

Reformen, Reformen,...

Lange nur als Gerücht gehandelt kommt die Reform der AHS-Oberstufe in Fahrt. Die Schulautonomie soll - zu Recht - weiterentwickelt werden. Dies erfordert eine Reform der Lehrpläne und unvermeidlich damit verbunden der Stundentafeln. Nun liegt im BMBWK ein sogenanntes Positionspapier einer Arbeitsgruppe als Diskussionsgrundlage vor, das für den naturwissenschaftlichen Unterricht in scharfem Kontrast zum Auftrag an das IMST²-Team, die qualitative Entwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu fördern, steht. Obwohl bei solchen Papieren - Expertenentwürfen - stets betont wird, daß das letzte Wort noch nicht gesprochen sei, sollte die Tragweite solcher Entwürfe in einer breiten Öffentlichkeit diskutiert werden. Auf diesen Entwurf bezieht sich auch die Stellungnahme der Arbeitsgemeinschaftsleiter Physik an AHS auf Seite 30 dieser Ausgabe.

Einige Überlegungen zu diesem Entwurf seien hier angestellt.

Im Jahr 1996 wurde für Schulversuche zur Autonomie der AHS-Oberstufe eine Stundentafel mit einem gemeinsamen Kern von 116 WSt und einem autonomen Bereich von 22 WSt, insges. einem Umfang von 138 WSt vorgegeben.

Im vorliegenden Entwurf (Positionspapier einer Experten-Gruppe) wird ohne Begründung, warum eine Ausweitung des "flexiblen" Bereichs notwendig sei, dieser auf 28 WSt erweitert zu Lasten folgender Gegenstände (im Ausmaß von jeweils 1 WSt):

Deutsch (11 statt 12)
1. lebende Fremdsprache (11 statt 12)
Geschichte und Sozialkunde (7 statt 8)
Geografie und Wirtschaftskunde (7 statt 8)
Mathematik (11 statt 12)
Physik (6 statt 7)

Unverändert sind im Positionspapier BU mit 6 WSt und Chemie mit 4 WSt.

Das Autonomiepapier von 1996 ging allgemein von den minimalen Stundenzahlen aus, die im Gymnasium für NW vorgesehen waren. Im Vergleich dazu stellt das Positionspapier eine weitere Kürzung der Stunden dar, was sich besonders gravierend in Physik auswirken wird. Es ist allerdings das Gymnasium nicht unbedingt repräsentativ. Im Realgymnasium gibt es derzeit in der Oberstufe in

Mathematik 15 WSt
BiU 7 - 9 WSt
Chemie 5 - 6 WSt
Physik 9 - 10 WSt

Die vorgeschlagenen Mindeststundenzahlen nehmen sich dagegen beträchtlich reduziert aus.

Es stellen sich damit zwei Fragen:

1. Ist mit einem derart reduzierten Stundenangebot von Mathematik und den Naturwissenschaften eine angemessene Grundbildung erreichbar? Ist Physik als 2-Stundenfach durch 3 Jahre noch sinnvoll oder ist der Weg der HBLA (2 Stunden Physik in nur mehr einem Jahrgang - wie lange noch?) auch für Gymnasien vorgezeichnet?

2. Können nach Wegfall der Schultypen durch schulautonome Schwerpunktbildung noch naturwissenschaftliche Schwerpunkte die naturwissenschaftlichen Interessen jugendlicher fördern? Ist dies wirklich der Weg, den technisch-naturwissenschaftlichen Nachwuchs für Industrie und Forschung zu entwickeln?

Interessanterweise geht man beispielsweise in Holland wieder von der Aufsplitterung ab, während das Positionspapier andeutet, dass eine Schule so viele Schwerpunkte setzen kann, wie sie parallele Klassenzüge in der Oberstufe führt.

Nach meiner Ansicht stellen die Vorschläge des Positionspapiers eine Verschlechterung der Rahmenbedingungen für den mathematischen und ganz besonders für den naturwissenschaftlichen Unterricht dar, da Reduktionen von 25 - 33% gegenüber bisherigen Stundentafeln möglich sind. Aber auch eine Kürzung des Physikunterrichts an Gymnasien von 7 auf 6 WSt bedeutet rein rechnerisch 14%. Nach allen Rückmeldungen zur Kürzung des Physikunterrichts, die mit dem Lehrplan 88 erfolgte und über die in den damaligen "Schulversuchen" bereits vollzogene Kürzung hinausging, scheint eine Erfüllung des Bildungs- und Lehrauftrags auch auf elementarem Niveau nicht mehr möglich.

Natürlich können Schulen Stunden im Rahmen der Autonomie den Naturwissenschaften widmen. In welchem Ausmaß "schwierige" Fächer Anklang finden, haben bisher die Wahlpflichtgegenstände demonstriert. In den Rumpfstunden wird sicher nicht die im Positionspapier propagierte Neue Lernkultur gepflegt werden können, da die Zeit für eingehende Beschäftigung fehlen wird.

Um es pointiert zu sagen: Eine Wiederholung der TIMS-Tests für Maturanten im Jahr 2010 wird kaum besser ausgehen als 1995.

Doch auch im *BHS-Bereich* werden laufend Stundentafeln verändert, neue Zweige mit weiter reduziertem Physikanteil eingeführt. So werden in einem Lehrplan für Informatik-HTL der Physik je 2 WSt in den ersten beiden Jahrgängen "ge-gönnt", es soll dabei ein Verständnis des Welle-Teilchen-Dualismus und der Äquivalenz von Masse und Energie erreicht werden. Wie weit solche Ziele von der Realität entfernt sind, kann man aus den Dokumentationen der mit IMST² kooperierenden Schulteams ablesen.

Diese Ausgabe von PLUS LUCIS ist schwerpunktmäßig dem Projekt IMST² gewidmet mit ersten Berichten zum abgelaufenen Pilotjahr. Die Verlängerung um mindestens 2 Jahre ist seit Mitte Juni sicher, so daß die Arbeit mit den interessierten Schulen bereits ab September anlaufen kann. Als Service für jene Schulen, die bisher noch nicht teilnahmen oder mehr Information wünschen, wird diese Ausgabe an jede AHS und BHS in zwei Exemplaren versandt. Übrigens: PLUS LUCIS ist im Internet (<http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis>) mit den letzten 21 Ausgaben seit 1994 präsent.

Ein erfolgreiches Schuljahr 2001/2002 wünscht Ihnen

Ihr Helmut Kühnelt

Chancen für den Physikunterricht in der heutigen Zeit

Zehn Thesen zur physikalischen Bildung

Peter Labudde

Wie lassen sich mehr junge Menschen für eine naturwissenschaftlich-technische Ausbildung begeistern? Wie können wir allen Schülerinnen und Schülern Wege zur Physik, einem Pfeiler der Weltkultur, erschließen? Wir diskutieren diese Fragen immer wieder unter Kolleginnen und Kollegen, in Schule und Universität, im Modellversuch IMST² (Innovations in Mathematics, Science, and Technology Teaching) oder im PFL-Lehrgang. Die Diskussion wird hier fortgesetzt: So anspruchsvoll die Physik auch ist, noch anspruchsvoller sind Lehre und Unterricht. Zehn plakative Thesen sollen zum Nachdenken anregen, sollen provozieren. Sie sollen vor allem aber helfen, den eigenen Standort zu bestimmen, die Stärken des eigenen Unterrichts sichtbar zu machen und Anstöße für dessen Weiterentwicklung zu liefern.

Die Thesen basieren auf Forschungsergebnissen der Physikdidaktik, Lernpsychologie, Wissenschaftstheorie und nicht zuletzt Physik. Wir können hier auf einige gesicherte empirische Aussagen zählen. Aus ihnen lassen sich Ansprüche an den Unterricht formulieren – allgemein [1], aber auch speziell an das Fach Physik. Damit sind gleichzeitig Chancen und Herausforderungen verbunden für die Lernenden, wie auch für Lehrende an Schulen und Hochschulen.

1. Exemplarisch Physik des 20. Jahrhunderts erarbeiten

Physik und Technik spürten in den letzten Jahrzehnten einen gesellschaftlichen Gegenwind. Und trotzdem, nach wie vor interessieren sich viele Jugendliche für naturwissenschaftliche Probleme und Phänomene [2]. Sie stellen Grundfragen des Seins: Woraus besteht Materie, wie hat sich das Universum entwickelt? Sie wollen mehr über technische Anwendungen lernen: Wie funktionieren Global Positioning System und Nieder-Energie-Haus, welcher Nutzen, welche Risiken sind damit verbunden? Sie interessieren sich für Medizinphysik: Was bedeuten Laser-Endoskopie und Computer-Tomographie?

Will man an moderne Forschungsmethoden heranführen oder neueste Technologien verständlich machen, darf sich der Unterricht in Moderner Physik nicht auf Quantenphysik und spezielle Relativitätstheorie beschränken. Auch aktuelle Forschungsergebnisse und technische Anwendungen müssen erarbeitet werden. Das kann nicht umfassend geschehen, sondern nur im exemplarischen Sinn. Hier ist die Physikdidaktik gefordert: Sie entwickelt Unterrichtsideen zu aktueller Physik auf der Basis von Physik, Wissenschaftstheorie und Lernpsychologie. Und sie hat die Umsetzung sorgfältig zu evaluieren, entsprechend den Standards sozialwissenschaftlicher Forschung. Sollen diese Ideen in die Praxis umgesetzt werden, müssen die Lehrpläne entrümpelt werden. Wir schleppen aus alter Ge-

wohnheit Inhalte mit, die weder für eine physikalische Grundbildung notwendig sind, noch viele Lernende interessieren!

2. Das Vorverständnis der Lernenden einbeziehen

Physikalische Inhalte, ihre Bedeutung für Wissenschaft und Allgemeinbildung, spannen den fachlichen Rahmen für Unterrichtsvorbereitung und -durchführung auf. Den zweiten Rahmen bilden Vorwissen, Lernprozesse und Lernschwierigkeiten der Jugendlichen. Beide sind wichtig und gleichermaßen zu berücksichtigen. Die Fachdidaktik spricht hier von didaktischer Rekonstruktion der physikalischen Sachstruktur [3].

Physikunterricht ist so zu planen und durchzuführen, dass Schülerinnen und Schüler immer wieder Gelegenheit erhalten, ihr individuelles Vorverständnis explizit einzubringen. Das Vorverständnis – aus Alltag und früherem Unterricht – umfasst konzeptionelles und methodologisches Wissen, die Alltagssprache, Interessen und Einstellungen. Darauf basierend 'konstruiert' das Individuum neues Wissen, gibt ihm eine Struktur, in der Alltags- und Fachwissen verbunden sind. Bei dieser Lerntheorie handelt es sich um den sogenannten konstruktivistischen Ansatz [2 - 5]. Auf ihn stützt sich die Physikdidaktik seit Jahren weltweit. So bildete die Erforschung des Vorverständnisses zu physikspezifischen Begriffen wie Kraft oder elektrischer Stromkreis sowie die Entwicklung von Unterrichtskonzepten zur Verbindung von Vorverständnis und Physik den Forschungsschwerpunkt der letzten zwanzig Jahre.

Mit der Integration des Vorverständnisses werden zwei Ziele erreicht: ein vertieftes Verstehen der Inhalte sowie eine bessere Motivation für die Physik. Werden Lernende im Sinne des Konstruktivismus abgeholt, fühlen sie sich ernst genommen. Sie können ihr Vorwissen (Bsp. 1) und ihre Fragen (Bsp. 2) einbringen, ihre Alltagserfahrungen mit der Physik verbinden. Sie erhalten die Chance, vermehrt vertikale Verknüpfungen herzustellen, d.h. innerhalb der Physik (kumulatives Lernen), wie auch horizontale Verknüpfungen, d.h. von der Physik zu anderen Wissenschaften (vernetztes Lernen).

3. Physik in einen lebensweltlichen Kontext einbetten

Die Integration des Vorverständnisses oder fächerübergreifende Bezüge lassen sich leichter realisieren, wenn physikalische Inhalte in einen lebensweltlichen Kontext eingebettet werden, so weit dies möglich ist. Das können Bezüge zum Alltag sein (stehende Transversalwellen bei der Gitarre, die schiefe Ebene anhand einer Skischanze), zum eigenen Körper (Kräfte und Drehmomente beim Geräteturnen, das Herz als Pumpe) oder authentische offene Probleme (ein Energiespar-konzept für das Schulhaus, die Konstruktion eines mechanisch angetriebenen Schiffs).

Prof. Dr. Peter Labudde, Universität Bern, Höheres Lehramt, Postfach, CH - 3000 Bern 9, labudde@sis.unibe.ch

Beispiel 1: Tief ins Glas schauen - physikalisch



"Wo befindet sich das Bild?" Schülerinnen und Schüler werden ermuntert, Hypothesen aufzustellen. Einige antworten: "Natürlich im Weinglas!" Andere widersprechen: "Das Glas wirkt wie eine Linse, dort ist das Bild aber außerhalb der Linse." Und dritte meinen: "Das Bild entsteht in unseren Augen. Nein, eigentlich sogar erst in unserem Kopf." Dieses Schülerexperiment lässt sich in einer Unterrichtseinheit zur Geometrischen Optik durchführen. Es kann sowohl zum Einstieg dienen, d.h. zur Problemaufarbeitung, wie auch als Anwendung der Optischen Abbildung.

In Bezug auf die Integration des Vorverständnisses ist wichtig, dass die Antworten nicht kurz abgehakt, sondern mit ihren individuellen Begründungen ausführlich diskutiert werden. Erst dann führen die Jugendlichen weitere Experimente durch, z.B. stellen sie hinter das Weinglas einen Schirm, auf dem sich das Bild auffangen lässt. Anschließend vergleichen sie ihre Hypothesen mit den experimentellen Resultaten [6].

Hier wird den Lernenden explizit die Möglichkeit gegeben, das individuelle Vorverständnis einzubringen. Ihre Antworten bestimmen als zentrale Elemente den Unterrichtsverlauf: Die Jugendlichen führen wissenschaftliche Streitgespräche. Geleitet von eigenen Hypothesen planen sie Experimente, werten diese aus und vergleichen das Resultat mit ihren Anfangsvorstellungen. Sie verbinden so ihr Vorverständnis mit der Physik. Gleichzeitig erleben sie naturwissenschaftliches Arbeiten, Kommunikation und Kooperation [7, 8].

Ziel ist ein sinnvoll strukturiertes Begriffsgebäude der Physik. Wobei der Weg dorthin über Beispiele und Phänomene führt, die der Lebenswelt entstammen und die die Notwendigkeit einer klaren Begriffsbildung offenkundig machen. Die Alltagsbeispiele dienen also der Entwicklung eines strukturierten physikalischen Begriffsnetzes und physikalischer Modelle. Jugendliche sollen erkennen: Die Physik ist eine Möglichkeit, Zusammenhänge zwischen Alltagserscheinungen herzustellen, sie zu ordnen und verstehen.

Empirische Untersuchungen belegen [2, 9, 10]: Unisono wünschen Jugendliche nachdrücklich einen lebensweltlichen Bezug im Physikunterricht. Die Studien zeigen zudem: Dieser Bezug hängt signifikant mit motivationalen Variablen zusammen, wie der Beliebtheit des Unterrichts und dem Selbstvertrauen in Physik. Hingegen gibt es kaum Zusammenhänge mit dem physikalischen Wissen, wie es in traditionellen Tests geprüft wird. Das könnte allerdings eine Frage der Prüfungskultur sein [11; These 9].

Beispiel 2: Wie fliegt ein Hubschrauber?



In Mittel- und Oberstufe kann der Hubschrauber dazu dienen, die Newtonschen Axiome zu erarbeiten oder zu vertiefen. Sei es am Anfang der Unterrichtseinheit, um ein Problembewusstsein zu schaffen, sei es am Ende, um die Axiome in einem technischen Beispiel anzuwenden: "Warum kann ein Helikopter in der Luft stehen bleiben? Wie fliegt er nach vorne, hinten, zur Seite?" In der folgenden Diskussion dann: "Welche Kräfte wirken auf den Hubschrauber?"

Schülerinnen und Schüler erarbeiten schlussendlich: Im Schwebeflug halten sich Gewicht und aerodynamischer Auftrieb das Gleichgewicht. Um horizontal vorwärts zu beschleunigen, wird der Hubschrauber nach vorne gekippt; der Auftrieb weist dann eine Horizontal- und eine Vertikalkomponente auf. Letztere kompensiert das Gewicht, erstere beschleunigt den Helikopter. Wenn die Horizontalkomponente den gleichen Betrag aufweist wie der Luftwiderstand, fliegt der Helikopter mit konstanter Geschwindigkeit.

Weitere Fragen können innerhalb und außerhalb der Physik neue Einsichten und Verbindungen schaffen [7]: Wieso kann ein Hubschrauber überhaupt fliegen? (Aerodynamischer Auftrieb, Anstellwinkel) Wozu dient der Heckrotor? (Drehimpuls) Wie wird der Hubschrauber gekippt, d.h. gesteuert? (Kollektive und periodische Blattverstellung, Taumelscheibe) Warum kann ein Helikopter nur bis auf eine bestimmte Höhe fliegen? (Barometerformel, Luftdichte in Abhängigkeit von Temperatur und Höhe) Was ist der gesellschaftliche Nutzen, welches sind Risiken und Nachteile? (Rettungs- und Transportwesen, Kerosenverbrauch, Lärmbelästigung von Mensch und Tier).

4. Fächerübergreifend vernetzen

Es gibt mindestens vier Gründe für fächerübergreifenden Unterricht:

- Wissenschaftspropädeutik: d.h. Methoden, Chancen und Grenzen der Physik im Vergleich zu anderen Disziplinen und Arten der Weltbegegnung kennenlernen,
- allgemeine Bildungsziele bzw. Schlüsselqualifikationen: z.B. die Fähigkeit zu Perspektivenwechsel und Toleranz erwerben, indem ein Problem von verschiedenen Seiten analysiert wird,
- der Konstruktivismus als Lern-Lehr-Modell: die Integration des Vorverständnisses ist nicht ohne interdisziplinäre Verbindungen denkbar, denn das Vorwissen ist noch nicht nach Fächern geordnet, d.h. nicht diszipliniert,
- Schlüsselprobleme der Menschheit, wie Ozonloch oder Rohstoffmangel, lassen sich nur interdisziplinär lösen.

Fächerübergreifender Unterricht kann den lateralen Wissenstransfer erhöhen. D.h. Lernenden können ihr physikalisches Wissen häufiger außerhalb des Physikzimmers anwenden, sei es in anderen Fächern oder im Alltag. Das Wissen wird damit nachhaltig und 'allgemein-bildend'.

In Ländern wie England, Kanada oder der Schweiz ist fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht im 5. - 9. Schuljahr der Normalfall. Und in den Jahren 10 - 13 gibt es in Ergänzung zum Fachunterricht Freiräume für interdisziplinäre Projekte, Blockwochen, Semester- oder Maturaarbeiten. Fächerübergreifender Unterricht, als Oberbegriff verwendet, wird dabei in all seinen Varianten umgesetzt, vom fachüberschreitenden, über fächerkoordinierenden hin zum fächerergänzenden und integrierten Unterricht [2]. Die Third International Mathematics and Science Study zeigte, dass die Kinder und Jugendlichen dieser Länder ein mindestens ebenso hohes Niveau erreichten wie diejenigen in Ländern mit gefächertem Unterricht, z.B. Österreich oder Deutschland [12]. Fächerübergreifende Ansätze in bzw. mit Physik müssen nicht zur Beliebigkeit der Fachinhalte führen, sie vermitteln keine Allerweltsphysik, sondern bieten in Schule und Studium noch wenig genutzte Chancen.

5. Naturwissenschaftlich experimentieren

Für einen deutschen Modellversuch, der ähnliche Ziele wie das österreichische IMST²-Projekt verfolgt, wird festgehalten [11]: "Das Experimentieren, Beobachten, Vergleichen und Systematisieren spielt im naturwissenschaftlichen Unterricht eine herausragende Rolle. [...] Gleichgültig, ob Lehrkräfte oder Schüler Versuche durchführen, das Formulieren von Fragestellungen und Vermutungen, die Aufbereitung und Interpretation der Ergebnisse und das Reflektieren der Vorgehensweise müssen zur Selbstverständlichkeit werden."

Unterrichtsbeobachtungen zeigen ein ernüchterndes Bild: Die Art und Weise, in der Experimente durchgeführt werden, stützt oftmals zu wenig den Lernprozess. Schülerinnen und Schüler erhalten nur selten die Gelegenheit, selbstständig Versuche zu planen, durchzuführen und auszuwerten. Zudem gibt es keine Aufgaben- und Prüfungskultur, die naturwissenschaftliches Experimentieren in größerem Umfang einbeziehen würde.

Physikalische Versuche dürfen nicht um ihrer selbst eingesetzt werden. Bei jedem Demonstrationsexperiment und jeder 'hands-on-activity' muss das Ziel in Bezug auf Lernprozess und Unterrichtsablauf klar sein. Drei Hauptzwecke lassen sich unterscheiden [10]: "1) Providing first-hand experience, so that pupils can 'see it for themselves'. 2) Testing ideas by making predictions, setting up a valid test, collecting reliable evidence and relating what is found to the original idea. 3) Experience of 'doing science' through carrying out an investigation which has a certain degree of open-endedness."

Es gilt, günstige Voraussetzungen für das Experimentieren zu schaffen. Diese sind noch nicht immer selbstverständlich: Doppellektionen, Blockhalbtage oder -wochen statt des 45'-Rhythmus; ein breites Spektrum von Unterrichtsmethoden mit Projektarbeiten, Fallstudien oder Lernzirkeln; die Nutzung des Computers für Datenerfassung und -verarbeitung; der Einbezug von Schülerexperimenten, Projekt- und Semesterarbeiten in die Notengebung.

6. Qualitativ und quantitativ argumentieren

Unter dem Titel "Die Zukunft der Physik sichern" war 1999 in den Physikalischen Blättern, der Fachzeitschrift der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, zu lesen: "In der Schule müssen bis zur Oberstufe die Faszination und der spielerische Umgang mit wissenschaftlichen Inhalten Vorrang vor einer formalistischen Herangehensweise haben." Viele 12- bis 15-Jährige finden in der Mittelstufe schlecht Zugang zur Physik, weil sie durch eine vorschnelle Mathematisierung vergrault werden. Ihr kognitiver Entwicklungsstand läßt die Verarbeitung der angebotenen Informationen oft nicht zu. Sie können, auch bei bestem Willen, nicht alles verstehen.

