-Videos mit Experimenten und Animationen sowie ein Periodensystem mit Links zu wichtigen Elementen. Didaktische Ergänzung erfahren die Lehrinhalte durch Praktikumsversuche mit Musterprotokollen und interaktiv zu beantwortenden Prüfungsfragen sowie Klausuren im Word-Format. Weiters finden sich noch ein Literaturverzeichnis und "10 Gebote zum Umweltschutz". Vielleicht auch ein interessantes Werk für alle, die zu Umweltthemen sprechen und auch etwas davon verstehen wollen.

Hans Flandorfer

Taschenbuch der Chemie

W. Schröter, K.-H. Lautenschläger, H. Bibrack

Verlag Harri Deutsch, Frankfurt, 17., korrigierte Auflage 1995, 858 Seiten, 115 Abbildungen, 52 Tabellen und 8 Tafeln, Buch mit CD-ROM (Ó1999), ISBN: 3-8171-1555-5, ATS 423,-

Hier begegnen wir einem alten Bekannten, der sich diesmal auch im neuen - elektronischen - Kleid präsentiert. Das Buch ist die 17. Auflage eines Nachschlagewerkes im Taschenbuchformat (19,5x12,5x3,1 cm; 630 g), welches sich in die Bereiche Allgemeine, Anorganische und Organische Chemie sowie in Sonderthemen aufgliedert. Die Autoren erschöpfen sich keineswegs in Definitionen, sondern liefern auch Erklärungen und Ableitungen sowie anschauliche Beispiele zu den einzelnen Punkten. Es handelt sich also beinahe um ein Lehr(taschen)buch. Beinahe, da es teilweise doch etwas kurz gefaßt und auch sehr klein gedruckt ist. Als Nachschlagewerk, als welches es wohl auch gedacht ist, leistet es jedoch wertvolle Dienste für alle, die mit Chemie zu tun haben und ist auch für Studenten zu empfehlen. Das Buch wurde vor 5 Jahren zuletzt aktualisiert und ist somit in manchen Bereichen nicht am allerletzten Stand. Dies gilt jedoch nicht für die beiliegende CD

"DeskTop der Chemie" im HTML-Format. Sie wurde erst 1999 von "hades" herausgegeben und ist gegenüber dem Buch inhaltlich und didaktisch weiterentwickelt. Selbstverständlich werden auch viele Suchmöglichkeiten über Index, Stichworte und Themen geboten. Im Text finden sich interaktive Querverweise. Zusätzlich gibt es Molekülmodelle und Animationen, z.B. zu Elektronenübergängen, Atomorbitalen, Kristallstrukturen und vieles mehr. Die Animationen sind graphisch eher bescheiden gestaltet und teilweise nicht sehr aussagekräftig.

Insgesamt betrachtet liegt hier ein ausgereiftes und umfangreiches Nachschlagewerk zu den Grundlagen der Chemie zu einem sehr attraktiven Preis vor.

Hans Flandorfer

Internet: Ratgeber für Lehrer

Jens Hildebrand

6. aktualis. Auflage, brosch., 320 S. Aulis Verlag Deubner Köln, 2000. Best.-Nr. 335-65520, ISBN 3-7614-2243-1. DM 28,-.

internet: cd-rom für lehrer 2000

Jens Hildebrand

CD-ROM. Aulis Verlag Deubner Köln, 2000. Best.-Nr. 335-65520, ISBN 3-7614-2243-1. DM 34,-.

Bereits in 6. Auflage hat J. Hildebrand seinen Ratgeber für Lehrer aktualisiert. Naturgemäß wendet er sich vor allem an Einsteiger, die das Medium Internet besser kennen lernen wollen. Neben der Erklärung der Grundbegriffe werden der Umgang mit Suchmaschinen und Meta-Suchmaschinen, das Publizieren (und Zitieren) im Web eingehend und durch des Autors Praxis realistisch der Unterrichtseinsatz vorgestellt.