Es gibt ein zweites, wissenschaftstheoretisches Argument gegen ein einseitig quantitatives Vorgehen: Physik ist dadurch gekennzeichnet, dass sich qualitatives und quantitatives Arbeiten komplementär ergänzen. So schreibt ein Schüler Fermis über dessen Arbeitsweise: "From Fermi I learnt to look at things qualitatively first and understand the problem *physically* before putting a lot of formulas on paper. [...] Fermi was as much an experimenter as a theorist, and the mathematical solution was for him more a confirmation of his understanding of a problem than the basis of it." Hier wird physikalisches Verstehen sogar mit qualitativem Vorgehen gleichgesetzt, das Quantitative folgt sekundär.

Die Qualität des Physikunterrichts hängt entscheidend davon ab, ob qualitatives und quantitatives Vorgehen gut ausbalanciert sind. Zum einen sollten neue Begriffe und Modelle zunächst qualitativ erarbeitet werden. Zum anderen sollten Jugendliche zuallererst, bevor die Physik mit Mathematik und quantitativen Experimenten zugeschüttet wird, aus der Sache heraus eine Einsicht entwickeln können: nämlich ein Verständnis für die Notwendigkeit von Formalismen und quantitativen Laborexperimenten! Diese Einsicht wird fälschlicherweise vorausgesetzt. Dabei wäre sie für die Schule ein zentrales allgemeinbildendes Ziel.

7. Mädchengerecht unterrichten

Das Problem ist aus vielen empirischen Studien bekannt: Es gelingt zu wenig, Mädchen und jungen Frauen Wege zur Physik zu erschließen. Als Lehrkräfte müssen wir uns verschiedenen Herausforderungen stellen [2, 9, 13]: Mädchen zeigen im Vergleich zu Jungen weniger Interesse an und geringere Leistungen in Physik. Ihr Selbstvertrauen in diesem Fach ist schwach. Physik hat ein männliches Image. Das Vorverständnis weist geschlechtsspezifische Unterschiede auf. Junge Frauen entscheiden sich seltener für einen Beruf oder ein Studium nat.-technischer Richtung. Zahlreiche Modellversuche und physikdidaktische Studien belegen andererseits: Es gibt Möglichkeiten, den Unterricht mädchengerechter zu gestalten.

8. Kooperation und Kommunikation fördern

Folgende Argumente sprechen für Kooperation und Kommunikation im Unterricht:

- Physikalische Forschung ist ohne Teamarbeit, ohne den gegenseitigen Austausch in Kolloquien, Konferenzen oder Zeitschriften undenkbar: Warum sollte das, was für die Forschung sinnvoll, ja notwendig ist, nicht auch für die Lehre gelten?

Wege zu einem mädchengerechten Physikunterricht

Auf der Basis empirischer Forschungsprojekte lassen sich zehn Unterrichtsrezepte zusammenstellen (für eine detaillierte Beschreibung siehe [13]):

1. Auch an die Vorerfahrungen und Interessen der Mädchen anknüpfen
2. Alltagssprache und Fachsprache miteinander vergleichen und verbinden
3. Im Kontextbezug Staunen, Neugierde und Aha-Erlebnisse ermöglichen
4. Kommunikation durch eine kooperative Lernatmosphäre fördern
5. Phasenweise in monogeschlechtlichen Gruppen unterrichten
6. Das Spektrum der Rückmelde- und Bewertungsformen erweitern
7. Das Selbstvertrauen der Mädchen in die eigene Leistungsfähigkeit stützen
8. Identifikationsmöglichkeiten für junge Frauen schaffen
9. Mit Teenagern und Eltern über Geschlechterstereotypen und -vorurteile sprechen
10. Im Unterricht bei aktuellen Anlässen momentan und situationsspezifisch reagieren

- Das Herausarbeiten des Allgemeinen ist charakteristisch für die Wissenschaft Physik wie auch für den Physikunterricht. Dieses Allgemeine erhält nur im Dialog intersubjektive Gültigkeit. Kommunikation und Kooperation sind damit konstitutiv für den Unterricht.
- Im Konstruktivismus wird von 'co-construction of knowledge' gesprochen: In der gemeinsamen Diskussion von Fragen, Hypothesen und Interpretationen gewinnt neues Wissen an Struktur.
- Lehrpläne, Hochschule und Wirtschaft betonen die Bedeutung der Sozial- und Selbstkompetenz. Das Mittragen einer demokratischen Gesellschaft, die Arbeit im Team oder die Orientierung in einer vernetzten Welt verlangen danach.

"Wie können wir den Austausch von Fragen und Ideen zwischen den Lernenden, wie einen wissenschaftlichen Disput initiieren? Setzen wir verschiedene Sozialformen ein? Fördern wir eine kooperative Lernatmosphäre?" Die Umsetzungsmöglichkeiten sind zahlreich, z.B.: Statt auf eine Frage nur eine Person antworten zu lassen, sammelt man unkommentiert mehrere Antworten, notiert diese stichwortartig an der Tafel und stellt sie dann zur Diskussion. Vor der Durchführung eines Versuches werden Hypothesen zuerst in Zweiergruppen, dann im Plenum diskutiert. In Freihandversuchen können Schülerinnen und Schüler ihr Vorwissen einbringen, es untereinander diskutieren und erweitern. Mit diesen Maßnahmen werden nicht nur Zusammenarbeit und Diskussion gefördert, sondern auch Selbstständigkeit, d.h. die Übernahme von Verantwortung für das eigene Lernen.

Beispiel 3: Schülerexperiment 'Solutions' aus TIMSS



Der TIMSS-Experimentiertest für 13-Jährige mit 12 Versuchen brachte zwei interessante Resultate: Die Mädchen schnitten in allen Ländern gleich gut ab wie die Knaben; dabei hatten sie bei den traditionellen Aufgaben der TIMSS-Haupterhebung klar schlechtere Leistungen gezeigt. Die besten Leistungen erzielten Kinder aus Ländern, in denen Experimentieren groß geschrieben wird, u.a. Singapur, Schweden, Schweiz.- Hier die englische Originalversion des Versuchs 'Solutions':

Your task: Investigate what effect different water temperatures have on the speed with which the tablet dissolves.

This is what you should do: Plan an experiment to find out what effect different water temperatures have on the speed with which the tablet dissolves.

1. Write your plan here. Your plan should include:
 - how many measurements you will make.
 - what you will measure.
 - how you will present your measurements in a table.
2. Carry out your tests on the tablets. Make a table and record all your measurements.
3. According to your investigation, what effect do different water temperatures have on the speed with which a tablet dissolves?
4. Explain why you think different water temperatures have this effect.
5. If you had to change your plan, describe the changes you made and why you made them. If you did not have to change your plan, write 'No change'.

9. Das Beurteilen und Bewerten erneuern

Lernen ohne Rückmeldung ist undenkbar. Sei es, dass Lernende positiv verstärkt werden, indem sie Kompetenzzuwachs erfahren. Sei es, dass sie allein oder in der Gruppe eigene Fehler oder diejenigen anderer analysieren. Im Unterricht müssen über weite Phasen Freiräume bestehen, in denen frei argumentiert werden kann. Unkonventionelle oder falsche Ideen sind hier genauso wichtig wie richtige. Aus dem Prozess des Fehlermachens und der Fehlerkorrektur entwickelt sich Lernen. Was richtig oder falsch ist, wird im Idealfall durch den Disput in der Gruppe oder durch ein Experiment beurteilt. Die Lehrperson sollte davon so weit wie möglich entlastet werden. Stattdessen ermuntert sie vertrauensvoll Jugendliche zu eige-

nen Lernwegen. Sie sollte zusammen mit ihnen während und nach dem Lernprozess einen Rückblick auf die Lernwege halten. Mit dieser Art von Selbstreflexion und -beurteilung werden metakognitive Fertigkeiten entwickelt, die sich für das eigenständige Lernen als zentral erwiesen haben.

In anderen Unterrichtsphasen geht es dann um das Bewerten, d.h. um die Notengebung. Diese sollte sich auf ein breites Spektrum von Prüfungsformen abstützen. Damit können Jugendliche zeigen, dass sie die vielfältigen Bildungsziele des Physikunterrichts erreichen: So sind im International Baccalaureate, einem an über 800 Schulen abgenommenen weltweiten Zentralabitur, 20% der Unterrichtszeit für Schülerexperimente vorgesehen, die für Zeugnis- und Maturanoten zählen. In der Schweiz schreiben alle Jugendlichen in einem von ihnen gewählten Bereich, z.B. in Physik, eine Art Diplomarbeit für das Abitur. In Victoria/Australien müssen alle Schülerinnen und Schüler jedes Jahr ein kleineres naturwissenschaftliches Projekt bearbeiten. Im TIMSS-Experimentiertest führten 13-Jährige verschiedenste Physik- und Mathematikexperimente durch [14, siehe Bsp. 3].

10. Über die Physik und sich lernen

Die Österreichische Physikalische Gesellschaft, Physiklehrkräfte, wir alle sprechen dem Physikunterricht allgemeinbildenden Charakter zu. Um dieses Ziel zu erreichen, genügt es nicht, einfach Physik zu lehren. Im Unterricht sollten regelmäßig wichtige Charakteristika dieser Wissenschaft *explizit* diskutiert werden. Auf einer Metaebene, aber stets anhand eines konkreten Beispiels, erarbeiten Jugendliche der Oberstufe u.a. folgende Einsichten [4]:

- Ein Ziel der Physik ist, Voraussagen zu liefern. Das aber bedarf eindeutiger und trennscharfer Begriffe. Die Definitionen müssen jede für sich und untereinander konsistent sein. Hierin unterscheiden sich Fach- und Alltagssprache.
- Mit nur wenigen Begriffen und Gesetzen lassen sich sehr verschiedene und sehr lange Argumentationsketten aufbauen. Bei einem Minimum an Begriffen entsteht ein Maximum an Erklärungen und Voraussagen, und zwar in äußerlich verschiedenen Domänen. Was im Alltag nur mit Hunderten von Worten zu beschreiben ist, kann in Physik mit einer Formel auf den Punkt gebracht werden.
- Andererseits beschreibt die Physik nur einen Aspekt der Welt. So liefert sie andere Aussagen und Bilder über den Mond als Joseph von Eichendorff mit dem Gedicht Mondnacht: Physik und Poesie als zwei verschiedene Arten der Weltbegegnung.

Dieses Reflektieren über Physik lässt sich verbinden mit der Reflexion über die eigenen Lernprozesse sowie über die eigenen physikalischen Fragen, Interessen und Einstellungen. Hier treffen sich Metaphysik und Metakognition. Das Werden der Physik verbindet sich mit dem Werden des Menschen.

Liebe Leserin, lieber Leser: Als ausländisches Mitglied des IMST²-Beirats und als regelmäßiger Gastreferent an Österreichischen Weiterbildungsveranstaltungen habe ich etwas Einblick in den Physikunterricht Ihres Landes. Ich bin beeindruckt von den Innovationen und Initiativen, die von Lehrkräften, von Schulen und vom IMST²-Projekt ausgehen. Die obigen Thesen sind bewusst kurz und plakativ formuliert, klingen

in einigen Passagen vielleicht kritisch und hart. Ich möchte damit Standortbestimmungen ermöglichen und Diskussionen anreizen. Möge es uns gelingen, die Qualität des Physikunterrichts zu sichern und weiterzuentwickeln!

Literatur

- [1] J. Baumert: *Ansprüche an den Unterricht in der heutigen Zeit*. Düsseldorf, Ministerium für Schule und Weiterbildung 1997
- [2] P. Häußler et al.: *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung: Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. IPN, Universität Kiel 1998
- [3] U. Kattmann et al.: Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung, *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 3/3, 3-18 (1997)
- [4] P. Labudde: *Konstruktivismus im Physikunterricht der Sekundarstufe II. Haupt*, Bern 2000
- [5] R. Duit: Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik* 41/6, 905-923 (1995)
- [6] P. Labudde: *Alltagsphysik in Schülerversuchen*. Dümmler, Bonn 1996
- [7] P. Labudde: *Erlebniswelt Physik*. Dümmler, Bonn 1993
- [8] P. Labudde: Selbstständig lernen - Eine Chance für den Physikunterricht. *Unterricht Physik* 37, 4-9 (1997)
- [9] M. Monk und J. Osborne: *Good practice in science teaching: What research has to say*. Open University Press, Buckingham 2000
- [10] W. Harlen: *Effective Teaching of Science: A Review of Research*. SCORE, Edinburgh 1999
- [11] BLK-Kommission: *Gutachten zur Vorbereitung des Programms "Steigerung der Effizienz des math.-nat. Unterrichts"*. Bonn 1999
- [12] A. Beaton et al.: *Achievement in the Middle School Years: IEA's TIMSS*. Chestnut Hill, MA 1996, <http://timss.bc.edu>
- [13] P. Labudde: Mädchen und Jungen auf dem Weg zur Physik - Reflexive Koedukation im Physikunterricht. *Unterricht Physik* 49, 4-10 (1999)
- [14] M. Harmon et al.: *Performance Assessment in IEA's TIMSS*. Chestnut Hill, MA 1997, <http://timss.bc.edu>

Mit IMST² gemeinsam für einen innovativen und qualitätsvollen Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht

Konrad Krainer

Wissenschaft und Technik sind wichtige Grundlagen für die gesellschaftliche Entwicklung. Ein innovativer und qualitätsvoller Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht an allen Schulen ist daher für die Zukunft von entscheidender Bedeutung. Hier steht Österreich - ebenso wie andere Länder - vor großen Herausforderungen.

Einerseits zeigen internationale Studien, dass sich österreichische Maturant/innen im Unterricht weniger zu kreativen und aktiven Denkleistungen herausgefordert fühlen als gleichaltrige Jugendliche anderer Länder, und dass sie bei anspruchsvolleren mathematischen und naturwissenschaftlichen Aufgaben, die Begründen und Argumentieren erfordern, schlecht abschneiden. Österreich gehört auch zu den Ländern, bei denen die Testergebnisse der Mädchen besonders weit hinter die der Burschen zurückfallen. Andererseits gibt es in Österreich eine große Zahl engagierter und kompetenter Lehrpersonen und eine Reihe vielversprechender neuer Ansätze in der Schulpraxis. Allerdings sind diese noch nicht genügend wirksam und der Öffentlichkeit kaum bekannt. Das Rad wird immer wieder neu erfunden, es fehlt an Reflexion und Vernetzung.

Österreich steht daher vor der Aufgabe, im Bereich der Mathematik und Naturwissenschaften ein adäquates Unterstützungssystem für Schulen in Form einer praxisnahen und zugleich wissenschaftlich fundierten Fachdidaktik aufzubauen, in gemeinsamer Anstrengung von Schulpraxis, Schulbehörde und Wissenschaft sowie unter Nutzung bestehender Ressourcen und Strukturen.

IMST² - ein Beitrag zum Aufbau eines adäquaten Unterstützungssystems für die Schulpraxis

Ein wichtiger erster Schritt ist das Initiieren, Fördern und Sichtbar-Machen von Innovationen, wobei man auf vorhandenen Stärken aufbauen kann. Damit werden auch die vielfältigen Wege zu einem "guten Unterricht" aufgezeigt. Es gibt jedoch keine von irgendeiner Instanz vorweg festlegbare "best practice". Vielmehr gibt es für jede spezifische Lernsituation unterschiedliche Aspekte von "good practice", die auch für andere relevant und anregend sein können. In IMST² werden Innovationen begleitet und analysiert, um Praktiker/innen bei der Reflexion und Verbesserung ihres Unterrichts zu unterstützen. Damit soll ein Beitrag zur weiteren Professionalisierung im Lehrberuf geleistet werden.

Dynamisches Verständnis von Innovation

Innovationen sind nicht als einmalige Ereignisse zu betrachten, die eine nicht adäquate Praxis ersetzen sollen, sondern vielmehr als kontinuierliche Prozesse zur Weiterentwicklung

der Praxis unter sich ändernden Bedingungen und Anforderungen. Innovationen sind folglich integrale Merkmale eines Systems, das durchaus Bewährtes schätzt und beibehält, aber stets auch Möglichkeiten des Weiterlernens prüft und erprobt. Dies ist gerade im Bildungsbereich wichtig, weil die Sinnhaftigkeit von Lernen oft erst dann glaubhaft wird, wenn auch die Lehrenden ihre Lernbereitschaft unter Beweis stellen. Immer wieder zeigt sich, dass Bemühungen von Lehrpersonen um Innovation und Qualität von Schüler/innen nicht nur beachtet und anerkannt werden, sondern deren eigene Leistungsmotivation anspornen. IMST² möchte dazu beitragen, dass Innovationen vermehrt zur Normalität von Schule gehören.

Fachgruppen und interdisziplinäre Teams

Die Hauptadressaten von IMST² sind Fachgruppen und interdisziplinäre Teams an den knapp 600 österreichischen Allgemeinbildenden Höheren Schulen (AHS) mit Oberstufe und Berufsbildenden Höheren Schulen (BHS). Es wird bewusst mit Teams von Lehrer/innen kooperiert, um einerseits einen intensiven Austausch über den (Fach-)Unterricht und das Lernen der Schüler/innen zu erreichen, andererseits aber auch förderliche Auswirkungen auf die ganze Schule (als lernende Organisation) zu ermöglichen. Erfahrungen zeigen, dass einzelne, auf sich allein gestellte engagierte Lehrer/innen an ihrer eigenen Schule meist wenig bewirken können, wenn sie ihre Entwicklungsarbeit nicht in einem Team planen, durchführen und reflektieren. IMST² fördert das Entstehen solcher Gruppen, die ihre professionelle Arbeit systematisch und selbstkritisch hinterfragen, um sie gezielt weiterentwickeln zu können.

Flexible Arbeitsmöglichkeiten

IMST² geht von der Annahme aus, dass die Ausgangslage der einzelnen Schulen (Aufgaben, Rahmenbedingungen, Potenziale, Perspektiven, etc.) sehr unterschiedlich sind. Den Fachgruppen und interdisziplinären Teams werden daher vielfältigste Anknüpfungspunkte für eine Mitarbeit bei IMST² geboten:

- *Auf inhaltlicher Ebene:* Möglichkeit der Mitarbeit an vier Schwerpunktprogrammen - "Grundbildung" (S1), "Schulentwicklung" (S2), "Lehr- und Lernprozesse" (S3) und "Praxisforschung" (S4). Bei S4 können in den Jahren 2001-03 Forschungsprojekte zum Thema "Selbstständiges Lernen" nicht nur von Lehrer/innen sondern auch von Fachdidaktiker/innen eingereicht werden.
- *Auf fachlicher Ebene:* Möglichkeit der Mitarbeit in vier Fachgruppen, nämlich Biologie & Umweltkunde, Chemie, Mathematik und Physik, oder in einem interdisziplinären Team.
- *Auf organisatorischer Ebene:* Möglichkeit der Mitarbeit in vier Intensitätsgraden - als Informationsschule, Kontaktschule, Kooperationsschule oder Schwerpunktschule.

Univ.-Prof. Dr. Konrad Krainer, IFF, Sterneckstraße 15, A-9020 Klagenfurt, leitet das Projekt IMST²

Ausgangspunkt der Innovationen sind Fragestellungen, die an der eigenen Unterrichts- und Schulpraxis ansetzen. Von IMST² wird inhaltliche und prozessbezogene Unterstützung angeboten. Die Innovationen, Analysen und theoretischen Erörterungen werden über Internet, Veranstaltungen und andere Formen der Öffentlichkeitsarbeit verbreitet.

Pilotprojekt 2000-01 und Fortsetzung in den kommenden Schuljahren

Trotz des späten Starts des Pilotprojekts IMST² im Schuljahr 2000-01 haben sich mehr als 20% aller Schulen mit Oberstufenformen (AHS und BHS) zur Teilnahme angemeldet und in unterschiedlicher Intensität mitgewirkt.

Es entstanden etwa 30 Dokumentationen von Innovationen an Schulen bzw. in der universitären Lehrerbildung und eine Reihe wissenschaftlicher Aufsätze. Entsprechende Dokumentationen, Analysen, Materialien, etc. sind auf der IMST²-Homepage <http://imst.uni-klu.ac.at> zu finden.

Aufgrund der ersten Erfahrungen und Ergebnisse wurde IMST² für die Dauer von zwei weiteren Schuljahren verlängert. Das Projekt wird begleitend evaluiert und von einem

namhaften internationalen Wissenschafts- und Praxisbeirat (u.a. Reinders Duit, BRD, und Peter Labudde, CH) begleitet. Fachgruppen und interdisziplinäre Teams an allen österreichischen Schulen mit Oberstufe (AHS und BHS) sind eingeladen, sich bei IMST² zu beteiligen. Kooperationspartner wie Landesschulinspektor/innen, Mitarbeiter/innen an Pädagogischen Instituten, ARGE-Leiter/innen, universitäre Fachdidaktiker/innen u.a. werden über den Beirat sowie über weitere Veranstaltungen eingebunden.

Das Projekt IMST² wird vom Interuniversitären Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung (IFF) / Abteilung "Schule und gesellschaftliches Lernen" im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur (bm:bwk) durchgeführt.

Kontaktadresse

Projekt IMST², IFF, Sterneckstraße 15, A-9020 Klagenfurt
Tel.: 0463/2700-6138 (Skr. Alexandra Ortner) und 6139 (Projektkoordinator Josef Hödl-Weißhofer), Fax-Dw. 6199
e-mail: imst@uni-klu.ac.at, homepage: <http://imst.uni-klu.ac.at>
Projektleitung: Univ.-Prof. Dr. Konrad Krainer

IMST² Schwerpunkt 1 - Grundbildung

Helmut Kühnelt

Von Entrümpelung der Lehrpläne, von Konzentration aufs Wesentliche, vom Erwerb von Schlüsselqualifikationen wird in der bildungspolitischen Debatte immer wieder gesprochen. Als Vorgriff auf die Entrümpelung werden die Stundentafeln zuungunsten der Naturwissenschaften geändert. Gleichzeitig tut sich - nicht nur in Österreich - eine Schere auf zwischen der Nachfrage nach Arbeitskräften mit mathematischen, naturwissenschaftlichen, technischen Ausbildungen und dem tatsächlichen Nachwuchs auf diesem Gebiet. So wurde kürzlich in der Zeitung *Die Zeit* die Abnahme der deutschen Studienanfänger für das Lehramt Physik während der Neunzigerjahre linear extrapoliert: Ab 2005 könnte demnach die Physiklehrerbildung eingestellt werden. Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht steckt offensichtlich in einer Akzeptanzkrise.

Während international die Debatte um *Scientific Literacy*, also mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung, schon länger intensiv geführt wird, ist sie in Österreich zwar bei jeder Lehrplanreform im Hintergrund zu sehen, ersthaft wird sie erst seit dem mäßigen Erfolg der Maturanten im TIMS-Test 1995 angegangen.

Unter *höherer Grundbildung* soll, stark verkürzt, jener Fundus von Fähigkeiten, Einstellungen und Kenntnissen verstanden werden, der nach den Jahren der Schulpflicht in weiterführenden Schulen, also in AHS-Oberstufe und BHMS erworben wird und gebildeten Bürgern, worunter Maturantinnen und Maturanten zu zählen sein sollten, u.a. die Mitsprache in einer von Technik geprägten Umwelt ermöglicht, ohne dass sie ein einschlägiges Studium ergriffen haben.

Im IMST²-Schwerpunkt S1 wird die Diskussion zu diesem Thema auf verschiedenen Ebenen geführt und es werden Schulen bei ihrer eigenständigen Befassung mit diesem Thema unterstützt.

Im Folgenden soll kurz über das Pilotjahr 2000/2001 berichtet werden und ein Ausblick in die Zukunft gegeben werden, nachdem seit Mitte Juni 2001 eine mindestens zweijährige Weiterführung des Projekts gesichert erscheint.

Drei Ebenen

a) *Arbeit mit Schulen:* Unterstützt werden Lehrerteams, die in ihrem Unterricht inhaltliche und methodische Innovationen erproben und auf ihre Qualität überprüfen wollen, die den Grundbildungsaspekt in den Vordergrund stellen und dabei ein vertieftes Verständnis erreichen wollen. Ihnen stellt sich automatisch die Frage nach notwendigen und nach verzichtbaren Inhalten und deren Begründung. Im Pilotjahr nahmen 11 Schulen und ein Team einer Pädagogischen Akademie als Kooperationsschulen teil (s. Tab. 1), aus weiteren 7 Kontaktschulen erreichten uns Berichte über durchgeführte Projekte.

Die Unterstützung für Kooperationsschulen bestand aus Beratung durch S1-Mitarbeiter, Besuch an den Schulen, Durchführung eines dreitägigen Workshops zur Präzisierung der Arbeitsvorhaben, zur Vorstellung der Ideen des S1-Teams und zum kollegialen Gedankenaustausch, sowie die finanzielle Abgeltung einer Dokumentation. Eine wissenschaftliche Auswertung und Zusammenfassung der Berichte durch das S1-Team für den Endbericht 2001 wird bis September erfolgen. Dabei wird die Relevanz der durchgeführten Projekte, die viel-

ao. Univ.-Prof. Dr. Helmut Kühnelt ist wissenschaftlicher Leiter für Physik im Rahmen des IMST²-Schwerpunkt S1.

fach unabhängig von IMST² begonnen worden waren, hinsichtlich der Grundbildungsfrage herausgearbeitet werden.

b) Experten-Diskussion in Fachgruppen: In den einzelnen Fächern wurden mit ARGE-Leitern und weiteren erfahrenen Lehrerinnen und Lehrern in Arbeitskreisen Fragen des Stellenwerts der einzelnen Fächer in den verschiedenen Schularten, sowie praktizierte innovative Formen von Unterricht und Leistungsbeurteilung besprochen. Dabei zeigten sich schulartspezifische Probleme wie auch solche individueller Schulen.

c) Diskussion im Leitungsteam: Das aus allen Disziplinen zusammengesetzte Team konnte sich zwar rasch auf allgemeine Grundsätze einigen, wie die Umsetzung in den einzelnen Fächern erfolgen kann, wurde bald zu einem heiß diskutierten Thema. Es müssen schließlich die Kollegen der jeweils anderen Fächer überzeugt werden.

Einzelne Fächer oder Science?

Das S1-Team ist überzeugt, daß ein fachlich guter Unterricht fachlich hervorragend ausgebildete Lehrer erfordert, daß aber gleichzeitig im Unterricht mehr als bisher interdisziplinäre Zusammenhänge und Anwendungen Platz finden müssen.

Arbeit 2001/2002

Aufbauend auf den Erfahrungen des Pilotjahrs soll sich die Arbeit mit den Schulteams auf drei Aspekte konzentrieren:

Ideenaustausch zwischen den Schulprojektteams und dem S1-Team über Ziele und Inhalte von mathematischer und naturwissenschaftlicher Grundbildung.

Entwicklung von Aufgaben und Fragestellungen zur Gestaltung von Lern- und Prüfungssituationen mit Beachtung der Grundbildungsaspekte unter Berücksichtigung der Ergebnisse neuerer fachdidaktischer Forschung.

Workshops (22.-24.11.2001 als Auftakt, 11.-13.4.2002 zur Zusammenfassung) zur Diskussion von Grundbildungsfragen, Entwicklung von Qualitätskriterien für eine neue Lehr-, Lern- und Prüfungskultur, zum Kennenlernen und Austausch von Innovationen und zur Dokumentation der Erfahrungen.

Der Kontakt zwischen den Schulteams und dem S1-Team wird neben Besuchen in den Schulen und bei Workshops über traditionelle (Telefon, Fax) wie moderne Kommunikationsmittel (e-mail, Web, Netmeeting u.ä.) erfolgen.

Die Diskussion im Team und mit Experten aus den Schulen wird fortgesetzt und für die Weiterverbreitung aufbereitet.

Da die Verbreitung "guter Praxis" eines der Ziele von IMST² ist, wird eine Erhebung innovativer Ansätze an allen AHS und BHS vorbereitet, unabhängig davon, ob diese Schulen an IMST² teilnehmen oder nicht.

Das Team 2001/2002

Für jedes Fach sind ein Fachkoordinator und ein wissenschaftlicher Leiter verantwortlich:

Biologie: Ao. Univ.-Prof. Dr. Ulrike Unterbruner (Universität Salzburg), Mag. Renate Amrhein (BRG Kriegergasse Wien)

Chemie: Lt. Akad. Dir. Dr. Michael Anton (Universität München) und Mag. Gerhard Kern (BG/BRG Eisenstadt)

Mathematik: Univ.-Prof. Dr. Günther Malle (Universität Wien) und Mag. Angela Schuster (BG/BRG Schwechat)

Physik: Ao. Univ.-Prof. Dr. Helmut Kühnelt (Universität Wien) und Mag. Robert Pitzl (Universität Wien)

Projektberatung: Univ.-Prof. Dr. Roland Fischer (IFF)

Gesamtkoordination: Dr. Thomas Stern (IFF)

Kontaktadresse

Erstkontakt und weitere Informationen per e-mail (imst-s1@univie.ac.at) oder FAX (01/5225000577).

Tab. 1: S1-Kooperationsschulen 2000/2001

Kooperationsschule	Kontaktperson	Fächer	Projekttitel
BRG Wien 6	Mag. Ingrid Fertl	GW, Ph, BU	Leitziele und Leistungsbeurteilung in Mathematik und natwiss.Fächern
bfi-HAK Wien	Dipl. Ing. Brigitte Koliander	Ch	Offenes Lernen in der HAK - Organische Chemie
Gymnasium der Benediktiner, Wien	Mag. Walter Schmid	M, Ph	Erhebung der Anforderungen für Studienanfänger an verschiedenen Universitäten, Diskussion über Qualitätskriterien und Bildungsindikatoren
BRG Graz	Dr. Gerhard Rath	Ph	Blick ins Weltall: Schüler als Führer an der Schul-Sternwarte im Rahmen der Science Week 2001
HAK Graz	Dr. Sonja Draxler	M (Ph)	Interpolation oder Regression? - Interaktive Lerneinheiten zur Begabtenförderung
HIB Graz	Mag. Heribert Kögler	M	Fächerübergreifender Unterricht Mathematik/Informatik in der 5. Klasse des ORG
BG/BRG Gleisdorf	Mag. Margit Wagner	M	Was lernen Schüler/innen bei einem Sportprojekt?
HTL Pinkafeld	Dr. Johannes Jaklin	Ch	Unterrichtsplanung Chemie unter Berücksichtigung von Schülerbefragungen
BRG Schloss Wagrain	DI Mag. Manfred Kienesberger	Ph, Ch	Portfolios zur Dokumentation selbständiger Schülerleistungen in den natwiss. Fächern
BG Dornbirn	Mag. Eduard Engler	M	Querverbindungen zwischen Mathematik und den natwiss. Fächern
HBLA Villach 1	Mag. Uschi Prantl	BU, Ch	"Chemie aus der Schule ins Leben" - Was Schüler/-innen an chemischen Inhalten wichtig ist
HBLA Villach 2	Mag. Hugo Schindling	Ph	Physik und Mathematik im Intranet

IMST² Schwerpunkt 2 - Schulentwicklung

Konzept und Erfahrungen im erstem Projektjahr

Franz Rauch und Isolde Kreis

Das Konzept

In den letzten Jahren ist es im Zuge verstärkter Autonomisierung der einzelnen Schulen zu vielen Schwerpunktbildungen gekommen, in wenigen Fällen jedoch im mathematischen und naturwissenschaftlichen Bereich. Im Schwerpunktprogramm 2 (S 2) werden Lehrer/innen unterstützt, an der Schule eine mathematische und/oder naturwissenschaftliche Schwerpunktsetzung zu planen, Initiativen durchzuführen, zu evaluieren und weiter zu entwickeln. Sie tauschen dabei mit anderen Schulen Erfahrungen aus und beteiligen sich am Aufbau eines Netzwerks von Schulen mit einem mathematischen und/oder naturwissenschaftlichen Schwerpunkt. In weiterer Folge können diese Lehrer/innen im Rahmen eines österreichweiten Netzwerkes mit internationaler Anbindung andere Schulen und Fachgruppen dabei unterstützen, solche Schwerpunktsetzungen zu planen und zu evaluieren. Durch die Mitarbeit bei S2 wird eine Verbesserung der Qualität des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts mit der Weiterentwicklung der gesamten Schule verbunden (Verknüpfung von Unterrichts- und Schulentwicklung). Das praktische Instrument für die kontinuierliche Weiterentwicklung und Qualitätsverbesserung des Lehrens und Lernens an Schulen ist das "Schulprogramm" (dessen Erstellung in Österreich wahrscheinlich in naher Zukunft verpflichtend eingeführt wird). In einem Schulprogramm werden - in Zusammenarbeit aller Schulpartner - Schwerpunkte an der Schule für ein bis zwei Jahre auf Basis von Zielen und bisherigen Erfahrungen vereinbart und inklusive einer Evaluation genau geplant und durchgeführt (vgl. Posch 2000; Rauch 2000).

Das Team des Schwerpunktprogrammes 2 erforscht diese Entwicklungs-, Vernetzungs- und Professionalisierungsprozesse begleitend und will damit sowohl zur Theoriebildung als auch zur Weiterentwicklung naturwissenschaftlich-mathematischer Schwerpunkte an Schulen beitragen.

Die Struktur im ersten Jahr

Im ersten Jahr des Projektes wurden Initiativen an 11 Schulen (6 Kooperations- und 5 Schwerpunktschulen) begleitet, die einerseits für eine mögliche Weiterführung in den folgenden Schuljahren von Nutzen sind, andererseits aber auch schon wichtige Impulse in diesem ersten Projektjahr erwarten lassen.

Wie kam es zur Zusammenarbeit mit diesen 11 Schulen? Es zeigten sich insgesamt 65 Schulen am Schwerpunktprogramm 2 interessiert, 13 Schulen davon nahmen an zwei eintägigen Start-up Veranstaltungen (einer am 11. Dezember 2000 in Klagenfurt und einer zweiten am 21. Dezember 2000 in Wien) teil. Dort wurde über das Projekt informiert. Die Schulen berichteten über ihre Vorhaben und hatten Gelegenheit offene

Fragen zu klären. Danach erfolgte die Entscheidung zur Teilnahme durch die Unterzeichnung einer Vereinbarung.

Welche Aufgaben übernahmen die Schulen? Kooperations-schulen bildeten an ihrer Schule fächerübergreifende Projektgruppen, die eine Ist-Erhebung zu Initiativen im mathematischen und/oder naturwissenschaftlichen Bereich durchführten sowie bereits geplante oder begonnene Vorhaben umsetzten. Diese Arbeit an der Schule wurde dokumentiert. Schwerpunktschulen richteten darüber hinaus eine eigene Steuergruppe zur Weiterentwicklung des Mathematik- und Naturwissenschaftsunterrichts ein.

Die am Schwerpunktprogramm 2 teilnehmenden Kooperations- und Schwerpunktschulen:

HTL Braunau am Inn (Kooperationsschule)

Projekttitel: Teilnahme an der Science Week Austria zum Thema "Regenerative Energie in Physik und Chemie"

Leitung: Dr. Peter Stöckl, *Dokumentation:* Dipl.-Ing. Rudolf Gann

BHAK Bruck/Mur (Kooperationsschule)

Projekttitel: Entwicklung und Planung einer Ausstellung zum Thema Kryptologie

Leitung und Dokumentation: Dr. Irmgard Wimmeler

BRG/BORG Dornbirn-Schoren (Schwerpunktschule)

Projekttitel: Curriculum Naturwissenschaften. Einführung eines naturwissenschaftlichen Praktikums

Leitung: Prof. Cyrill Krista, *Dokumentation:* Mag. Gerhard Purin

BG/BRG Leibnitz (Schwerpunktschule)

Projekttitel: Fächerübergreifender Unterricht mit experimentellem Schwerpunkt am Beispiel Naturwissenschaftliches Labor (NWL)

Leitung: Mag. Hermann Scherz, *Dokumentation:* Mag. Bernhard Ackerl, Mag. Christof Lang, Mag. Hermann Scherz

BRG Hamerlingstrasse Linz (Kooperationsschule)

Projekttitel: Oberstufe Neu. Realgymnasium mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt oder Informatik

Leitung und Dokumentation: Mag. Franz Weigl

BG/BRG Rohrbach (Schwerpunktschule)

Projekttitel: Schulentwicklung am BG/BRG Rohrbach

Leitung: Mag. Klaus Stelzer, *Dokumentation:* Mag. Klaus Stelzer, Mag. Gerhard Tusek

BRG Salzburg (Schwerpunktschule)

Projekttitel: Labor und Projekt: Eine neue Form des Naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Oberstufe am BRG Salzburg

Koordination: Dr. Gerhard Ziller, *Dokumentation:* Mag. Stefan Zaloznik, Dr. Gerhard Ziller

Dr. Franz Rauch, Mag. Isolde Kreis, IFF Klagenfurt, Sterneckstraße 15, 9020 Klagenfurt, leiten den Schwerpunkt 2 von IMST².

BORG Spittal/Drau (Kooperationsschule)

Projekttitel: Anwendungsorientierter und fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht

Leitung: Mag. Klaus Oberlercher, *Dokumentation:* Dr. Arnold Kern

BRG Traun (Schwerpunktschule)

Projekttitel:

- Evaluation des Laborunterrichts in der Unterstufe
- Entwicklung des Gegenstandes "Naturwissenschaftliches Projekt"

Leitung und Dokumentation: Mag. Reinhard Pichler

BRG Schloss Wagrain (Kooperationsschule)

Projekttitel:

- Schriftliches Arbeiten in naturwissenschaftlichen Fächern (Dr. Bernt Ruttner)
- Naturwissenschaftlicher Unterricht - NAWI (Mag. Otmar Kern, Mag. Gabi Putz)
- Die Nervenzelle (DI MMag. Manfred Kienesberger)
- CD-ROM AIDS: Wissen schützt (Mag. Rudolf Lehner)
- Mathematik mit DERIVE und EXCEL (Mag. Günther Schwarz)
- Mathematik ohne Grenzen (Mag. Gisela Auer)

Leitung: Dipl.-Ing. Manfred Kienesberger, *Dokumentation:* Mag. Gabriele Putz

Zwi Perez Chajes Gymnasium (Kooperationsschule)

Projekttitel: Maßnahmen zur Vernetzung und Förderung der naturwissenschaftlichen Fächer

Leitung: Mag. Petra Klacil, *Dokumentation:* Mag. Petra Klacil, Mag. Sonja Toth

Diese 11 Schulen erhielten folgende Unterstützung:

- Austausch und Weiterbildung: Angebot eines Netzwerk-Seminars und einer Schreibwerkstatt (je 2-tägig) für zwei Lehrer/innen jeder Schule
- Fach- und Prozessberatung: Den Schulen wurde ein "Berater/innenpool" mit 60 Expert/innen für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht bzw. für Schulentwicklung (Schulprogrammentwicklung, Evaluation, Dokumentation, Moderation, Konfliktbearbeitung u.ä.) zur Verfügung gestellt.
- Finanzielle Unterstützung: Jeder Schule standen ca. ATS 35.000,-- für Beratung zur Verfügung, die mit einem begründeten Antrag und einer Dokumentation vom Schwerpunktprogramm 2 bezahlt werden. (Dieser Finanzrahmen wurde im ersten Jahr nicht ausgeschöpft.) Für die Dokumentation erhielt jede Schule ein Honorar von ATS 10.000,--.
- Informationen für Schulen aus begleitenden Recherchen und Forschungen des S2-Teams: Die Schulen erhielten beispielsweise ein Skriptum zur Qualitätsentwicklung und Qualitätsevaluation an Schulen, Unterlagen zu ähnlichen Projekten in anderen Ländern auf Basis einer Internetrecherche, Seminarnachlesen u.a. (vgl. Kreis/Rauch 2001; Rauch/Kreis 2001)

Im ersten Projektjahr standen aber nicht nur der laufende Kontakt zu den Schulen sowie die Planung, Durchführung und Nachbereitung der Seminare im Zentrum der Arbeit. Es wurden unter anderem auch Unterlagen für die IMST-Homepage aufbereitet, Internetrecherchen zu internationalen Vergleichs-

projekten (wie z.B. dem BLK-Projekt in Deutschland) durchgeführt und Beispiele von Schulprogrammen und mathematisch-naturwissenschaftliche Projekten an österreichischen Schulen recherchiert, die als Information an die teilnehmenden Lehrer/innen versendet wurden. Dazwischen wurde neuere Literatur zur Unterrichts- und Schulentwicklung gelesen.

Erste Erfahrungen

Eine Reflexion der Begleitung im ersten Jahr sowie eine Analyse der von den elf Schulen vorliegenden Dokumentationen kann folgendermaßen zusammengefasst werden.

- Die teilnehmenden Schulen sind nicht nur in den Naturwissenschaften aktiv, sondern es gibt schwerpunktbildende Arbeitsgruppen in verschiedenen Themenfeldern. Die naturwissenschaftlichen Fächer bemühen sich vor diesem Hintergrund um eine Steigerung der Schüler/innenzahl im Wahlpflichtbereich und stehen dabei in einer internen Konkurrenz zu musisch-kreativen und sprachlichen Schwerpunktbildungen. Der Druck durch abnehmende Schüler/innenzahlen ist eine der wichtigsten Motivationsquellen. Die Teilnehmer/innen schätzten auf den beiden Seminaren, die von S 2 angeboten wurden, die Möglichkeit des kollegialen Erfahrungsaustausches sehr. Sie erhielten dabei inhaltliche Anregungen (in zwei Fällen fanden nach dem Seminar Besuche an den Schulen statt), hatten aber auch die Gelegenheit gemeinsame Probleme auszutauschen und sich dadurch emotional zu unterstützen. Darüber hinaus kann auch das sehr positive Feedback zum Angebot einer Schreibwerkstatt als Unterstützung der ungewohnten Aufgabe der Dokumentation von Schulentwicklungsprozessen gewertet werden. An der Schreibwerkstatt wurde die Möglichkeit geschätzt aus dem Strom des schulischen Alltages herauszutreten und zwei Tage ungestört und in einem Stück an der Dokumentation arbeiten zu können sowie unmittelbares Feedback zu erhalten. Die entstandenen Dokumentationen erhielten auf Grund des beschriebenen Legitimationsdruckes einen besonderen Stellenwert für die interne und externe Öffentlichkeitsarbeit.
- Inhalt der Vorhaben ist häufig fächerübergreifender Laborunterricht in den Naturwissenschaften. Es wird lebensnahes, entdeckendes, eigenständiges und verstehendes Lernen angestrebt. Ein Hauptmotivator für diese didaktischen Initiativen ist offensichtlich die angestrebte Steigerung der Attraktivität bei Schüler/innen, um dem Image eines trockenen und theoretischen Unterrichts entgegenzutreten. In diesem Zusammenhang ist bei den Schulen der Wunsch nach mehr Information zu den Vorhaben und Ergebnissen des Schwerpunktprogrammes 1 "Grundbildung" entstanden.
- Die Initiativen gingen von engagierten Lehrer/innen(gruppen) aus und haben bereits eine "Geschichte" an der Schule. Die Schulleitung wird meist als "im Hintergrund" unterstützend beschrieben. Es wird im Allgemeinen koordiniert vorgegangen (Pädagogische Tage, Arbeitsgruppen, Protokolle, externe Moderation), wobei sich die Lehrer/innengruppen aktiv mit externen Rahmenbedingungen auseinandersetzen (Werteinheiten, Unterstützungsmöglichkeiten durch die Behörden, Öffentlichkeitsarbeit). An einem Schulprogramm arbeitet erst eine der elf Schulen.

- Die Verbreitungsstrategie des Schwerpunktprogrammes 2 folgt dem Aufbau lokaler, horizontaler Netzwerke unter Einbeziehungen der bestehenden formalen Institutionen der Lehrerbildung (Pädagogische Institute, Pädagogische Akademien, Universitäten u.a.). Im Bundesland Vorarlberg entstanden bereits Bemühungen einer Vernetzung unter Schulen bzw. Lehrer/innen verschiedener Schulen, die auf Anfrage vom S2-Team unterstützt wurden. Damit wurde ein erster Schritt in Richtung eines lokalen Netzwerkes gesetzt.