Während das Buch zum Schmökern auf der Fahrt zur Schule verleitet, bietet die CD-ROM mit 3500 Internetadressen, die nach Schulfächern geordnet sind, bzw. von allgemeinem Interesse sind, für Neulinge einen guten Einstieg in die weite Welt des Internet. Diesen Links nachzugehen und die dort liegenden Schätze zu beäugen, ist schon einige Abende Arbeit. Klarerweise wird der erfahrene Surfer weitere Adressen kennen, doch ist der Einstieg gut gewählt - ist doch eines der größten Probleme, das Überangebot an Information auf das nützliche Maß zu reduzieren. Unter den allgemeinen Links finden sich Bibliothekskataloge, Hinweise auf (hauptsächlich) deutsche Schulnetze, kommentierte Liste von Suchmaschinen (allerdings ist die sehr effiziente Suchmaschine GOOGLE als GOGGLE angegeben). Für jedes Schulfach sind spezifische Adressen angegeben, die als Einstieg in eigene Erkundungen dienen können. Die Chemieseiten (<http://ch.eduhi.at>) von Karl Hagenbucher werden nur über die Chemikerbiographien erwähnt, die Physikseiten (<http://physicsnet.asn-graz.ac.at>) von Andrea Mayer harren noch der Entdeckung. Wer hätte im ausklingenden Bach-Jahr nicht vermutet, daß Johann Sebastian eine Homepage (<http://www.jsbach.org>) besitzt?

Wozu dient noch das Buch? Die abgedruckten Linklisten sind von CD besser verwendbar, die Überlegungen zum Internet-einsatz im Unterricht hätten problemlos auf der CD Platz und könnten bei Bedarf - für die Lektüre in der Straßenbahn - ausgedruckt werden.

Helmut Kühnelt

Astroteilchenphysik. Das Universum im Licht der kosmischen Strahlung

Claus Grupen

Brosch., viii + 221 S., 134 sw. Abb., zahlreiche Cartoons, Vieweg Verlag Braunschweig/Wiesbaden, 2000. öS 307,-. ISBN 3-528-03158-1

Vor bald 90 Jahren fand Viktor Hess die Höhenstrahlung. Heute liefert diese Strahlung, jetzt kosmische Strahlung genannt, Teilchenreaktionen mit den höchsten bekannten Energien (1020 eV), weit höher als sie in Beschleunigern auf der Erde (1012 eV im Tevatron des Fermilab) erreicht werden können. Was genau die kosmischen Beschleuniger sind - Magnetfelder von Pulsaren und/oder Galaxien? -, ist immer noch unbekannt. Die Astroteilchenphysik verbindet die Astro- mit der Teilchenphysik. Dabei hat sie große Erfolge bei der Erklärung der Vorgänge am Anfang des Universums bis zur Erzeugung schwerer Element in Supernovaexplosionen hervorgebracht.

Claus Grupen, Teilchenphysiker an der Universität Siegen und am CERN, hat ein Buch verfaßt, das sehr kompakt (170 Seiten Text) die aktuelle Erkenntnis darstellt - selbst der Nachweis der Tau-Neutrinos im Sommer 2000 wird erwähnt. Nach einem historischen Rückblick werden das Standardmodell der Teilchenphysik, relativistische Kinematik und Meßtechnik vorgestellt, um mit Mechanismen für kosmische Teilchenbeschleunigung das eigentliche Thema zu beginnen. Die primäre kosmische Strahlung hat derzeit großes Interesse. Mit dem AMANDA-Detektor wird im antarktischen Eis ein Neutrino-teleskop realisiert, in dem in 1,5 km Tiefe ein Kubikkilometer Eis als Cerenkov-Detektor für erzeugte Myonen fungiert, als Quelle erwartet man sich Supernovaresten innerhalb und außerhalb der Galaxis. Die Gamma-Ray-Bursts werden ebenso diskutiert wie das Rätsel der Sonnenneutrinos. Aber auch die in der Atmosphäre erzeugten Teilchen der sekundären kosmischen Strahlung werden intensiv beforscht. So wurde in Japan im Bergwerk von Kamiokande das sonderbare Verhalten von Neutrinos (vermutliche Oszillationen zwischen verschiedenen Arten) an sekundärer Strahlung nachgewiesen. Hubble-Expansion und kosmologische Konstante sind das Thema des Kapitels Kosmologie. Offene Fragen werden im Abschlußkapitel vorgestellt, wobei die Existenz der dunklen Materie im Mittelpunkt steht.