Ausblick

In den nächsten beiden Jahren sollen im Rahmen von S2 Schwerpunktsetzungen an ca. 12 Schulen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich realisiert und dokumentiert werden. Es besteht die Möglichkeit - sofern die Voraussetzungen an der jeweiligen Schule gegeben sind - an einem Schulprogramm im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich zu arbeiten. Damit soll auch die Qualität des naturwissenschaftlichen Unterrichts im Sinne einer Verbindung von Unterrichts- und Schulentwicklung gefördert werden. Durch regionale Seminare unter Einbindung von Pädagogischen Insti-

tuten, Pädagogischen Akademien und Universitäten - mit Lehrer/innen des Schwerpunktprogrammes 2 sowie Expert/innen aus den Bereichen Fachdidaktik und Schulentwicklung als Referent/innen - soll eine Verbreitung im österreichischen Bildungssystem begonnen werden. Diese ersten Schritte können bei einer allfälligen Verlängerung des Projekts um ein oder zwei Jahre in ein österreichweites Netzwerk mit Kompetenzzentren weiterentwickelt werden.

Literatur

Kreis, I./Rauch, F.: *IMST²-Schwerpunktprogramm 2 "Schulentwicklung"*. Seminarnachlese zur Schreibwerkstatt. IFF: Klagenfurt 2001.

Posch, P.: Qualitätsstandards von Schulprogrammen. In: IFF/BMBWK (Hrsg.): *Projekt Schulprogrammentwicklung an berufsbildenden Schulen. Dokumentation 1. Vernetzungstreffen*. IFF: Klagenfurt 2000.

Rauch, F.: Das Schulprogramm als Herausforderung für die Schulleitung. In: *Erziehung und Unterricht* 150 (2000) 3-4, 237-247.

Rauch, F./Kreis, I.: *IMST²-Schwerpunktprogramm 2 "Schulentwicklung. Seminarnachlese zum 1. Vernetzungstreffen*. IFF: Klagenfurt 2001.

IMST² Schwerpunkt 3 - Lehr- und Lernprozesse

Helga Jungwirth und Helga Stadler

Für wen ist unser Angebot gedacht?

Sie merken, daß ein Teil Ihrer SchülerInnen nicht das Interesse am Fach entwickelt, das Sie sich wünschen würden, und möchten herausfinden, welche Zugänge diese SchülerInnen mehr motivieren würden? Sie haben Klassen mit einem breiten Leistungsspektrum und suchen nach Wegen, den Unterricht auf diese Breite abzustimmen? Sie möchten ein bestimmtes Stoffkapitel diesmal ganz anders aufziehen und fragen nach Möglichkeiten, die Umsetzung des neuen Zugangs zu untersuchen, weil Sie wissen möchten, ob sie weiterhin darauf setzen sollen?

Das sind nur ein paar Beispiele für Fragen, denen LehrerInnen in unserem Programm nachgehen können. Was immer im einzelnen Sie interessiert - durch die Reflexion und bewußte Gestaltung von Lehr- und Lernprozessen soll zu einer qualitätsvollen, an den Gegebenheiten in den einzelnen Klassen orientierten Weiterentwicklung des Mathematik- und Naturwissenschaftsunterrichts beigetragen werden.

Zur Mitarbeit eingeladen sind - entsprechend der Anlage von IMST² - alle Mathematik- und NaturwissenschaftslehrerInnen, die in der Oberstufe unterrichten bzw. ganze Fachgruppen

an Schulen. Willkommen sind uns dabei sowohl jene, die in die Thematik neu einsteigen möchten als auch jene, die bereits dazu gearbeitet haben und nun darauf aufbauen wollen.

Was ist das Grundanliegen unseres Schwerpunktprogramms?

Unser Schwerpunktprogramm steht letztlich im Dienste der Hebung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung der SchülerInnen. Unser Ansatzpunkt ist dabei, daß dies umso eher gelingt, je mehr der Unterricht auf die Lernvoraussetzungen und -bedürfnisse der SchülerInnen in den einzelnen Klassen eingeht. Das heißt, die LehrerInnen müssen diese möglichst gut wahrnehmen, um ihren Unterricht darauf abstimmen zu können. Auf die Verwirklichung gegebener, anspruchsvoller Unterrichtsziele soll dabei nicht verzichtet werden - schlußendlich sollen die SchülerInnen ja sogar besser als heute gebildet sein, auch wenn dies nur sehr langfristig erreichbar ist -, aber sie soll "situationsgerecht" angegangen werden. Viele Wege führen nach Rom, heißt bekanntlich das Sprichwort.

Aus dieser Überlegung heraus haben wir unser Programm konzipiert, und daraus ergeben sich nun konkrete Ziele, die sich auf die Lehrkräfte und deren Arbeit beziehen.

Dr. Helga Jungwirth und Mag. Helga Stadler leiten den Schwerpunkt 3.
email: hejun@t-online.de, helga.stadler@univie.ac.at

Erfahrene LehrerInnen haben in der Regel einen "analytischen Blick", mit dem sie erfassen, was gerade in ihrer Klasse läuft, welche SchülerInnen sich wo auf ihrem Lernweg befinden, in welchem Fall sie wie intervenieren müssen usw. Unser Anliegen ist es, Sie bei der Weiterentwicklung dieser Fähigkeit zu unterstützen, und zwar durch die Vermittlung von Methoden zur systematischen Untersuchung von den verschiedenen Aspekten des Lehrens und Lernens; Videos wären eine solche Methode, aber es gibt noch viele andere mehr. Es geht uns also um eine Weiterentwicklung der Reflexionskompetenzen. Daneben wichtig sind aber auch die gestalterischen. Beschlossene Innovationsschritte müssen ja auch umgesetzt werden. Auch in dieser Hinsicht möchten wir LehrerInnen bei der Erweiterung ihres Handlungsrepertoires unterstützen. Ein Beispiel: Formen des Offenen Lernens praktizieren zu wollen, kann vielleicht auch heißen, die Fähigkeit zur Moderation der dabei ablaufenden Prozesse ausbauen zu müssen.

Wenn Sie als Lehrerin bzw. Lehrer in unserem Programm an Ihren Fragen arbeiten, geht es also zwar einerseits um deren Beantwortung, aber andererseits auch um die Entwicklung von Kompetenzen, die auch sonst, völlig unabhängig und außerhalb von IMST², für Ihre LehrerInnentätigkeit wertvoll sind. Unterstützen möchten wir Sie auch bei der Vernetzung von Aktivitäten. Unser Programm ist darauf angelegt, schulübergreifend Kenntnis von der Arbeit anderer LehrerInnen zu erlangen, Gleichgesinnte für eine gemeinsame oder parallele Arbeit zu finden, sich mit ihnen auszutauschen, oder die eigenen Ergebnisse oder Unterrichtsversuche anderen zugänglich zu machen.

Darüberhinaus ist es auch unsere Aufgabe, die Formen der Zusammenarbeit zwischen Ihnen und uns als begleitendem Team, zu dokumentieren und auf ihre Kennzeichen hin zu analysieren, sodaß als Ergebnis unseres Programms dann auch Modelle zur lehrerInnen-geleiteten Reflexion und Entwicklung von Unterricht vorliegen, die ebenfalls außerhalb von IMST² zum Einsatz kommen können.

Und schließlich interessiert uns auch aus der Forschungsperspektive, welche Prozesse bei LehrerInnen und im Unterricht durch die Mitarbeit in unserem Programm in Gang kommen. Wertvolle Erkenntnisse, die hier erlangt werden können, sollen auch wieder in unsere Unterstützungsarbeit zurückfließen.

Welche Aktivitäten umfaßt unser Schwerpunktprogramm im einzelnen?

- Reflexion von Lehr- und Lernprozessen mit fallbezogenen Untersuchungsmethoden
- Entwicklung und Erprobung von Konzepten für qualitativvolles, situationsgerechtes Lehren und Lernen
- Untersuchung der Umsetzung von Konzepten und deren fachdidaktische Einschätzung
- Dokumentation von Untersuchungen und innovativen Beispielen für Unterricht sowie von Anregungen für weitere Vorhaben
- Ermöglichung eines Austausch von Ideen, Erfahrungen und Arbeiten zu unserem Thema, u.a. durch die Nutzung des Internets
- Qualifikation von LehrerInnen durch Aus- und Fortbildungsmaßnahmen und Ausbildung von MentorInnen für Schulen durch einen eigenen Lehrgang

- Generierung von Modellen zur lehrerInnen-geleiteten Reflexion und Innovation von Unterricht
- Erforschung von lehrerInnen- und unterrichtsbezogenen Entwicklungen

Worin bestehen die konkreten Mitwirkungsmöglichkeiten für LehrerInnen?

- Wenn Sie Interesse an einer aktiven Beteiligung an unserem Programm haben (also die Situation in einer bestimmten Klasse näher zu untersuchen, etwa mit Videoeinsatz oder mit anderen Methoden; ein bestimmtes Unterrichtskonzept oder bestimmte Arbeitsformen entsprechend den unterschiedlichen Lernbedürfnissen zu entwickeln und/oder umzusetzen; die Umsetzung zu untersuchen und zu dokumentieren; ...) würden wir Sie durch Anregungen und laufende Rückmeldungen zu Ihrer Arbeit sowie durch Kontakte zu Schulen, die der gleichen Frage nachgehen, unterstützen.
- Wenn Sie über schriftliche Erfahrungsberichte, Projektdarstellungen o.ä. zur Reflexion oder situationsgerechten Gestaltung von Lehr- und Lernprozessen verfügen, würden wir uns freuen, wenn Sie uns diese für unsere Dokumentation zur Verfügung stellen könnten. Ihre Erfahrungen sind ein wichtiges Element unserer Arbeit und KollegInnen, die ähnliche Initiativen setzen wollen, können davon profitieren.
- Wenn Sie unsere Forschungen unterstützen möchten, bieten wir Ihnen Rückmeldungen, die Ihre Reflexions- bzw. Gestaltungsarbeit bereichern können. Sie haben außerdem die Möglichkeit, unsere Untersuchungsinstrumente zur Selbstevaluation in Ihren Klassen oder im KollegInnenkreis weiterverwenden. In Einzelfällen ist es auch möglich, daß Arbeiten gemeinsam mit den betreffenden Lehrkräften verfaßt werden.
- Wenn Sie sich generell für unsere Thematik und ihr Umfeld interessieren und einen Austausch mit anderen Interessierten suchen - sei es, weil Sie sich mehr über bestimmte Aspekte informieren möchten, sei es, weil Sie selbst über Erfahrungen bzw. Unterlagen verfügen, die Sie gerne weitergeben würden -, bieten wir Ihnen die Möglichkeit der Teilnahme an Seminaren sowie der aktiven Nutzung einer Internetbörse.
- Wenn Sie bereits zur S3-Thematik in einem gewissen Umfang gearbeitet haben und AnsprechpartnerIn bzw. MentorIn für andere werden möchten, können Sie sich in unserem Lehrgang dafür qualifizieren.

Physikunterricht als moderierter Dialog

Klaus Albrecht

Standardantworten auf Standardfragen

Ich behaupte, dass in keinem Unterrichtsfach die Diskrepanz zwischen gelehrtem Stoff und verstandenen Inhalten auf Seiten der Schüler größer ist als in der Physik. Die schlechten Ergebnisse bei TIMSS und die Unbeliebtheit des Physikunterrichts bei Schülern sind Indikatoren für diese Kluft. Auch bei einer sehr gutmütigen Auslegung des Lehrplanes bleibt die Widersprüchlichkeit zwischen den Lernzielen und den vermittelten Einblicken in die Physik eklatant bestehen. Für Physikdidaktiker ist dieser Umstand keine Neuheit. Als Physiklehrer findet man sich mit dieser Tatsache ab - oder man beginnt sich mit der Problematik zu beschäftigen. Solange Lösungen nicht einfach verfügbar sind, wird es weiterhin der gemeinsamen Anstrengung bedürfen, die beunruhigende Situation in der Physikausbildung zu erörtern.

Aufschlussreich wäre hierbei natürlich die Perspektive der Schüler, doch gerade diese bleibt uns Lehrern oft verwehrt. Eine Sternstunde, in der ich in die Rolle eines Schülers schlüpfen konnte und die Physik aus der Sicht eines Prüflings erfuhr, bot sich mir unerwartet im Kreise von Fachkollegen: Bei einer Zusammenkunft von Physikdidaktikern und Physiklehrern wurden den Versammelten einige Physikfragen gestellt. Eine dieser Fragen lautete folgendermaßen:

In welche Richtung wird sich das abgebildete Boot bewegen?

- a) Es wird nach rückwärts fahren.
- b) Es wird sich gar nicht bewegen.
- c) Es wird sich nach vorwärts bewegen.



Ich entschied mich für die Vorwärtsrichtung. Zu meinem Erstaunen musste ich aber feststellen, dass das Boot - gemäß der als richtig bewerteten Antwort - die entgegengesetzte Richtung einschlägt. Offensichtlich war das Segel am Boot für die Fragestellung bedeutungslos - und nur mangels eines sorgfältigeren Bildes kam meine anfängliche Verwunderung überhaupt zustande.

Irgendwie erinnerte mich diese Situation an meine Schulzeit und ich hörte das Urteil meines damaligen Physiklehrers: "Falsch, setzen!" So wie damals musste ich meinen leisen Protest unterdrücken, um nicht mit einer Wortmeldung herauszuplatzen: "Aber das hängt doch ganz davon ab ...!" Heute besteht keine Notwendigkeit mehr, dass ich mir all die gewünschten Standardantworten merken müsste. Allerdings drängen sich mir neue Fragen auf:

- Wie oft können Schüler im Unterricht ihre eigene Antwort verteidigen?
- Wie oft setzen Lehrer den Schülern vorgefertigte bzw. nahegelegte Antworten vor, die sie dann bei der Prüfung wieder hören möchten?
- Wie oft bekommen wir lediglich die Standardantworten auf unsere Standardfragen unüberlegt von den Schülern reflektiert?
- Inszenieren wir diese schlechte Nachahmung unserer "richtigen Erklärungen" selbst?

Um mehr Klarheit in diese Angelegenheit zu bringen, müssen wir erst einmal der Frage nachgehen, woher eigentlich die Antworten im Physikunterricht kommen. Zwei bedeutende Lieferanten sind leicht benannt:

1. Der Lehrer ist die Quelle für alle Antworten (auf die von ihm selbst formulierten Fragen). Die Schüler lernen diese Antworten / Sprüche für die nächste Stundenwiederholung auswendig. Dieses Szenario enthält die Wesenszüge des Frontalunterrichts.
2. Die Antworten kommen u.a. auch von den Schülern. (Häufig auch "fragend entwickelnder Unterricht" genannt). Der Lehrer ist der Schiedsrichter über richtige und falsche Antworten.

Dass sich diese beiden Fälle nicht wesentlich unterscheiden, zeigt eine genauere Analyse für den fragend-entwickelnden Unterricht. Mit einigem Aufwand könnte man hier das Unterrichtsgeschehen - ein Schüler antwortet auf die Frage des Lehrers - in folgende Situationen kategorisieren:

1. Die Antwort des Schülers wird vom Lehrer als richtig deklariert. Die dazu notwendigen und unausgesprochenen Überlegungen auf Seiten des Schülers decken sich mit den Vorstellungen des Lehrers.
2. Die Antwort des Schülers wird vom Lehrer als falsch erkannt und die unausgesprochenen Überlegungen, die den Schüler zu dieser Antwort führten, waren irrig.
3. Die Antwort des Schülers wird vom Lehrer als falsch deklariert, obwohl der Schüler aufgrund anderer Voraussetzungen und Überlegungen durchaus zum richtigen Schluss gekommen ist.
4. Die Antwort des Schülers wird vom Lehrer als richtig deklariert, aber die unausgesprochenen Überlegungen, die den Schüler zu dieser Antwort führten, waren falsch.
5. Die Schülerantwort ist richtig bzw. falsch und der Schüler hat sich dazu überhaupt keine Gedanken gemacht.

Der einzig günstige Fall ist hierbei die erste Situation. Alle anderen Situationen behindern die Entwicklung eines physikalisch fundierten Verständnisses. Diese Behauptung möchte ich an einem Beispiel klarer darstellen:

Lehrer: "Angenommen, wir lassen zwei Kugeln mit gleicher Größe und gleicher Oberflächenbeschaffenheit aber unter-

schiedlicher Masse von einem hohen Turm fallen. Welche Kugel wird wohl zuerst am Boden aufschlagen?"

Schüler (zaghaft): "Die schwerere Kugel?"

Lehrer (freudig erregt): "NEIN! Und dazu machen wir nun ein kleines Experiment ..."

Lehrer (erklärt das Laborexperiment): "-----"

Spätestens ab diesem Zeitpunkt kennen viele Schüler auf die obige Frage nur mehr eine (richtige) Standardantwort. Entgegen ihrer Intuition werden die meisten Schüler schon bei der ersten Stundenwiederholung unisono auf die Frage nach der schneller fallenden Kugel antworten: "Die Kugeln sind beide gleich schnell unten!" Das Dilemma der ungläubigen Schüler gründet auf dem Umstand, dass sie nicht in der Lage sind, ihre intuitiven Vorstellungen in - für den Lehrer - begreifliche Formulierungen zu kleiden. Diese "faulen" Schüler werden bald nach den ersten negativen Notenaufzeichnungen des Lehrers sich der "richtigen" Meinung anschließen und sich die Antwort merken. Hierbei spielt es keine Rolle, ob das Turmexperiment etwas anderes (- der Intuition der Schüler näher liegendes -) ergeben würde - was wiederum angesichts des Luftwiderstandes nicht erstaunlich ist.

Selbst wenn der Schüler aufgrund fehlerhafter Schlussfolgerungen zur falschen Antwort gelangte, so wären die (unausgesprochenen) Überlegungen des Schülers für den Lehrer von Bedeutung, um einzelne Misskonzepte auf Seiten der Schüler zu isolieren.

Je schwieriger die Inhalte, desto geistloser werden die Anforderungen an die Schüler bei diesem vorstrukturierten Frage-Antwort-Spiel:

Lehrer: "Wer kann aufzählen, was ein Elektron besitzt?"

Schüler A (unsicher): "0,5 MeV?"

Lehrer: "Ja, aber das habe ich jetzt nicht gemeint."

Schüler B: "Es gehört zur Familie der Fermionen."

Lehrer: "Gut. Noch etwas anderes?"

Schüler C: "Flavor?"

Lehrer: "Bravo! Und hat es auch Color?"

Schüler C (unsicher): "Nein."

Lehrer: "Ausgezeichnet!"

Zu betonen ist, dass die Schüler nichts gegen diese eingeforderten Standardantworten einzuwenden haben und bereitwillig dem Lehrer die Freude machen, je nach Schulwoche und Schuljahr die gewünschten Antworten aufzusagen. Diese Art des "fragend - entwickelnden" Unterrichts begünstigt die Ausbildung einer Symbiose zwischen Lehrer und Schüler. Der Schüler ist bereit die physikalischen Sprüche und die sinnlosen Zeichen zu reproduzieren, solange der Lehrer nicht vom Standardfragenkatalog abweicht. Mit der Zeit lernen die Schüler mit immer größerer Treffsicherheit zu erraten, was der Lehrer gerne hören möchte.

Physikunterricht als moderierter Dialog

Warum Alt-Bewährtes ändern?

Wie gefällt Ihnen diese Vorstellung: Ein Großteil der Schüler nützt die Unterrichtspause, um sich wichtige physikalische Formeln einzuprägen. Zu zweit fragen sie sich die wichtigsten Sätze ab:

Schüler A (liest aus seinem Physikheft): "Wie heißt der zweite Hauptsatz?"

Schüler B: "Es ist unmöglich eine periodisch arbeitende Maschine zu bauen, die nichts bewirkt als die Hebung einer Last und die Abkühlung eines Körpers."

Schüler A: "Was ist ein irreversibler Prozess?"

Schüler B: "Irreversible Prozesse sind Vorgänge ..."

Andere lernen selbständig mit dem Physikheft:

Schüler C: (öffnet sein Physikheft und liest leise): "Der zweite Hauptsatz der Wärmelehre" (schließt das Heft - ein Finger dient als Lesezeichen - und murmelt leise vor sich hin): "Es ist unmöglich eine periodisch arbeitende Maschine zu bauen, die nichts weiter bewirkt als die Hebung einer Last und die Abkühlung eines Körpers."

Da alle Schüler denselben Satz im Heft stehen haben, müssen wir bis zum Unterrichtsbeginn warten, um ein wenig Abwechslung zu erleben ...

Lehrer: "Wie heißt der zweite Hauptsatz der Wärmelehre?"

Schüler D: "Es ist unmöglich eine Maschine zu bauen, die nichts bewirkt als die Hebung einer Last oder die Abkühlung eines Körpers."

Lehrer: "Falsch!"

Leider hapert es hier nicht nur beim zweiten Hauptsatz! Falsch ist vor allem, dass den Schülern der Anreiz geboten wird, Sätze einzulernen.

Die Absicht meiner Bemühungen ist es, eine Methode zu finden, die Schüler daran hindert, Antworten unreflektiert zu kopieren. Diese Bestrebung erweist sich als nicht konform zur gängigen Unterrichtspraxis. Mit Beginn des ersten Schultages werden die Schüler der Versuchung ausgeliefert dem Lehrer mit der gewünschten Antwort eine Freude zu bereiten. Belohnungen dienen hier als Orientierungshilfen, damit Schüler möglichst komplikationslos das "Lernen" erlernen. Hat sich dieses Verhalten aus der Sicht der Schüler erst einmal als erfolgreich etabliert, ist es sehr schwierig, die Schüler wieder zu entwöhnen - so halten selbst unsere Maturanten an dieser Art zu lernen hartnäckig fest. Das Mitdenken im Unterricht mutiert in den höheren Schulklassen häufig zum Erraten dessen, was der Lehrer gerne hören möchte. Positive Mitarbeitsaufzeichnungen erhöhen den Anreiz für die Schüler die vom Lehrer als "richtig" deklarierte Antwort zu finden. Meiner Meinung nach muss man diesen Tendenzen rechtzeitig entgegenwirken, da sich solche schlechten Gewohnheiten bereits in der Pflichtschulzeit einschleifen. Doch die Lernstrategien ändern sich nur, wenn sich die Lehrstrategien zuvor ändern. Aus diesen Zielsetzungen heraus entwickelte sich ein Physikunterricht als "moderierter Dialog".

Wie sieht ein Physikunterricht als moderierter Dialog aus?

Der Lehrer beginnt den Unterricht mit einer intuitiv verständlichen Frage. Das bedeutet für mich, dass die Schüler die Fragestellung verstehen, ohne diese je zuvor gehört zu haben. Beispiele für diese Art der Fragen wären:

Beispiel 1:

Eine mit Luft gefüllte Boje wird mit Hilfe eines Seiles 1 m unter der Wasseroberfläche festgehalten und am Auftauchen gehindert. Benötigt man ein stärkeres Seil, um die Boje tiefer unter der Wasseroberfläche zu fixieren?

Beispiel 2:

Drei Lampen werden - wie in der Skizze dargestellt - miteinander und mit einer Batterie verbunden (Anmerkung: die hier nicht abgebildete Skizze zeigt eine Serienschaltung von drei

Glühlampen). Ändert sich die Helligkeit der Lampen, wenn man die erste Lampe bzw. die letzte Lampe in der Reihe mit einem Stück Draht überbrückt (Anmerkung: in einer weiteren Skizze ist diese veränderte Situation dargestellt)?

(Weitere Beispiele für intuitiv zugängliche Fragen liefert die Fachliteratur; eine Referenzliste findet man am Ende dieses Artikels).

Diese Fragestellungen unterscheiden sich klar von jenen, die keinen intuitiven Zugang ermöglichen:

Wie lautet das Wiensche Verschiebungsgesetz? Was versteht man unter sphärischer Aberration? Was ist die Spitzenwirkung? ...

(Wenn Ihnen hier die vertrauten Schülerantworten in den Sinn kommen, wissen Sie, was ich bemängle!)

Doch nicht nur die Art der Fragestellung ist wichtig. Auch die Zeitspanne, die man den Schülern einräumt, um über die Frage nachzudenken, ist entscheidend. Ein rasches Vorgehen im Anfangsstadium würde viele interessante Ansätze und Gedanken im Keim ersticken, die im weiteren Verlauf des moderierten Dialoges nie wieder spontan in dieser Form entstehen könnten. Also erst nach einer angemessenen Nachdenkpause wählt der Lehrer einen Schüler aus (und zwar nicht nur aus der eingeschränkten Menge jener Schüler, die sich durch Handzeichen - oder andere Gestik - freiwillig melden), um sich über dessen Schlussfolgerungen zu informieren. Im weiteren Verlauf werden nun mehrere Schüler vom Lehrer interviewt und auch mit bereits vorgebrachten Argumenten von Mitschülern konfrontiert. Ein oder zwei Schüler führen während dieses Diskurses ein Protokoll über den Verlauf dieser Auseinandersetzung mit der Fragestellung. Dem Lehrer, der diesen Diskurs moderieren soll, fallen hierbei mehrere Aufgaben zu:

1. Der Lehrer darf die Antwort zur gestellten Frage nicht nahe legen, beziehungsweise den Lösungsweg nicht künstlich in eine gezielte Richtung lenken. Das heißt konkret: Falls die Schülermeinungen sich auf das richtige Konzept konzentrieren, wird der Lehrer zum Zweifler und zum Kontrahenten. Wenn aber die Schüler ein falsches Konzept favorisieren, so wirft der Lehrer kritische Fragen ein, die notwendigerweise zu Widersprüchen für die Schüler führen.
2. Der Lehrer achtet darauf, dass sich die Diskussion nicht in viele einzelne Aspekte verliert, sondern fokussiert bleibt. Hierbei wird es häufig notwendig sein, die Aufmerksamkeit der Schüler auf einen beschränkten Umfang des Problems zu konzentrieren, um so die Diskussion zusammenzuhalten.
3. Der Lehrer ortet vertraute Präkonzepte/Fehlkonzepte bei den Schülern und bringt diese verstärkt in die Diskussion ein.
4. Der Lehrer achtet darauf, dass die Protokollführer ihren Job zufriedenstellend erledigen können (in Hinblick auf das Tempo der Diskussion und der Klarheit der Formulierungen).

Eine Anforderung an den moderierten Dialog besteht darin, dass sich der Lehrer während des Diskurses überlegen muss, wie man die Aussagen, Schlussfolgerungen und Behauptungen der Schüler in ergänzende Fragen einbauen kann, um das physikalische Verständnis der Schüler weiter zu entwickeln. Durch diese ständige "Rückkopplung" wird gewährleistet,

dass der Lehrer sich nicht vom aktuellen Verständnis des Lernenden entfernt. Der Lehrer kann somit nicht vorauspreschen und ein Kapitel nach dem anderen abhaken - das Unverständnis der Schüler für die Materie wird zum unüberwindlichen Hindernis bei dieser Lehrmethode. Durch die Orientierung am Wissensstand der Schüler wird die Frustration der Schüler/innen im Unterricht minimiert. Gleichzeitig gewährleistet ein herausfordernder Moderationsstil eine stetige Anforderung an die Schüler. Dies ermöglicht eine graduelle Transformation des vorbelasteten Alltagsvokabulars (Kraft, Beschleunigung,...) der Schüler in die naturwissenschaftliche Verwendung der Begriffe.

Augenfällig wird die Abgrenzung des moderierten Dialoges zu anderen Lehrmethoden (z.B. zum fragend-entwickelnden Unterricht) unter anderem auch bei der Beurteilung der Schülerleistungen und Notengebung: Die gängige Praxis bei Prüfungen an der Schule ist es, bereits Gesagtes einzufordern und zu benoten. Beim moderierten Dialog zählen nicht die reproduzierten Sätze als Leistung, sondern neue und aus naturwissenschaftlicher Sicht vernünftige Beiträge beim Diskurs werden bewertet. Die Methode des moderierten Dialoges kollabiert in dem Augenblick, in dem man bereits gefallene Aussagen bei Prüfungen einfordert und beurteilt. Erst die konsequente Vermeidung der Stundenwiederholungsfragen bringt eine Veränderung im Schülerbewusstsein. Ansonsten werden die Schüler unkritisch die vom Lehrer sanktionierten Standardantworten hervorbringen. Ist man bereit dem gewillten Schüler einfache Regeln ("Die Formel $v = w \times r$ kann man sich einfach merken: ein richtiger Verschnitt ist Weißwein gekreuzt mit Rotwein") anzubieten, dann darf man sich nicht wundern, dass fast alle Schüler sich auf diesen bequemen Weg begeben.

Nun könnte man fälschlicherweise denken, dass bei dieser Methode jeder Schüler die Physik für sich selbst neu entdecken sollte. Doch mehr als bei anderen Methoden ist hier der Lehrer der Lernbegleiter für die Schüler - der Lehrer führt die Schüler durch eine Sequenz von aufeinander abgestimmter Fragen an eine Physik heran, die sich nicht mit oberflächlich eingeübtem Fachjargon zufrieden gibt.

Die angeführten Kriterien - Art der Fragestellung, Geduld des Lehrers - sind nur Attribute einer Methode, die bestimmt nicht als eine Novität gelten kann. Die didaktische Idee, fragend zu antworten, ist untrennbar mit dem Namen Sokrates verbunden und dementsprechend alt. Urteilt man nach dem zeitgemäßen Unterricht, so ist die Methode aber nicht nur alt sondern auch altmodisch. Die Bedeutung der sokratischen Unterrichtsführung ist im heutigen Unterricht gering. Die Ursache dürfte in zwei Forderungen an den Unterricht zu suchen sein:

- Die Unterrichtsmethode muss effizient sein.
- Die Effizienz des Lernprozesses muss (einfach) überprüfbar und messbar sein.

Mit diesen beiden Ansprüchen waren die Mutationen in der Unterrichtsmethodik absehbar:

Die Lehrbuchphysik wurde auf sauber formulierte Sätze und Formeln reduziert und mundgerecht an den Empfänger geliefert. Konnte der Empfänger diese frei reproduzieren, so war der Beweis erbracht, dass er rechtmäßiger Besitzer dieser Weisheiten ist. Es erscheint naheliegend, den unwissenden Schüler einfach zu informieren und ihm die Zusammenhänge

als nicht nötig vorzuenthalten: Warum kompliziert wenn es einfach auch geht? Das zweite Gesetz von Newton konnte so auf einen kompakten Satz mit einem Dutzend Wörter ("die Summe der angreifenden Kräfte ist gleich Masse mal Beschleunigung des Massenmittelpunktes") oder auf eine kurze Formel destilliert werden. Und die Schüler wissen dann die Zusammenhänge - nicht die Zusammenhänge zum physikalischen Umfeld, sondern die Zusammenhänge zu den Schlüsselwörtern in der Frage - und lernen so auf Wiederholungsfragen richtig zu antworten. Die Schüler sind nicht fähig über dieses reproduzierte Wissen frei zu verfügen und begegnen der erlernten Materie völlig unkritisch.

Die sokratische Methode ist die erklärte Absage an diese Oberflächlichkeit und hemmt die Willfährigkeit des Lernenden sich blindgläubig den Lehren einer Autorität anzuvertrauen und diese Dogmen urteilslos zu kopieren. Der moderierte Dialog nutzt die sokratische Methode und die Tatsache, dass wir heute andere technische Mittel zur Hand haben, um einen Diskurs im Klassenraum in der Praxis auch sinnvoll zu führen.

Über die Praxis des moderierten Dialoges

Der moderierte Dialog wird durch die Art der Fragestellung, der Beharrlichkeit des Fragestellers sowie dessen Fähigkeit, ein geschicktes Frage und Antwort Wechselspiel aufzubauen, getragen. Doch lassen sich aus diesen allgemeinen Formulierungen keine Hilfestellungen für die reale Unterrichtsstunde ableiten. Konkret orientiert sich der "Physikunterricht als moderierter Dialog" an den folgenden Wegmarken:

- Einfach verständliche Frage am Beginn des Unterrichts
- Zur Beantwortung der Frage werden nicht nur Schüler herangezogen, die aufzeigen.
- Über den Verlauf der Diskussion wird ein Protokoll geführt. Die Schüler werden namentlich in diesem Protokoll erwähnt. Die von einem Schüler gegenwärtig erfasste Protokollmitschrift sollte für alle Schüler lesbar zugänglich gemacht werden. Dies ist mit der Hilfe eines Beamers möglich. Ein Schüler verfasst am PC die Protokollierung und diese wird auf eine Wandtafel im Klassenraum projiziert. Für Grafiken und Diagramme eignet sich am Besten der Overhead-Projektor - die Schüler fertigen ihre "grafischen Argumente" auf Overheadfolien an und legen diese dann auf den Projektor.

Die Protokollierung dient hierbei mehreren Zielen: Erstens ermöglicht die Auswertung der Aufzeichnungen eine Leistungsbeurteilung der Schüler. Die Aufzeichnung des Dialoges liefert Auskunft über die Beteiligung und zwingt somit die Schüler, am Diskurs teilzunehmen und in der Folge auch Verantwortung für den Lernfortgang zu übernehmen. Zweitens können sich Schüler und Lehrer mittels des Protokolls auf bereits gefallene Argumente beziehen. In ähnlicher Weise wird die Anknüpfung an die Fragestellung der vorigen Physikstunde ermöglicht. Und Drittens bietet eine umfangreiche Dokumentation auch die Gelegenheit für eine didaktische Evaluierung dieser Methode sowie Rückschlüsse auf typische Denkmuster und Vorkonzepte bei Schülern. Letztendlich eignet sich das Protokoll auch als Grundlage für die von Schülern verfassten Zusammenfassungen größerer Kapitel in der Physik.

Beispieldialog

Einleitung: Ein mit Wasser gefülltes Becken steht auf einer Waage. Der Lehrer hält einen Faden in der Hand, an dessen anderem Ende ein Stein angebunden ist.

Lehrer: Wenn ich nun diesen Stein ins Wasser absenke, wird sich dann der Zeigerausschlag auf der Waage ändern?

Martin: Wenn der Stein mit genügend großer Wucht auf die Wasseroberfläche einschlägt, dann schon.

Lehrer: Dann lese ich nun den Wert von der Waage ab und notiere den Wert hier.

(Der Lehrer senkt anschließend den Stein langsam ins Wasser ab, sodass dieser vollständig untertaucht aber den Boden nicht berührt und wartet, bis sich die Wasseroberfläche wieder glättet).

Lehrer: Lese ich nun einen anderen Wert auf der Anzeige ab, als jenen, den ich hier notiert habe?

(Die Schüler können die Anzeige nicht sehen).

Gabriel: Solange Sie den Stein noch halten, ändert sich nichts.

Lehrer: Andere Meinungen?

Philipp: Ich denke die Anzeige hat sich geändert!

Lehrer: Warum?

Philipp: Alles andere wäre zu unspektakulär.

Lehrer: Nun, machen wir einmal eine Umfrage. Wer glaubt, die Anzeige hat sich geändert? - Gut, und wer glaubt, die Anzeige hat sich nicht geändert?

(Ergebnis: $\frac{3}{4}$ sind für unverändert, $\frac{1}{4}$ für geänderte Anzeige.)

Lehrer: Jakob, warum denkst du, dass die Anzeige unverändert ist?

Jakob: Warum sollte sie sich ändern? Auf der Waage steht nach wie vor nur das Wasserbecken, den Stein halten ja Sie!

Lehrer: Gute Frage! Harald, du denkst, die Anzeige hat sich geändert! Warum?

Harald: Der Faden saugt sich mit der Zeit mit Wasser voll.

Lehrer: Wird dadurch der angezeigte Wert kleiner oder größer - gegenüber dem notierten Wert? Stefan, was sagst du dazu?

Stefan: Größer!

Lehrer: Warum?

Stefan: Weil der vollgesogene Faden mehr wiegt!

Lehrer: Harald, denkst du auch, dass der Wert größer wird?

Harald: Nein, da das Wasser ja nun im Faden ist und Sie den Faden aber in der Hand halten geht dieser Anteil für die Waage verloren. Sie zeigt also weniger an.

Lehrer: Petra, welches der beiden Argumente macht für dich mehr Sinn?

Petra: Das von Harald!

Lehrer: Stimmen wir also nochmals ab

(Ergebnis: 90% denken, die Anzeige hat sich geändert.)

Lehrer: Hat jemand eine andere Idee, als die mit dem vollgesogenen Faden?

Thomas: Ich glaube, dass die Waage mehr anzeigt, nachdem der Stein ins Wasser eintaucht.

Lehrer: Warum?

Thomas: Weil ja jeder Stein Unsauberkeiten - Sandkörner und ähnliches - hat und sich die im Wasser lösen und auf den Boden sinken.

Lehrer: Maria, wieso sollte sich dieser Effekt auf die Anzeige auswirken? Die Sandkörner waren ja vorhin - bei der ersten Messung, die ich hier notiert habe - ja auch schon dabei. Folglich ist nichts dazugekommen und somit hat sich die Gesamtmasse nicht verändert, oder?

Maria: Aber vorhin haben Sie den Dreck mit dem Stein gehalten und dann nicht mehr!

Lehrer: Beide Auswirkungen - der vollgesogene Faden und der absinkende Sand - existieren, sind aber so klein, dass ich die Veränderungen aufgrund dieser Effekte nicht auf der Anzeige ablesen kann. Vergessen wir also einmal diese Effekte. Diese Waage kann solche Feinheiten gar nicht unterscheiden. Ist jemand aber für eine messbare Änderung?

Lehrer: Niemand. Gut, dann sehen wir uns nochmals das Statement von Jakob an! (Jakobs Beitrag zur Diskussion wird nochmals vom Protokollführer laut vorgelesen.)

Jakob, ändert sich für dich auch nichts, ob du einen schweren Stein vom Boden eines Schwimmbeckens aufhebst oder ob du denselben Stein herausen aufhebst?

Jakob: Doch. Im Wasser geht es leichter!

Lehrer: Lisa, gibt es für diese Behauptung einen Grund?

Lisa: Im Wasser wiegen die Dinge weniger.

Lehrer: Sebastian, ändert sich im Wasser die Masse von den Dingen?!

Sebastian: Nein.

Lehrer: Das scheint im Widerspruch zur Behauptung von Lisa zu stehen. Gregor, kannst du diesen Widerspruch auflösen?

Gregor: Nicht die Masse ändert sich, aber das Gewicht ändert sich!

Lehrer: Warum sollte sich das Gewicht ändern, wenn die Masse unverändert bleibt?

Gregor: Weil das Wasser auch noch eine Kraft auf den Stein ausübt.

Lehrer: In welche Richtung ist diese Kraft gerichtet?

Gregor: In Richtung Oberfläche.

Lehrer: Die Oberfläche des Steines? Was sagst du dazu, Daniel?

Daniel: Ja.

Lehrer: Könntest du das einmal schnell zeichnen.

(Der Schüler zeichnet rund um einen Stein Pfeile normal zur Oberfläche ein - die Pfeilspitzen berühren die Steinoberfläche.)

Lehrer: So wie ich deine Skizze sehe, drückt das Wasser auf alles. Warum sollte er aber deshalb leichter zum Aufheben sein?

Daniel: Keine Ahnung.

Lehrer: Anna, hast du eine Erklärung?

Anna: Weil das Wasser von unten her mitdrückt!

Lehrer: Ja, aber das Wasser von oben drückt wieder nach unten!

Anna: Aber von unten drückt es stärker!

Lehrer: Stärker als was?

Anna: Stärker als von oben!

Lehrer: Aber wenn die Kraft nach oben größer ist als die Kraft nach unten, dann müsste der Stein nach oben treiben? Bernhard, was sagst du dazu?

Bernhard: Es wirkt ja nicht nur das Wasser auf den Stein ein!

Lehrer: Sondern...?

Bernhard: Der Boden wirkt auf noch auf den Stein!

Lehrer: Und diese Kraft - diese Bodenkraft - verhindert, dass der Stein selbstständig aufsteigt?

Bernhard: Ja.

Lehrer: In welche Richtung wirkt diese Bodenkraft?

Bernhard: Nach unten.

Lehrer: Es wird Zeit, dass wir uns sauberer ausdrücken. So wird mir nicht klar, welche Kraft ihr gerade anspricht. Wir werden also wie gehabt bei jeder Kraft dazusagen, auf wel-

chen Körper die Kraft wirkt und wer oder was diese Kraft ausübt. Also sehen wir uns nochmals den Stein an. Wie sieht es nun mit den Kräften auf den Stein aus? Christian wird uns dies in aller Klarheit erklären!

Christian: Also zunächst einmal wirkt das Wasser rundum ein...

(Nach weiterem Wortwechsel über die wirkenden Kräfte wurde ein vollständiges Kräftediagramm für den Stein von den Schülern gezeichnet.)

Lehrer: Nachdem wir nun die Kräfte auf diesen Stein herausgefunden haben, finden wir vielleicht auch heraus, ob sich die Anzeige auf meiner Waage geändert hat! Was denkst du nun, Florian?

Florian: Die Anzeige ist zurückgegangen, weil der Auftrieb im Wasser den Stein leichter macht.

Lehrer: Wenn der Stein herausen ist, dann ist er schwerer - und wenn er im Wasser ist, dann ist er leichter. Stimmt das, Michael?

Michael: Ja.

Lehrer: Und da ich den ersten Wert notierte, als der Stein herausen war, ist dieser anfängliche Wert auch größer. Wenn ich dann den Stein ins Wasser absenke, wird der Stein leichter und somit zeigt dann die Waage weniger an. Stimmt das, Robert?

Robert: Ich sehe überhaupt keinen Grund, dass sich die Anzeige ändert, solange Sie den Faden in der Hand halten.

Lehrer: Solange ich den Stein herausen halte sehe ich auch keinen Grund. Aber im Wasser fühlt sich der Stein leichter an. Was denkst du, Roland?

Roland: Aber das hat nichts mit der Waage zu tun. Sie messen ja nicht die Masse des Steins!

Lehrer: Nun gut. Dann stellen wir uns folgende Situation vor: Ich stehe auf einer Personenwaage und neben mir steht Paul auf einer eigenen Personenwaage. Meine zeigt 80 kg an, die von Paul 60 kg. Nun gibt mir jemand eine Breithantel in die Hand und ich halte diese mit beiden Händen über dem Kopf. Meine Waage zeigt nun 150 kg an und die von Paul immer noch 60 kg. Nun fange ich schon unter der Last zu ächzen an und Paul, der nach wie vor auf seiner Waage steht, hilft mir. Ich spüre die Erleichterung - und sehe auf meiner Waage nur noch einen Wert von 120 kg. Blöderweise kann ich die Anzeige von Pauls Waage nicht sehen - wird diese nun auch weniger anzeigen, 40 kg zum Beispiel?

Gernot: Nein, die zeigt mehr an!

Lehrer: Mehr als was?

Gernot: Mehr als 60 kg.

Lehrer: Die Hantel fühlt sich leichter an, sobald mir Paul beim stemmen hilft. Auch der Stein am Faden fühlt sich leichter an, sobald mir jemand hilft. Wer hilft mir beim Heben des Steines?

Michaela: Das Wasser!

Lehrer: Wirkt sich das Helfen auf die Gewichtsanzeige auf Pauls Waage aus? Was sagst du dazu, Werner?

Werner: Ja!

Lehrer: Und wenn mir nicht Paul hilft sondern das Wasser - würde sich das auf einer Waage, auf dem das Wasser steht, bemerkbar machen?

Werner: Wahrscheinlich schon!

Lehrer: Und wie ändert sich die Anzeige?

Werner: Der Wert wird größer?!

Lehrer: Jeder schreibt nun auf, ob der Zeigerausschlag sich je geändert hat. Falls der Zeiger sich bewegte, in welche Rich-

tung erfolgte die Veränderung - zeigt die Waage nun mehr oder weniger an? Und vor allem: Warum hat sich etwas geändert bzw. warum hat sich nichts geändert.

Lehrer: Und jetzt sehen wir uns das Ganze nochmals anhand der wirkenden Kräfte an ...

Am Ende der Stunde fordert der Lehrer die Schüler auf, ihre Neugier über die "richtige" Antwort doch selbst durch ein Experiment zu Hause zu stillen. Küchenwaage und Salatschüssel genügen hierfür.

Zusammenfassung

Der moderierte Dialog ist eine Methode, die den Schüler mittels sokratisch formulierter Fragen durch die Unterrichtsstunde führt - und dies in einer strukturierten Art und Weise. Hierbei ist es die Aufgabe des Lehrers eine Vielfalt von Perspektiven offen zu halten, alternative Lösungswege nicht zu blockieren, Schülerantworten im Hinblick auf klare Argumentation und Abgeschlossenheit zu überprüfen und zu kritisieren, sowie den Schüler anzuleiten, konsistente und inkonsistente Erklärungen zu unterscheiden und über diese nachzudenken. Der moderierte Dialog vermeidet es akribisch, dem gewillten Schüler einfache Merkgeregeln zu bieten, da es nicht Sinn des Physikunterrichtes sein kann, dem Schüler bequeme Ausreden für sein "Nichtverstehen" zu unterbreiten.