Die Darstellung bewegt sich auf dem Niveau einer Übersichts-vorlesung über Kosmologie, sie sollte für Studierende und für Lehrkräfte verständlich sein. Der Autor hat sich viel Mühe für eine kompakte und lesbare Darstellung gemacht. Die am Um-schlag geäußerte Erwartung, daß auch Schüler dieses Buch lesen können, wird wohl nur in Ausnahmefällen zutreffen, die verwendete Mathematik der Oberstufe ist dabei weniger der Hinderungsgrund als die notgedrungen knappe Darstellung von keineswegs leichter Physik. (Der Rezensent bezweifelt,

daß beispielsweise die Einführung des Cabibbo-Mischungswinkels zwischen d- und s-Quark auf S. 25 für Schüler verstehbar ist. Auch ist die Interpretation von $E=mc^2$ und die daraus folgende Einführung der relativistischen Kinematik didaktisch nicht voll befriedigend.)

Cartoons bringen Humor in die Lektüre, zahlreiche Abbildungen unterstützen den Text. Hervorzuheben ist ein Glossar von 25 Seiten und die zeitgemäße Angaben von Quellen: Webseiten und elektronische Archive erleichtern das Auffinden von Originalinformation.

Helmut Kühnelt

Low Cost - High Tech. Freihandversuche Physik - Anregungen für einen zeitgemäßen Unterricht

B. Eckert, W. Stetzenbach, H.-J. Jodl

Hart geb., 237 S., zahlr. sw. Abb. Aulis Verlag Deubner Köln, 2000. DM 38,-. ISBN 3-7614-2278-4

In über 90 Vorschlägen werden drei Arten von Experimenten vorgeschlagen: Freihandversuche zur Physik mit modernen Materialien und Gegenständen (CDs, Kontaktlinsen,...), Analogieversuche zur Funktion von neuen Materialien und Techniken, sowie Untersuchung ihrer Funktionsweise. Auf diese Weise läßt sich der Alltag in den Physiksaal holen, die Erarbeitung physikalischer Prinzipien wird durch das Interesse an der Erklärung motiviert und es erfolgt ein Blick in die Arbeitswelt. (Eine ausführlichere Darstellung einiger Experimente und Überlegungen dazu findet sich in PLUS LUCIS 2/97.)

Das Spektrum der Experimente reicht von Abstandswarner (Ultraschall) bis Zentralverriegelung (Pneumatik), es finden sich die Lichterkette ("Warum leuchtet sie trotz einzelner defekter Lampen?"), Goretex und phototrope Gläser ebenso wie IR-Fernbedienung.

Auf jeweils 2 Seiten werden die Einordnung in den Unterricht und der Zeitaufwand, die notwendigen Materialien, Vorbereitung und Durchführung, Variationen und methodische Hinweise gebracht.

Weitere Informationen und neue Ideen finden Sie unter http://www.physik.uni-kl.de/w_jodl/lc-ht.html.

Jedenfalls ein erfrischender Zugang, der Physik durch die Anwendung motiviert.

Helmut Kühnelt

Physik mit Bleistift. Das analytische Handwerkszeug des Naturwissenschaftlers

H. Schulz

3. Aufl., 1999. 362 S., kart., DM 48,-. Verlag Harri Deutsch, Thun und Frankfurt/M. ISBN 3-8171-1606-3

Konzipiert ursprünglich als zweistündige mathematische Ergänzung im ersten Studienjahr Physik hat sich das Buch zu ei-

nem aufbauenden Streifzug durch die Physik von der Kinematik bis zur Quantentheorie entwickelt. Das Gewicht liegt auf dem Verstehen von Physik durch Klärung der mathematischen Grundlagen und ihre Anwendung. Wie im Titel angekündigt geht es um die Arbeit mit dem Bleistift und es wird - ein wenig untypisch für heute - die Rolle des Computers bei der Lösung nicht analytisch lösbarer Probleme und bei der Visualisierung nicht angesprochen. Das Inhaltsverzeichnis enthält alles, was im ersten Studienjahr und darüber hinaus gebraucht wird: Physik mit mathematischer Hilfe. Die Darstellung ist kurzweilig geschrieben, gelegentlich wird vor oft gebrauchten, aber irreführenden Ausdrücken und Ideen gewarnt, etwa dem Ohmschen Gesetz, das bestenfalls eine Regel ist, oder dem Huygensschen Prinzip, das natürlich kein unabhängiges Prinzip ist, sondern in den Wellengleichungen enthalten ist.

Zur Lektüre zu Studienanfang, aber auch für interessierte Schüler der oberen Klassen sehr zu empfehlen! An 26 Übungsblättern mit fast 80 Aufgaben kann das Wissen geübt und überprüft werden, mit zwei Abschlußklausuren wird der "Ernstfall" geprobt.