Überprüft und benotet werden beim moderierten Dialog innovative Schülerbeiträge - übliche Kontrollmechanismen wie Stundenwiederholungen, bei denen bereits beantwortete Fragen wiederholt von Schülern beantwortet werden, entfallen gänzlich.

Durch diesen Zugang zur Physik entwickelt der Schüler einen kritischen Blick für das Erlernte und wird ermutigt, all jene "offiziellen" Erklärungen zu verwerfen, die für ihn nicht ausreichend begründet oder einsichtig sind. Die "privaten" Erklärungen des Schülers müssen der andauernden Rückkopplung mit dem Lehrer zugeführt werden - so kann ein Entwicklungsprozess und ein tieferes Verständnis für physikalische Zusammenhänge eingeleitet werden.

Entwicklungsgeschichte

Rückblickend würde ich drei Schuljahre aufzählen, die es mir erlaubten, Erfahrungen zu sammeln, die letztendlich die hier vorgestellte Unterrichtsmethode entscheidend geprägt haben. Ein chronologischer Abriss spiegelt die unerlässlichen Weiterentwicklungen wider:

Irritiert durch die abwartende Haltung meiner Schüler, sowie geplagt durch einen beunruhigenden Gedanken - nämlich dass viele Schüler es gar nicht wahrnehmen würden, wenn ich ihnen plötzlich einen völligen Blödsinn erzählen würde - lösten bei mir Zweifel über meinen Unterricht aus. So stellte ich meine "Erzählungen" (für mich waren es zu diesem Zeitpunkt noch "Erklärungen") ein und begann die Schüler mit inkonsistenten Behauptungen zu konfrontieren. Dies führte dazu, dass wir tatsächlich leidenschaftlich über Themen der Physik debattierten! Mit einem großen Nachteil: Die Diskussionen wirkten stark selektierend und schon bald trieb die Hingabe und die Beharrlichkeit einiger Weniger einen Keil zwischen diese Schüler und den Rest der Klasse. Ich musste schon bald feststellen, dass dieser trennende Graben mit jeder Unterrichtsstunde alarmierend schnell an Spannweite dazu gewann.

Ernüchtert durch diese Erfahrung kehrte ich im nächsten Jahr zum Standardunterricht zurück und legte den Schwerpunkt der Physikstunde wieder auf Vortrag und Demonstrationsexperimente. Allerdings mit einer Abänderung: Am Ende der Unterrichtsstunde stellte ich eine Frage und verlangte, dass jeder Schüler sich zu Hause darüber Gedanken macht und seine Ideen und Antworten auf einem Blatt Papier festhält. Am Ende der folgenden Unterrichtsstunde nahm ich diese individuellen Schülerantworten mit nach Hause und provozierte durch tiefergreifende Fragen einen Dialog auf diesem Arbeitsblatt. Die Schüler bekamen also ihre Blätter in der nächsten Unterrichtsstunde zurück und reagierten wieder zu Hause auf meine neuen Fragen. So entwickelte sich für jeden Schüler in der Klasse ein eigenständiger Diskurs auf ein paar Bögen Papier, der oft über Monate den Gedankenaustausch zwischen Schüler und Lehrer zu einer einzelnen Fragestellung sicherte. Im folgenden Schuljahr wollte ich die Vorteile der schriftlichen Aufzeichnung der einzelnen Diskussionsbeiträge und die Beteiligung aller Schüler am Diskurs nicht mehr missen, jedoch den enormen Aufwand dieser "Zettelwirtschaft" auf ein vernünftiges Maß eindämmen. Somit kam der Dialog wieder zurück in den Klassenraum. Diesmal jedoch hielt ich die Diskussionsbeiträge während des Unterrichts in schriftlicher Form fest. Auch notierte ich, welcher Schüler die Überlegung lieferte, um regulierend in die Diskussion einwirken zu können und eine gleichmäßige Schülerbeteiligung zu erreichen. Vorerst unbeteiligte Schüler wurden nun von mir angesprochen und aufgefordert, ihre Position zu einer bestimmten Problematik auszudrücken. Mittlerweile führe nicht ich das Protokoll über den Dialog - diese Aufgabe kommt nun Schülern zu, die sich regelmäßig abwechseln. Ich denke es ist entscheidend, dass alle Schüler den Fortgang der Diskussion auch visuell mitverfolgen können. Dies ist mit ein Grund dafür, dass das verfasste Protokoll mit Hilfe eines Beamers auf eine Wandtafel im Klassenraum projiziert wird.

Erfahrungsbericht

Anfänglich sind viele Schüler verunsichert, wenn der Lehrer keine Einheitssätze mehr einfordert. Je länger ein Schüler in seiner bisherigen Schullaufbahn vorgefertigten, bequemen Sprüchen und Formeln ausgesetzt war, desto schwerer ist es oft, ihn zu entwöhnen. Es ist viel Geduld erforderlich, bis man den Schülern näher bringt, dass ihnen dieser Unterricht keinen Antwortenkatalog bietet, hingegen sogar unüberlegte Antworten wegnimmt. Die Umstellung fällt dem Schüler sicher leichter, wenn der Lehrer anfänglich die Situation entspannt und dem Schüler nicht das Gefühl gibt, jede falsche Aussage könnte später (bei der Notengebung) gegen ihn verwendet werden. Es besteht auch die Gefahr, dass einzelne Schüler mit ihren Wortmeldungen vorderhand naive Beiträge von Mitschülern leichtfertig verwerfen und somit diese Schüler ausgrenzen. In diesem Fall ist es für die betroffenen Schüler ermutigend und für den Diskurs belebend, wenn der Lehrer ihre Partei ergreift und deren Wortmeldung vor einem oberflächlichen und unüberlegten Urteil bewahrt.

Ich konnte innerhalb eines Jahres feststellen, dass die Schüler in ihrer Fähigkeit zu argumentieren und unbegründete Behauptungen zu erkennen gestärkt wurden. Bedingt durch einen Lehrerwechsel wurde mein subjektiver Eindruck von einer Fachkollegin, die nicht über meine Unterrichtsmethode infor-

miert war und die Klasse übernahm, bestätigt. Mehrheitlich hat sich gezeigt, dass die Schüler gerne ihre eigenen Vorstellungen verteidigen und sich freuen, dass ich auf ihre Überlegungen eingehe und nicht nur über ihre Köpfe hinweg den Unterrichtsstoff durchpauke.

Quellen für "intuitiv zugängliche" Fragestellungen

- 1) Paul G. Hewitt, *Next-Time Questions to accompany Conceptual Physics*, Harper Collins College Publishers
- 2) Lewis Carroll Epstein, *Thinking Physics is GEDANKEN Physics*, Insight Press
- 3) Eric Mazur, *Peer Instruction - A User's Manual*, Prentice Hall
- 4) Arnold B. Arons, *Homework and Test Questions for Introductory Physics Teaching*, John Wiley & Sons
- 5) Jearl Walker, *The Flying Circus of Physics with Answers*, John Wiley & Sons
- 6) A. Goldsworthy, R. Watson, V. Wood-Robinson, *Developing Understanding in Scientific Enquiry*, Association for Science Education (ASE)
- 7) W. J. Leonard, R. J. Dufresne, W. J. Gerace, J. P. Mestre, *Minds on Physics*, Kendall/Hunt Publishing Company
- 8) L. McDermott, *Physics by Inquiry*, John Wiley & Sons
- 9) T. L. O'Kuma, D. P. Maloney, C. J. Hieggelke, *Ranking Task Exercises in Physics*, Prentice Hall

Der Traum des Seglers bei Flaute

(Professor Wolfgang Bürger behandelt die Quizfrage des vorangegangenen Beitrags in *Der Traum des Seglers bei Flaute*, Birkhäuser Basel 1998. Ein kurzer Ausschnitt sei zitiert.)

"Da lag der kleine Häwelmann mit offenen Augen in seinem Rollenbett und hielt das eine Beinchen wie einen Mastbaum in die Höhe. Sein kleines Hemd hatte er ausgezogen und hing es wie ein Segel an seiner kleinen Zehe auf; dann nahm er ein Hemdzipfelchen in jede Hand und fing mit beiden Backen an zu blasen. Und allmählich, leise, leise fing es an zu rollen ... "
(aus Theodor Storms Märchen)

[...] Provozierende Frage: Kann ein Segler sein Schiff vorwärtsblasen, indem er vom Heck aus nach vorn in die Segel bläst? Das mag der Traum jedes Seglers bei Windstille sein. Ist es aber möglich, oder stand Münchhausen Pate, [...]

Widersprechende Voraussagen: Da niemand je eine Crew gesehen hat, die ihr eigenes Segelschiff vorwärtsblies, ist die Meinung verbreitet, das sei unmöglich. Auch mancher Ingenieur [...] stimmt in diesen Kanon ein. Und Physiklehrer äußern sich mit Skepsis [...]: Wenn der Segler nach vorn blase, wirke sein Atemstrom wie ein Düsenstrahl in der falschen Richtung, der dem Boot und ihm selbst einen Schub nach hinten gebe. Drücke der Luftstrahl mit der gleichen Kraft gegen das Segel, bleibe alles in Ruhe. [...] Erfolgreicher waren die Zuschauer einer Fernsehsendung ("Knoff-hoff Show" im ZDF), denen wir die Frage als Preisfrage stellten. Weniger von Fachwissen behindert, lösten sie das Problem mit "gesundem Menschenverstand": Hätte es Sinn, eine so provozierende Frage im Fernsehen zu stellen, wenn die richtige Antwort darauf die wäre, die man sowieso erwartet?

Praktische Antwort: Die Lösung lautet also: Man kann sein eigenes Boot vorwärtsblasen - jedenfalls im Prinzip. [...]

Der Impulswagen als Analogie: Versuchen wir jetzt den Vorgang einfacher zu verstehen! Wir ersetzen den Luftstrom (oder Wasserstrahl) durch einen elastischen Ball. Als "Schiff" dient ein leichter Wagen auf Schienen und als "Segel" eine feste Wand [auf dem Wagen], von der der Ball möglichst gut zurückprallt. Wir stellen uns auf den Wagen und werfen den Ball vorwärts. Leider ist das von Nachteil, denn vom Vorwärtsimpuls p des Balles bekommen Mann und Wagen einen gleich großen Rückwärtsimpuls, $-p$ (minus!), der den Wagen rückwärts rollen läßt. Aber da ist ja noch das "Segel". Bei einem perfekten Rückprall von der Wand kehrt der Ball seinen Impuls um, von p nach $-p$. Für den Impulsgewinn von $-2p$ des Balles beim Rückprall erhält der Wagen den Vorwärtsimpuls $+2p$. Die Bilanz für den Wagen ist damit $-p + 2p = +p$. Er beginnt vorwärts zu rollen.

Zu diesem Schluß hätte man einfacher gelangen können. Es kommt gar nicht darauf an, ob der Ball auf dem Wagen hin- und hergeworfen wird, sondern nur darauf, daß er am Ende den Impuls $-p$ wegträgt.

Mechanisches Fernsehen

Fernsehhempfang in der vorelektronischen Zeit

Franz Pichler

Einleitung

Elektronik ist als Begriff fest verbunden mit der Erzeugung (Emission) und Steuerung von freien Elektronen in Vakuum, in Gasen oder in Halbleiter. Als ein wichtiges physikalisches Werk der "ersten Stunde" kann dafür J.J. Thomson: *Conductions of Electricity through Gases* (Cambridge 1903), deutsche Ausgabe 1906, gesehen werden.

Der Einsatz der Elektronik im Gebiet der Informationstechnik hat große Fortschritte gebracht und deren Geräte- und Systemtechnik geradezu revolutioniert. Als erste Spezialdisziplin dafür steht die Telegraphie wo die drahtlose Telegraphie (Marconi 1897) wie sie mit der Funkenstrecke als Sender eingeführt wurde, durchaus einen elektronischen Charakter hat.

Die Erfindung der Elektronenröhre (Robert von Lieben 1906, 1910, Lee de Forest 1906, 1912) führte zum (elektronischen) Verstärker für Telefonleitungen und zum Röhrenoszillator (Strauss 1912, Meissner 1912) und damit auch zur (elektronischen) drahtlosen Telephonie und zum Radio. Der Einsatz der Elektronik in der Bildtelegraphie kann mit der Verwendung der Photozelle als lichtempfindlicher Sensor (Rosenthal 1907) sowie der Kerr-Zelle im Empfänger (Karolus 1924) gleichgesetzt werden.

Das Fernsehen, das wegen der erforderlichen Bandbreite für Übertragungskanäle und der Geschwindigkeit der Bildabtastung und Bildwiedergabe besonders hohe Anforderungen stellt, musste lange auf eine elektronische Realisierung warten. Erst die von Manfred von Ardenne (1931) durchgeführten Experimente zu einer vollelektronischen Abtastung und Wiedergabe mit Hilfe der bereits seit 1897 bekannten Braunschen Kathodenstrahlröhre und die Entwicklung des Ikonoskop (Zworykin 1932) und der Bildsondenröhre (Dieckmann und Hell 1925, Farnsworth 1932) führte zu einem Erfolg.

Noch länger musste aber die maschinelle Rechentechnik auf den Einsatz der Elektronik warten. Hier gilt die 1946 erfolgte Inbetriebnahme des ersten elektronischen Rechners, also des Computers, wie dieser in den USA durch den ENIAC mit ca. 18.000 Elektronenröhren realisiert wurde, als Meilenstein.

Welche elektrischen Technologien wurden in der "vorelektronischen Zeit" in diesen Gebieten der Informationstechnik eingesetzt? Es war vor allem die Elektromechanik wie diese mit Hilfe von Elektromagneten und mechanischen Systemen eingesetzt wurde, die hier zur Anwendung kam (Telegraph von Morse 1837, Telephon von Bell 1876, automatische Fernsprechvermittlung von Strowger 1889, Elektromechanischer Bildtelegraph von Bakewell 1848, Elektrisches Mechanisch/Optisches Fernsehen nach Nipkow 1884, Relaisrechner Z3 von Zuse 1941 u.a.)

In diesem Beitrag soll genauer auf die Entwicklung des elektrischen Fernsehens in der "vorelektronischen Zeit" eingegangen werden. Wir wollen dabei die Erfindung der mechanisch/elektrischen Abtastung und Wiedergabe mittels der von Paul Nipkow erfundenen Scheibe in den Beginn der Entwicklung setzen.

Abgesehen von der kulturgeschichtlichen wichtigen Bedeutung der Darstellung dieser technischgeschichtlich wichtigen Fakten für die damit geschaffene wirtschaftliche und gesellschaftliche Situation kann man daraus auch Hinweise für mögliche moderne Entwicklungen bekommen.

Allgemeine Charakterisierung der Anforderungen

Als erstes gilt es "Fernsehen" zu definieren. Zur Abgrenzung gegenüber der Bildtelegraphie, der elektrischen Übertragung eines (stehenden) Bildes über einen Draht- oder Funkkanal, kann die von bekannten amerikanischen Radio-Journalisten und Vorreiter von Science Fiction Hugo Gernsback gegebene Erklärung

"Television means instantaneous sight at a distance" genommen werden. Dabei tritt gegenüber der "Bildtelegraphie" als Erschwernis dass man dabei von bewegten Bildern ausgehen muss, also von Bildern, die sich mit der Zeit verändern.

Im Prinzip sind folgende Punkte für ein Fernsehsystem zu erfüllen:

1. Die Realisierung eines Sensorsystems zur schnellen Aufnahme optischer Bilder und deren Wandlung in elektrische Signale ("Fernsehkamera")
2. Die Realisierung eines Übertragungssystems ("Fernsehübertragungskanal")
3. Die Realisierung eines Gerätes zur raschen Wandlung der vom Übertragungssystem kommenden elektrischen Signale in optische Bilder ("Fernsehapparat")

Entscheidend für die Qualität einer Fernseh-Bildübertragung ist vor allem die Empfindlichkeit und die Güte der Auflösung eines optischen Bildes mittels der "Videokamera", die Güte des Übertragungssystems (gegeben durch die Art der "Kanal-codierung", "Synchronisation" und dessen "Übertragungskapazität") und die Güte des "Fernsehapparates" (charakterisiert durch "Bildschärfe", "Bildhelligkeit" u.a.).

Realisierungstechnologien der vorelektronischen Zeit

Fernsehen nach Nipkow

Als "Fernsehkamera" für die Wandlung eines optischen Bildes wurde im Jahre 1884 durch ein Patent des jungen Berliner Studenten Paul Nipkow eine Lochscheibe ("Nipkowscheibe")

vorgeschlagen deren in einer Spirale angeordnete Löcher durch die Drehung der Scheibe ein optisches Bild in einzelne Zeilen zerlegen. Die einzelnen Bildzeilen werden mittels einer Selenzelle (später mit einer Photozelle) in elektrische Signale gewandelt.

Nach deren Übertragung über eine Drahtleitung oder (ab etwa 1920) durch einen Funkkanal wird im Empfänger über einen Verstärker eine Glühbirne der Amplitude des Signals entsprechend zum Leuchten gebracht. Eine mit der Nipkow-Scheibe der sendeseitigen Kamera synchron umlaufende (Empfangers) Nipkow-Scheibe nimmt punktweise das Lichtsignal auf (durch die Drehung entsteht dabei eine Zeile) und erzeugt damit für das menschliche Auge (eventuell nach Vergrößerung mittels eines optischen Systems) ein Bild. Die Zahl der Bildpunkte der Nipkow-Scheibe bestimmt dabei die Zeilenzahl pro Bild. Der Abstand der Bildpunkte voneinander gibt die Bildbreite an, die Tiefe der Punktspirale auf der Nipkow-Scheibe bestimmt die Bildhöhe. Da pro Drehung der Nipkow-Scheibe ein Bild gezeichnet wird, ist die Bilderzahl pro Sekunde mit der Umdrehungszahl der Scheibe pro Sekunde identisch.

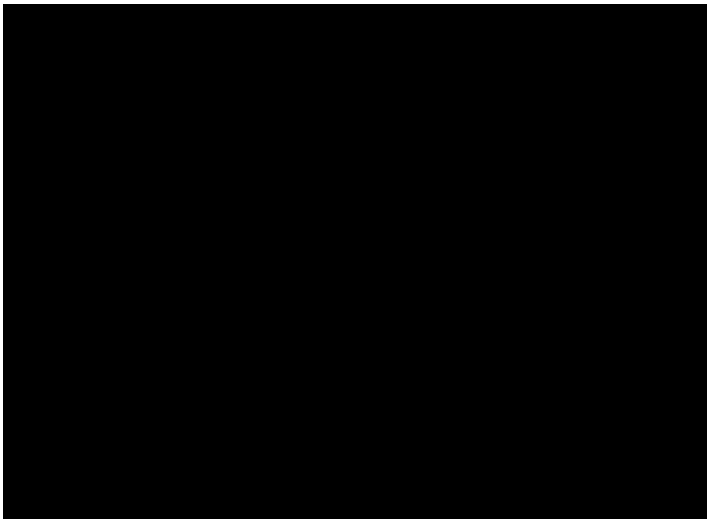
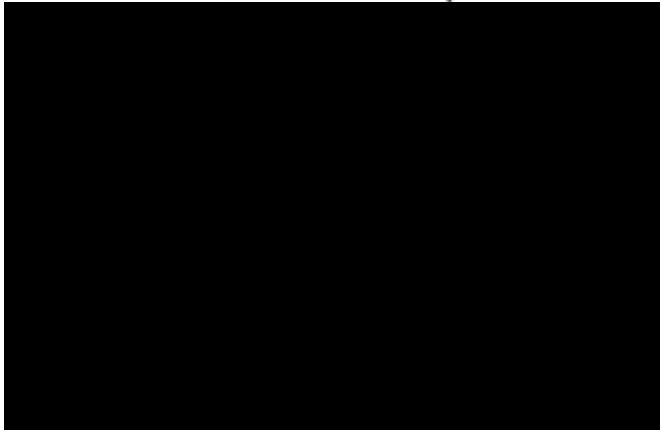


Bild 2: Funktion der Nipkow-Scheibe

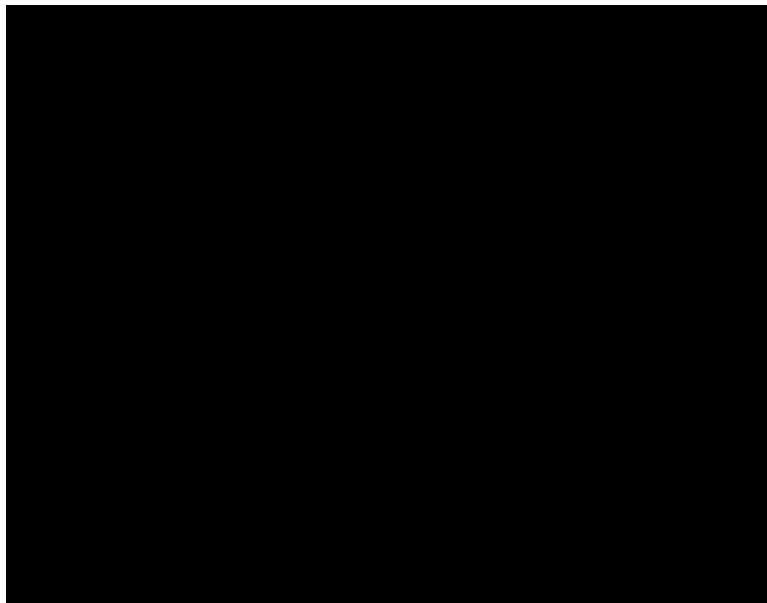
Weitere Prinzipien der Bildfeldzerlegung

Neben der Abtastung eines optischen Bildes durch eine Nipkow-Scheibe wurden auch Anordnungen mit bewegten Spiegeln zur Zerlegung eines Bildfeldes in einzelne Zeilen verwendet. Besonders bekannt geworden ist dabei das Spiegelrad von

Weiller (1889), die Spiegelschraube von F.v. Okolicsanyi (1927) sowie der Spiegelkranz von Mihaly (1933):

Das Spiegelrad von Weiller

Das Weiller'sche Spiegelrad besteht aus einem radförmigen Vielkantspiegel. Jede Spiegelkante realisiert bei der Drehung eine Zeile von Lichtpunkten. Die Spiegel der einzelnen Kanten sind gegeneinander um einen gewissen Winkel geneigt, so dass von einzelnen Spiegelkanten aufeinanderfolgende Zeilen geschrieben werden. Mit einer Umdrehung wird daher von einem Weiller'schen Spiegelrad mit k -Spiegelkanten ein gesamtes Bild mit k -Zeilen erzeugt.



Die Spiegelschraube von Okolicsanyi

Von F. v. Okolicsanyi wurde 1927 eine weitere Konstruktion zur Zerlegung eines Bildrahmens in Form einer Spiegelschraube angegeben. Dabei werden auf einer Achse aufeinander geschichtete Planspiegel um einen konstanten Winkel achsial zueinander verschoben. Bei Drehung realisiert jeder dieser Spiegel jeweils eine Lichtzeile. Gegenüber dem Weiller'schen Rad kann die Spiegelschraube mit größerer Präzision erzeugt werden und die genaue Justierung der einzelnen Spiegelflächen ist einfacher zu realisieren.



Bild 5: Spiegelschraube

Der Spiegelkranz von Mihaly

Eine Verbesserung der beiden vorher behandelten mechanischen Verfahren zur Bildzerlegung stellt der Spiegelkranz von Mihaly dar. Dies betrifft vor allem die Synchronisation. Sowohl das Weiller'sche Rad aber auch die Spiegelschraube haben ein großes Trägheitsmoment, so dass die Synchronisation erschwert ist. Beim Spiegelkranz von Mihaly besteht die zu drehende Masse aber nur aus einem einzigen Spiegel. Um diesen herum sind kreisförmig der gewünschten Zeilenzahl entsprechend viele Spiegel in einem stillstehenden Kranz angeordnet. Ein auf den Drehspiegel auftreffender Lichtstrahl wird vom jeweiligen gegenüberliegenden Spiegel des Kranzes reflektiert und geht über den Drehspiegel zur Bildfläche und beschreibt so bei Drehung eine Zeile. Die einzelnen Zeilen werden durch die verschiedene achsiale Schräglage der Spiegel des Kranzes erzeugt.

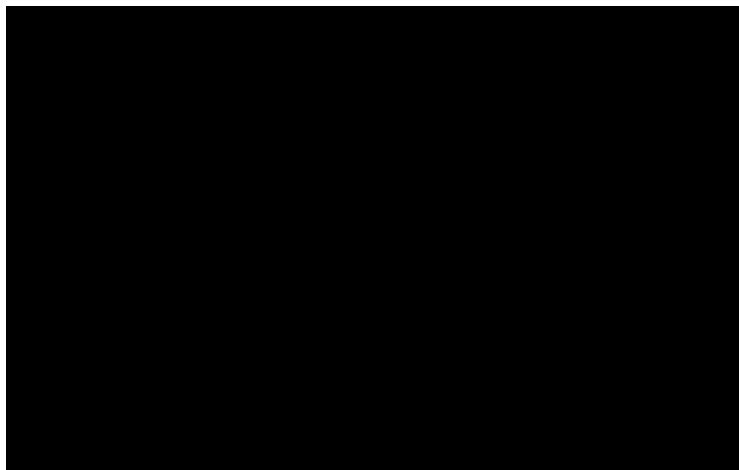


Bild 6: Prinzip des Spiegelkranzes

Praktische Ausführung von mechanischen Fernsehapparaten

Im folgenden sollen einige Beispiele für praktische Ausführungen von Fernseh-Empfangsapparaten die aus dem über den Übertragungskanal empfangenen Signal mit Hilfe einer der besprochenen mechanischen Mittel, der Nipkow-Scheibe, dem Weiller'schen Spiegelrad, der Spiegelschraube und dem Spiegelkranz dieses in ein (zweidimensionales) Bild wandeln, besprochen werden. Dabei soll es sich nicht nur um Labor-Prototypen handeln sondern wenn möglich um Geräte, die bereits für den praktischen Einsatz gedacht waren.

Nipkow-Scheiben-Fernsehapparate

Als wichtiger Pionier der "vorelektronischen" Fernsehtechnik muss der Schotte John Logie Baird genannt werden. Von 1924 an befasste er sich mit dem mechanischen Fernsehen auf der Basis von Nipkow Scheiben. 1926 wurde bereits der "Televisor" als erster Fernsehempfänger der Welt (ab 1930 in größerer Stückzahl) produziert. Ein 5 x 4 cm großes Bild mit 30 Zeilen konnte über eine Vergrößerungsoptik betrachtet werden. Als besondere Pionierarbeit muss hier die transatlantische Übertragung von bewegten Bildern am 9. Februar 1928 von London nach New York gelten.

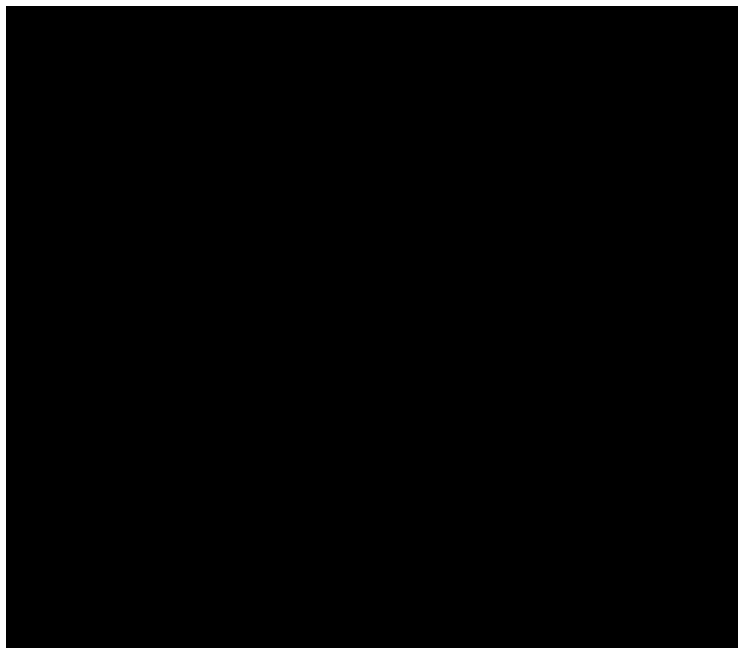


Bild 7: Baird 30-Zeilen Televisor aus dem Jahre 1930

Im Februar 1935 befasste sich in England eine Kommission mit der grundlegenden Frage, welchem der damals existierenden Verfahren, dem mechanischen Fernsehen oder dem gerade neu entwickelten elektronischen Fernsehen der Vorrang gegeben werden sollte. Die Entscheidung fiel knapp zu Gunsten des elektronischen Fernsehens aus.

In Deutschland wurde mechanisches Fernsehen auf den Basis der Nipkow-Scheiben vor allem vom ungarischen Erfinder Denes von Mihaly propagiert.

Auf der Funkausstellung vom Jahre 1928 präsentierte Mihaly einen Nipkow-Scheiben-Empfänger für 30 Zeilen und 10 Bildern pro Sekunde für Bild- und Tonempfang. Ziel sollte eine Art Volksfernsehapparat sein. Um 1930 wurden die Mihaly Patente von der Firma TeKaDe erworben. TeKaDe brachte in der Folge einen Baukasten zum Selbstbau des Fernsehappara-

tes "System TELEHOR" für Bastler auf den Markt. Der TeKaDe-Empfänger konnte wahlweise für den Empfang des Senders Berlin-Witzleben auf Welle 418 m (mit horizontalen Zeilen) und dem Sender der Baird Television Company in London auf Welle 356,3 m oder 261,3 m (mit vertikalen Zeilen) eingestellt werden. Neben dem Fernsehempfänger brauchte man extra dazu einen normalen Radioempfänger, wobei in der ersten Zeit der Versuchssendungen Bild und Ton einander abwechselnd gesendet wurden.

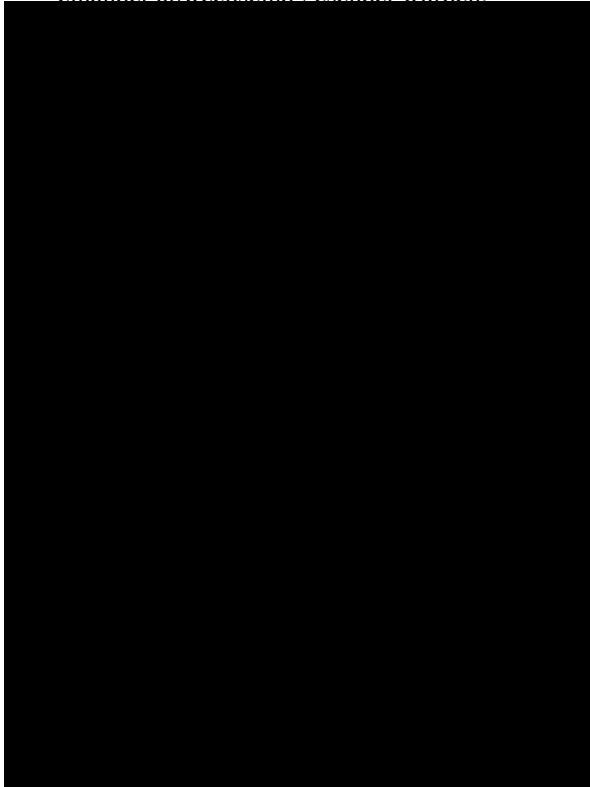


Bild 8: Fernsehempfänger der Telehor A.G. mit zusätzlichem Rundfunkgerät

Spiegelrad-Empfänger

Das Weiller'sche Spiegelrad wurde in Deutschland vor allem von der Firma Telefunken in den Empfängern nach dem "System Karolus" eingesetzt. Der Leipziger Physiker und Elektrotechniker August Karolus (1893-1972) gilt als Erfinder der "Karolus-Zelle", einem trägheitslosen Lichtmodulator auf der Basis des Kerr-Effektes (1875). Unter Verwendung des Spiegelrades wurde von Telefunken damit ein Fernseher gebaut, der das Bild auf eine Mattscheibe projiziert.

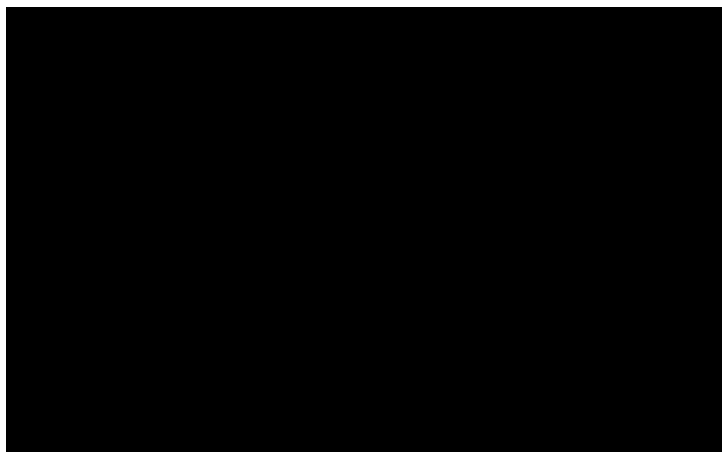


Bild 9: Prof. Karolus mit Weiller'schem Spiegelrad

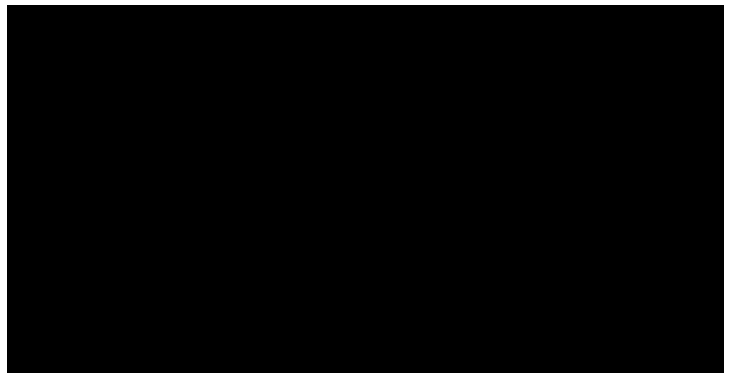


Bild 10: Prinzip Schema einer Fernsehanlage mit Spiegelrad und Kerrzelle

Spiegelschrauben-Empfänger

Alle in den 30iger Jahren mit der Entwicklung von Fernseh-Apparaten in Deutschland befassten Firmen (Loewe AG, Fernseh AG, Telefunken, TeKaDe) untersuchten auch die Spiegelschraube von Okolicsanyi auf ihre praktische Einsatzfähigkeit. Sie konnte mit größerer Präzision hergestellt werden und erlaubte wegen ihres geringeren Trägheitsmomentes eine bessere Synchronisierung.

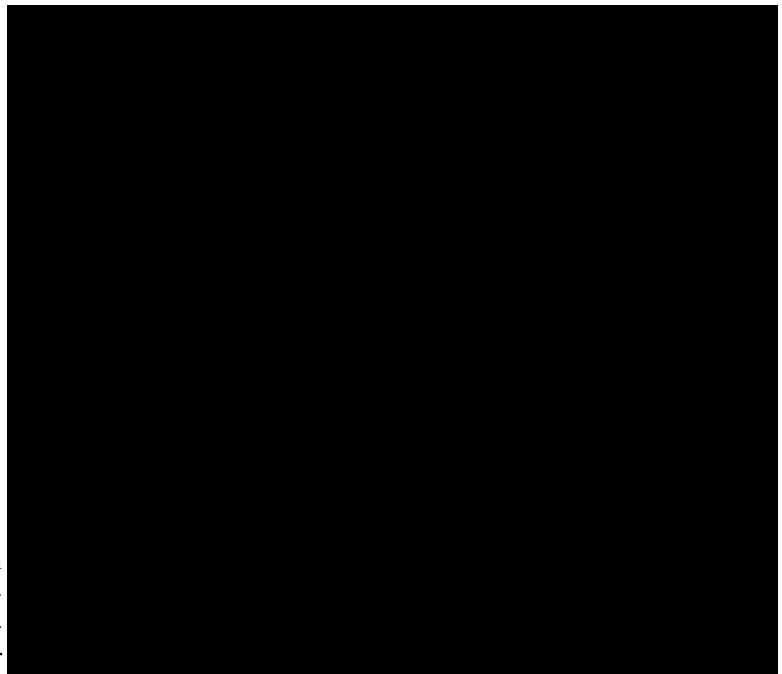


Bild 11: Telefunken-Projektions-Fernseher System Karolus mit Spiegelrad und Kerrzelle: 1: Lichtquelle, 2: Kühlküvette, 3: Nikolsche Prismen, 4: Kerrzelle, 5: Spiegel, 6: Objektiv, 7: Spiegelrad, 8: Weg des abtastenden Lichtstrahls, 9: Spiegel, 10: Mattscheibe

Spiegelkranz-Empfänger

Von TeKaDe wurde nach Erwerb der Mihaly-Patente dessen Prinzip der Bildzusammensetzung mit dem Spiegelkranz noch intensiv für eine praktische Anwendung untersucht. Ziel war die Entwicklung eines Volks-Fernsehers (in Analogie zu dem 1933 entwickelten Volksempfänger Dyn 301 für Radioempfang).

Die vorangegangene Darstellung versuchte einige praktisch Ausführungen von mechanischen Fernseh-Apparaten zu behandeln und durch Bilder zu belegen. Von allen Typen haben wohl nur die von John Logie Baird auf dem Prinzip der Nipkow-Scheibe geschaffenen Fernseher praktische Bedeutung erhalten. Besonders erfolgreich war in dieser Hinsicht seine



Bild 12: Heimempfänger mit Spiegelschraube (TeKaDe)

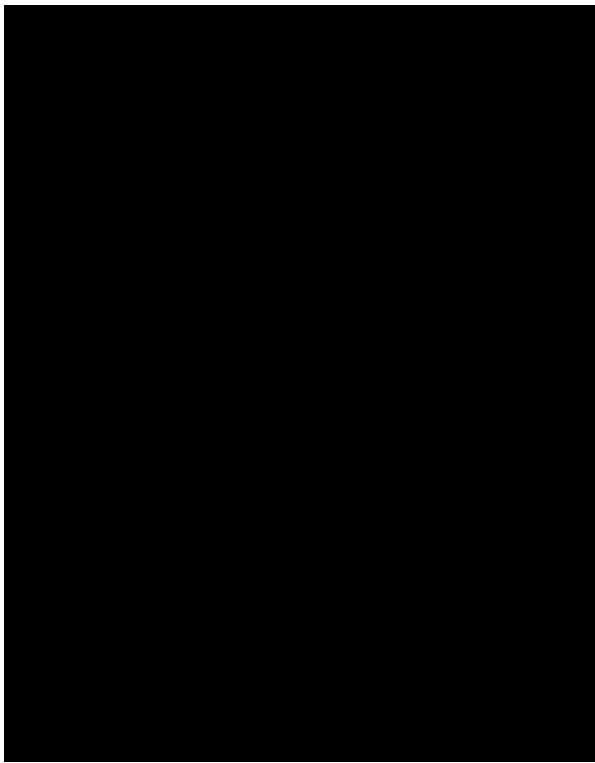


Bild 13: Spiegelkranz-Empfänger nach Mihaly der TeKaDe

Installation von Großprojektionen in Londoner Kaufhäusern. Mit der Entwicklung der Braunschen Röhre zur elektronischen Bildsynthese (ab etwa 1930 durch Manfred von Ardenne in Deutschland und durch V. Zworykin in den USA) ist aber den mechanischen Prinzipien zur Realisierung von Fernseh-Empfangsgeräten schließlich eine übermächtige Konkurrenz erwachsen, so dass ab dem Jahre 1935 die Zeit der mechani-

schen Fernseher vorbei war und das elektronische Fernsehen im Empfängerbau Einzug erhielt.

Bild-Aufnahmeverfahren

Wir haben versucht, beginnend mit der Erfindung von Paul Nipkow einzelne Konstruktionen zur Realisierung von Fernseh-Systemen die ohne den Einsatz von Elektronik Bildwandler in Form der "Bildkamera" als Geber und "Bildwerfer" als Empfänger realisieren, dazustellen. Dabei wurde die Betonung auf den Empfang gelegt. Zur Ergänzung soll noch zur Bild-Aufnahme ein kurzer Überblick gegeben werden.

Von der Bildtelegraphie stand auch für das Fernsehen die Selenzelle als lichtelektrischer Wandler zur Verfügung. Die Trägheit von Selen stand aber einem praktischen Einsatz im Wege. Erst die Photozelle und die durch die Elektronenröhre geschaffene Möglichkeit die davon erzeugten elektrischen Signale elektronisch zu verstärken (ab etwa 1912) schaffte den nötigen lichtelektrischen Sensor. Für die punktweise Abtastung eines Bildes bot sich als erstes Prinzip die Nipkow-Scheibe an. In verbesserter Form wurden Nipkow-Scheiben zur elektrischen Aufnahme von Filmen (jedes einzelne Bild eines Filmes wird bekanntlich eine kurze Zeit projiziert und kann in dieser Zeit abgetastet werden) bis zur Ablöse durch das Ikonoskop und durch die Bildsondenröhre, die eine elektronische Abtastung realisieren, eingesetzt. Eine hoch einzustufende Leistung der Ingenieurkunst stellte der bei Telefunken entwickelte Linsenkranzabtaster nach Emil Machau (AEG) für 180 Zeilen und 25 Bildwechsel dar. Ein großes Problem in der "vorelektronischen Zeit" der Bildzerlegung stellte aber die relativ geringe Lichtempfindlichkeit der mechanischen Verfahren dar. Obwohl diese für die Filmabtastung und für die Bildaufnahme in einer Kabine geeignet waren, konnten sie im Freien bei normalen Lichtverhältnissen nicht eingesetzt werden. Ein Ausweg, der hier besprochen wurde, stellte das Zwischenfilmverfahren der Reichsrundfunk-Gesellschaft (ab 1935) dar. Das Bild wurde bei diesen Verfahren zuerst mit einer normalen Filmkamera aufgenommen, der Film sofort entwickelt und anschließend noch im nassen Zustande mechanisch abgetastet und somit das Fernseh-Sendesignal mit einigen Minuten Verzögerung erzeugt.

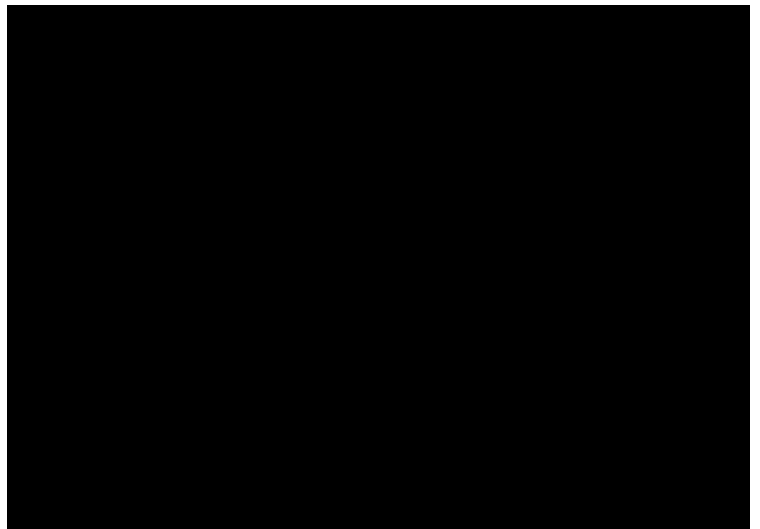


Bild 14: Zwischenfilmübertragungswagen der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft

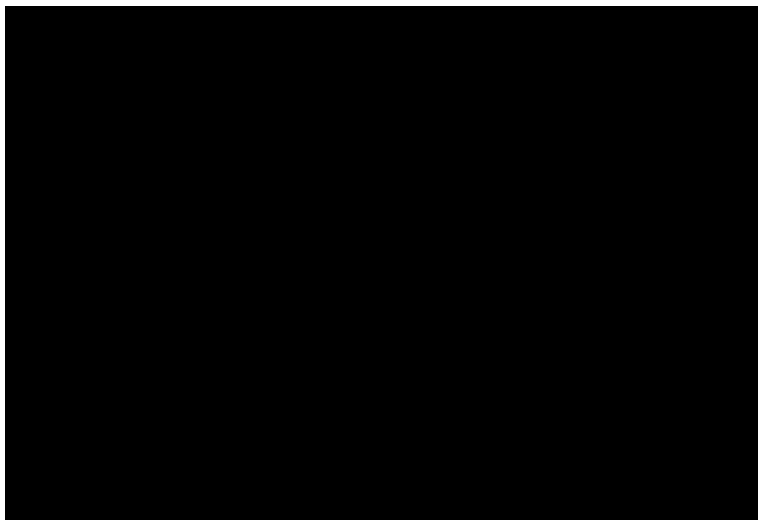


Bild 15: Schema des Zwischenfilmwagens

Schlussbemerkungen

Unsere Ausführungen zur Entwicklung des Fernsehens, wobei für die Bildzerlegung im Sendeteil und für die Bildzusammensetzung im Empfangsteil mechanische Mittel eingesetzt werden ("mechanisches Fernsehen"), beleuchteten in erster Linie solche aus Deutschland. Von den übrigen Ländern sind vor allem England und die Vereinigten Staaten von Amerika zu nennen, wo bedeutende Forscher und Firmen sich ebenfalls und in ähnlicher Weise an der Entwicklung erfolgreich beteiligten. In gewisser Hinsicht kann dabei England eine Vorreiterrolle zugerechnet werden, da dort ab 1936 ein regelmäßiger öffentlicher Fernsehbetrieb eingeführt wurde, der erst durch den Beginn des 2. Weltkrieges eine Unterbrechung erfuhr. In Deutschland beschränkte sich der Fernsehbetrieb in erster Linie auf den Fernsehempfang in den vom Staat eingerichteten "Fernsehtuben". Private Haushalte hatten in der Zeit des Nationalsozialismus praktisch keine Empfangsmöglichkeit.