Helmut Kühnelt

Eine Quantenwelt ohne Dualismus

Franz Bader

Naturwissenschaftlicher Unterricht heute. 144 S. + Programmdiskette. Schroedel Schulbuchverlag, Hannover, 1996. ISBN 3-507-76530-6

Franz Bader, Ko-Autor von "Dorn-Bader", dem bekannten und in der BRD weitverbreiteten Oberstufenlehrbuch für Physik, hat sich das Ziel gesetzt, Quantenphysik auf Basis des Feynmanschen Vorschlags zur Pfeiladdition (s. R. Feynman, QED, Piper 1998) in den Unterricht zu bringen. Wie schon im Titel angekündigt, vermeidet er den verwirrenden Begriff Welle-Teilchen-Dualismus und fragt zu Recht: "Haben nicht die Schüler ... ein Recht zu erfahren, wie man heute die Quantenobjekte beschreibt - natürlich im Rahmen des Möglichen?"

Das Buch gliedert sich in 2 wesentliche Teile, einen theoretischen, in dem die didaktischen Überlegungen dargelegt werden, und einen praktischen, in dem Arbeitsblätter vorgestellt werden zur Bearbeitung mit der beiliegenden Programmdiskette.

Bader skizziert in Kap. 2 einen möglichen Unterrichtsgang ausgehend von der Wellenoptik und dem Fermatschen Prinzip Neutronenbeugung und die Abtastung der Elektronenverteilung in Oberflächen mittels Rastertunnelmikroskop helfen bei der Interpretation der ψ -Funktion. Die Energiequantisierung bei gebundenen Zuständen wird primär über die Unbestimmtheitsrelation begründet, die zeitunabhängige Schrödingergleichung anschließend "erraten". In Kap. 3 "The Making of Photon - Braucht man noch Feldstärken?" geht Bader einstandenermaßen über den Schulstoff hinaus geht auf die für die Quantenoptik wichtige Beziehung zwischen den Unschärfen von Photonenzahl und Phase des Felds ein. Mit Schrödingers Katze und anderen Deutungsfragen begibt der Autor sich in den Bereich der modernen Diskussion, die Diskussion zu EPR ist allerdings zu kurz geraten.

In den Arbeitsblättern werden zahlreiche vertiefende Aufgaben gestellt, die mit dem beiliegenden Computerprogramm bearbeitet werden sollen. Leider ist letzteres ein angegrautes DOS-Programm, das zwar auch unter Windows läuft, vom Aussehen und der Bedienung jedoch nicht mehr heutigen Ansprüchen genügt. Nützlich kann es weiterhin für Leser des Buches sein, die sich intensiv mit dem Zeigerformalismus auseinandersetzen wollen. Als Demonstrationsprogramm im Unterricht erscheint es auch deshalb weniger geeignet, da doch ein erheblicher geistiger Aufwand erforderlich ist, um die recht abstrakten Darstellungen zu interpretieren.

Allen Lehrkräften, die sich mit dem Unterricht der Grundlagen der Quantenphysik befassen, kann das schmale Bändchen sehr empfohlen werden.

Helmut Kühnelt

Von Grashalmen und Hochhäusern

Steven Vogel

Aus dem Amerikanischen übers. von Thomas Filk. Brosch., 363 S., 122 Abb. DM 48,-. Verlag Wiley-VCH, Weinheim, 2000. ISBN 3-527-40303-5.

Steven Vogel lehrt Biologie und Biomechanik in Durham, North Carolina, USA. In seinem im Original "Cat's Paws and Catapults" genannten populär, also formelfrei geschriebenen Buch geht er der Frage nach, was der Ingenieur von der Natur lernen kann. Er zeigt immer wieder auf, daß die Optimierung in der Natur nicht jene der Technik sein kann. Im Gegenteil scheint das Funktionsverständnis des Biomechanikers intensiv Anleihen aus der Technik zu nehmen. Ein von ihm angeführtes Beispiel sei hier erwähnt: Die Entwicklung von Fluggeräten kam solange nicht gut voran, als die Natur imitiert werden sollte.

Ein ausführlicher Fußnotenapparat führt tiefer, als die recht rasche Behandlung sehr vieler Themen gestattet. An vielen Stellen hätte man gerne mehr erfahren.

Helmut Kühnelt