In den USA wurde die Einführung des öffentlichen Fernsehens mit Eintritt in den 2. Weltkrieg im Jahre 1941 auch unterbrochen und erst im Jahre 1946, von da an aber mit großer Intensität, wieder aufgenommen.

Heute stehen wir an einer Wende des inzwischen fest etablierten "elektronischen Fernsehens". Die Übertragung der Fernsehsignale vom Sender zum Empfänger soll in Zukunft nicht mehr mittels analoger Darstellung geschehen sondern als digitaler Code. Dies ermöglicht den Einsatz von Computer, sowohl im Sender als auch im Empfänger. Damit verbunden ist nicht nur eine Revolutionierung in der Gerätetechnik sondern auch in der "Funktionalität" der Geräte, d.h. in der Möglichkeit der Bereitstellung zusätzlicher Dienste (z.B. "pay TV", "TV on demand" u.a.).

Neben diesen durchaus positiv zu sehenden kommenden Entwicklungen darf aber nicht vergessen werden, dass das "Fernsehen" als Mittel zur Beeinflussung der Gesellschaft stets ein Gegenstand der Begierde, vor allem der Politik und der Wirtschaft, war. Bereits Norbert Wiener (der "Vater der Kybernetik") hat 1948 auf die sich damit für alle Kommunikationsmittel ergebende Problematik hingewiesen und einen sehr pessimistischen Standpunkt eingenommen. Es wäre deshalb zu wünschen, dass vor allem kulturelle Botschaften bei einem (wie in Österreich durch die "Sehergemeinde") vom Staat eingerichteten Fernsehbetrieb vermittelt werden. Das Negativbei-

spiel einer durch die Politik bestimmten Fernsehbetriebs stellt die Zeit des Nationalsozialismus dar; als Negativbeispiel für ein durch die Wirtschaft geprägtes Fernsehen können private Fernsehdienste, die ihre Einnahmen ausschließlich aus der Werbung beziehen, gesehen werden. Gewisse Fernsehprogramme in den USA, wie auch solche von privaten Firmen in Europa, stellen hier ein negatives Beispiel dar. Vielleicht sollte man Fernsehdienste, die mit solchen Negativa behaftet sind in Zukunft nur die Anwendung der in diesem Aufsatz beschriebenen mechanischen Technologie erlauben und die elektronischen Technologien besonders auch die digitale Technologie verweigern. Obwohl in Österreich der ORF sich bemüht besser zu sein, sind derzeit bestehende Bestrebungen zur Einflussnahme durch Politik und Wirtschaft eher negativ zu sehen. Gemäß dem Prinzip "Wer zahlt, schafft an" könnte in Österreich vom ORF ein kulturell wertvolles Programm ohne Werbung und ohne Container mit den von der "Sehergemeinde" zur Verfügung gestellten Geldmitteln realisiert werden. Wo bleiben die Sendungen, die direkt für den naturwissenschaftlichen oder technischen Unterricht verwendet werden können?

Literatur

- F. Schröter (Hg.): *Handbuch der Bildtelegraphie und des Fernsehens*. Verlag von Julius Springer, Berlin, 1932
- R. Thun: *Fernsehen und Bildfunk*. Franck'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart, 1934
- H. Günther: *Das Große Fernsehbuch*. Frank'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart, 1938
- E. Schwandt: *Fernseh-Rundfunk Senden und Empfang*. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig, 1935
- K. Lipfert: *Das Fernsehen*. J.F. Lehmanns Verlag München-Berlin, 1938
- W. Bruch: *Kleine Geschichte des deutschen Fernsehens*. Haude & Spener'sche Verlagsbuchhandlung Berlin, 1967
- W. Bruch: *Die Fernseh-Story*. Franck'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1969
- R. Göörk: *Die großen Erfindungen Radio, Fernsehen, Computer*. Sigloch Edition, D-7118 Künzelsau, 1989

Planetenweg

Alois Hornischer

Während der ScienceWeek 2001, die vom 11. 5. - 20. 5. 2001 stattfand, gestalteten die Schüler der 7. A-Klasse eine Ausstellung mit Plakaten entlang des Stadtwanderweges Nr. 7, der direkt an unserer Schule vorbeiführt.

Die Sonne und jeder Planet wurde auf einem Plakat mit Bild und Text kurz beschrieben, die Darstellung erfolgt im Maßstab 1:7 Milliarden. Wir begannen mit dem äußersten Planeten unseres Sonnensystems, dem Pluto, beim Verteilerkreis Favoriten und näherten uns entlang des Stadtwanderweges Nr. 7 dem Zentrum unseres Sonnensystems, der Sonne. Ihr Platz war bei dieser Ausstellung bei unserer Schule.

Wir wollten mit dieser Ausstellung unsere Stellung im Weltall aufzeigen und helfen, unser Sonnensystem mit seinen Größenordnungen besser zu verstehen.



Das Schülerteam, das zuletzt am Planetenweg mitarbeitete (von links nach rechts): Thomas Warisch, Christoph Rohlik, Isabella Hoffmann, Elena Mannsbart, Andreas Maresch, Christoph Marat, Stefan Landauf, Markus Martin.



Die Tafel der Erde

Mag. Alois Hornischer, BRG Pichelmayergasse, 1100 Wien



Dieser Plan zeigt den Wegverlauf.

Alle Plakate waren gleich aufgebaut:

In der Mitte oben die Überschrift, links davon war der Plan platziert, rechts davon Schule und Klasse. In der Mitte war ein großes Bild des jeweiligen Himmelskörpers, rechts davon die Beschreibung. Unten waren die Sonne und die neun Planeten in der Größe maßstäblich abgebildet, die Abstände allerdings noch einmal 1:2000 verkleinert. Die Abstände im Maßstab der Bilder entsprachen den Abständen zwischen den Tafeln.

Ergänzend zur Ausstellung fanden folgende Veranstaltungen statt:

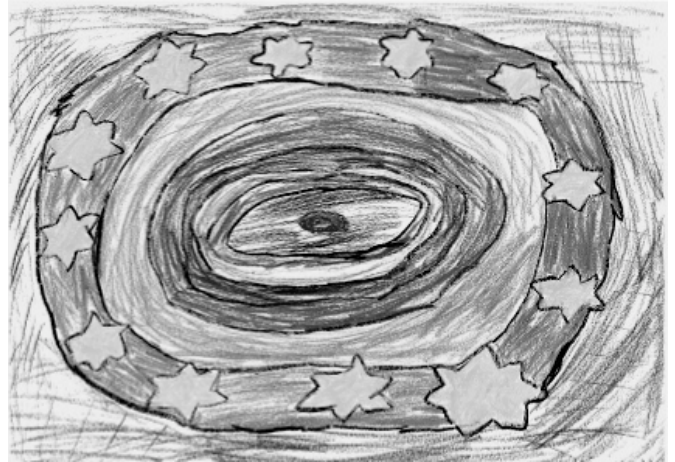
- Zwei Vorträge, gehalten von Mitarbeitern des astronomischen Instituts der Universität Wien zu den Themen "Leben im Kosmos" und "Asteroiden - Gefahr aus dem All". Eltern, Schüler, Lehrer sowie Hobbyastronomen nahmen beide Vorträge mit großem Interesse auf und stellten viele interessante Fragen.
- Von den Schülern der 7.A-Klasse geführte Planetenwanderungen entlang der Ausstellung für Volksschulklassen und Klassen unserer Schule, sowie eine Führung für interessierte Eltern und Vortragsgäste. Für die Volksschulklassen gab es anschließend ein Quiz mit tollen Preisen für die jeweils zehn besten Schüler. Die Planetenwanderungen kamen bei den Besuchern unserer Ausstellung sehr gut an, mindestens 300 Personen nahmen an den verschiedenen Führungen teil.

Mitarbeiter der Urania-Sternwarte besuchten unsere Ausstellung und waren voll des Lobes.

Angeregt durch unsere Ausstellung arbeiteten viele Klassen unserer Schule im Gegenstand Bildnerische Erziehung zum Thema Milchstraße, Planeten, Sonnensysteme:

Detaillierte Berichte und Beschreibungen, sowie viele weitere Bilder und Schülerarbeiten zum Thema Sonnensystem und Milchstraße sind auf unserer Schulhomepage zu finden:

<http://www.brg-pichelmayergasse.at>



Schulklassenführungen: Übungsvolksschule Ettenreichgasse mit Frau Prof. Heger und Landesschulinspektor HR Dr. Dirnbacher

Die sonnennahen Planeten Venus und besonders Merkur sind in der Großstadt wegen ihrer horizontnahen Stellung in den Häuserschluchten oft schwierig ins Blickfeld zu bekommen und auch im Teleskop für den iL nicht sehr lohnend. Merkur wabert durch die Konvektion der warmen Luft in Bodennähe und den langen Lichtweg in der Atmosphäre und Venus zeigt meistens lediglich die vom Mond bereits bekannten Phasen.

Mars ist meist klein und zeigt keine Oberflächendetails.

Uranus ist zwar bezüglich der Helligkeit kein Problem, aber nicht gerade leicht zu finden, wenn nicht gerade ein heller Stern oder gar ein Planet in seiner Nähe ist. Er zeigt keine Details, wirkt wegen der schlechten Randausleuchtung unscharf und demonstriert lediglich, warum er zuerst für einen Kometen gehalten wurde.

Galaxien sind in der Großstadt durch den Flugverkehr, den Smog und die Lichtkugel schwierig zu erkennen.

Technische Details

Das von uns verwendete Teleskop ist ein Spiegelfernrohr Newtonscher Bauart mit fast einem Meter Länge und gut einem Dezimeter Spiegeldurchmesser. Beigepackt sind Okulare mit 6, 20 und 25 mm Brennweite. Laut Herstellerangaben beträgt die Auflösung 1,2 Winkelsekunden und die Grenzgröße 12 m. Die Montierung ist parallaktisch und das Gewicht mit Stativ beträgt angenehme 12,5 kg. Das ganze Gerät ist ohne Zusammenklappen oder Zerlegen bequem von einer Person transportierbar, lediglich bei selbstschließenden Türen ist eine Hilfe anzuraten.

Literatur

Als einfache, aber dennoch umfassende Hilfe für den iL (aber nicht nur für ihn) kann das bekannte *"Kosmos Himmelsjahr"* [ISBN 3-440-08120-6 für 2001] dienen, das jährlich zur Jahreswechsel erscheint, ab Frühjahr aber mitunter schwer erhältlich ist. Es bietet neben Monatssternkarten und Tipps umfangreiche Tabellen für die Sichtbarkeit von Mond, Planeten und deren Monden sowie mit Konstellationen und Ereignissen. Auch Aufsuchkärtchen für schwieriger aufzufindende Objekte wie Uranus, Neptun und Planetoiden sind eingeschlossen. Man kommt ohne viel Fachwissen aus und muss lediglich die Sommerzeit beachten so wie die Tatsache, dass Wien nicht am Main liegt (Zeitverschiebung bis über eine halbe Stunde, unterschiedlich je nach Ereignis), aber auch dafür gibt es brauchbare und verständliche Hilfestellungen.

Für Objekte außerhalb des Sonnensystems (Doppelsterne, Nebel, Galaxien) braucht man einen Himmelsatlas, hier wird wohl der persönliche Geschmack entscheiden. Gute Karten der einzelnen Sternbilder mit Beschreibungen der Objekte finden sich im *"dtv-Atlas zur Astronomie"* [ISBN 3-423-03006-2], allerdings ist der Zusammenhang der Sternbilder untereinander mitunter schwierig zu erkennen.

Viele Praxistipps zur visuellen Beobachtung, aber auch zur Fotografie und Fakten über die Planetenoberflächen findet man in Günter D. Roth's *"Planeten beobachten"* vom Verlag "Sterne und Weltraum", München [ISBN 3-87973-922-6]. Hier ist auch der Mond beschrieben.

Stellungnahme zum Positionspapier Neue Oberstufe

Die Konferenz der ARGE-Leiter Physik an AHS hat sich bei der diesjährigen Frühjahrstagung unter Anderem mit der geplanten Oberstufenreform beschäftigt. Im Zuge dieser Reform darf die Stundenzahl für Physik im Fundamentum nicht unter die zur Zeit geltende Stundenzahl von 7 im Gymnasium fallen.

Eine Kürzung darf nicht erfolgen, weil:

- Physik ein wesentlicher Bestandteil für verschiedene Ausbildungswege und Berufsqualifikationen ist, z.B. Universitäten, Fachhochschulen, technische Berufe, medizinische Berufe, Informationstechnologie;
- Physik systemorientiertes und vernetztes Denken fördert;
- man lernt, mit Hilfe der Physik Problemlösungsstrategien, wie z.B. analytisches Denken zu entwickeln;
- Physik in der AHS der einzige Gegenstand ist, der sich intensiv mit neuen Technologien auseinander setzt;
- Physik einen wesentlichen Beitrag zum Verständnis unseres Weltbildes liefert und Bestandteil der menschlichen Kultur ist;
- Physik einen Anreiz bietet, sich mit Grundlagenforschung als Basis einer funktionierenden Volkswirtschaft zu beschäftigen;
- Physik zur Lösung vieler Probleme der Menschheit (Umwelt, Verkehr, Energie und Rohstoffe, ...) einen Beitrag leistet und somit hilft, den Wohlstand der Gesellschaft zu bewahren;
- das Verständnis und die kritische Auseinandersetzung mit der technisierten Gesellschaft einen wesentlichen Beitrag zur Allgemeinbildung darstellt.

Die oben genannten Gründen zeigen die Wichtigkeit und Tragweite der Physik für die Ausbildung unserer Jugend und ihre Bedeutung für die Allgemeinbildung.

Daher fordern wir, dass im Zuge der Reform keinesfalls weitere Reduktionen von Unterrichtsstunden im Fach Physik erfolgen dürfen.

Konferenz der Arbeitsgemeinschaftsleiter Physik an AHS
Vorsitzender: Mag. Hans Haimo Tentschert
BG Rein, 8103 Rein, Tel: 03124-51622 Fax: DW 23
tent@asn-graz.ac.at

Kreisprozesse mit Kupfer

Heinz Schmidkunz

Natur und Chemie

Die Natur war schon immer ein Vorbild für die Chemie. Als man die chemische Struktur der farbgebenden Komponente der Indigopflanze erkannt hatte, suchte man nach Wegen, die Substanz synthetisch zu erzeugen. Natürlich suchte man auch die Zwischenprodukte der Synthese in den Pflanzen, um die den Syntheseweg nachvollziehen zu können. Manchmal ist es schwierig, den in der Natur vorgezeigten Weg im Reagenzglas zu gehen, so daß eigene Aufbauschritte gefunden werden mußten. Die Chemie hat dazu die Möglichkeiten.

Die Bedeutung der natürlichen Vorgänge hat in der letzten Zeit durch den Einsatz biotechnologischer Verfahren zur Synthese organischer Verbindungen enorm zugenommen, außerdem ist eine Akzentverschiebung zu Gunsten des Umweltschutzes eingetreten. In der Natur gibt es keine Abfälle. Stoffe, die bei einem Prozeß als Neben- oder Abfallprodukt anfallen, werden wieder verwertet. Das ist nur möglich, weil die Natur in Kreisprozessen arbeitet. Aus dieser Sicht kann man die Natur als ein vernetztes System von Kreisläufen auffassen.

Kreisprozessen und deren Bedeutung für die Chemiedidaktik

Ein Kreisprozeß ist ein System von meist mehreren stofflichen und (oder) energetischen Zuständen, die miteinander verbunden sind. Ein Stoff, der durchaus chemischen Veränderungen unterworfen sein kann, durchläuft diese Zustände, um zum Ausgangszustand zurückzukehren. Es ist deshalb gleich, an welcher Stelle man in den Kreisprozeß einsteigt, nach einer bestimmten Reihe von Zuständen, gelangt man wieder zum Ausgangszustand. In einem Kreislauf können Stoffe und (oder) Energien aufgenommen oder abgegeben werden. In der Natur stammen diese Stoffe von anderen Kreisläufen, wie auch die abgegebenen Stoffe von anderen Kreisprozessen aufgenommen werden. Kreisprozesse sind deshalb ökonomisch und ökologisch und können Vorbild für menschliches Handeln sein [1].

Es gibt allerdings auch einen interessanten didaktischen Aspekt, Kreisprozesse im Unterricht zu behandeln. Im Anfangsunterricht geht es darum, den Schülerinnen und Schülern das "Wesen" der Chemie zu vermitteln, bei ihnen ein Chemieverständnis zu erzeugen. Mit experimentell durchgeführten Kreisprozessen lassen sich diese Erkenntnisse nachhaltig vermitteln. Der Unterschied zwischen einem Element (Grundstoff) und seinen Verbindungen und den verschiedenen Erscheinungsformen der Verbindungen lassen sich mit Experimenten leicht erfahren. Kreisläufe mit Kupfer und Kupferverbindungen haben sich hier besonders bewährt. Es geht darum zu zeigen, dass das metallische Kupfer in unterschiedliche Kupferverbindungen überführt werden kann, in denen das Kupfer in der gewohnten Form nicht mehr sichtbar ist. Dass bei diesen Vorgängen das Kupfer dabei nicht verloren geht,

kann eindrucksvoll gezeigt werden, wenn das Kupfer aus einer Verbindung wieder in die metallische (elementare) Form überführt wird. Dieser Vorgang ist schließlich auch die Grundlage der Kupfergewinnung aus Kupfererz.

Auch Aspekte des Umweltschutzes können beim Übergang von einer zu einer anderen Verbindung angesprochen werden, wenn z.B. die Frage gestellt wird, ob die Überführung vollständig (quantitativ) verläuft. So wird sich manchmal der Nachweis führen lassen, dass etwas Kupfer bzw. eine kleine Menge der Kupferverbindung zurückbleibt. Für Kupfer (hier sind Kupfer-Ionen gemeint) gibt es ein empfindliches Nachweisverfahren mit Ammoniakwasser bei der Überführung der Kupfer-Ionen in den intensiv blauen Tetrammin-Komplex.

Kreisprozesse

Zunächst sei ein sehr einfacher Kreisprozess angesprochen. Durch Erhitzen an der Luft wird metallisches Kupfer (empfehlenswert ist hier Kupferpulver) in Kupferoxid überführt, aus dem durch Reduktion mittels Kohlenstoff das metallische Kupfer wieder gewonnen werden kann. In Abb. 1 ist diese Reaktionsfolge als Kreisprozess dargestellt. Die diesen Reaktionen zu Grunde liegenden Vorgänge lassen sich (je nach Kenntnisstand der Schülerinnen und Schüler) rein summarisch oder mit Redox - Gleichungen aufzeigen.

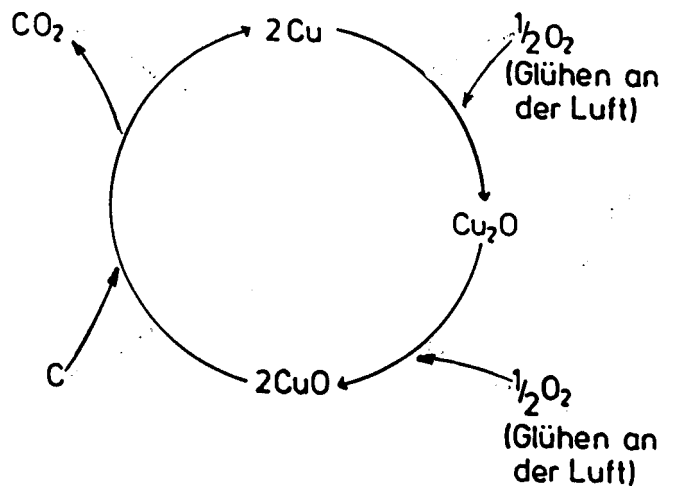
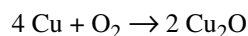
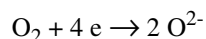
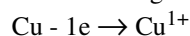


Abb. 1: Ein einfacher Kreisprozess mit Kupfer

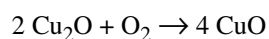
Die Oxidation des Kupfers an der Luft läuft in zwei Stufen ab. Zunächst entsteht ein dunkelrotes Kupfer(I)-oxid:



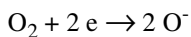
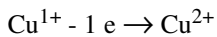
bzw. die Redoxgleichung



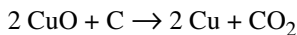
Das dann zum schwarzen Kupfer(II)-oxid weiter oxidiert wird:



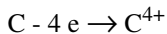
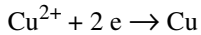
bzw. die zu Grunde liegende Redoxgleichung



Bei den beiden Redoxgleichungen muß noch ein Abgleich der abgegebenen und aufgenommenen Elektronen erfolgen. Aus dem Kupfer(II)-oxid läßt sich das Kupfer durch Reduktion mit Kohlenstoff zurück gewinnen.

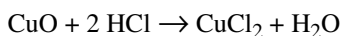


bzw. die Redoxgleichung:



Der Kreisprozess kann beliebig oft wiederholt werden. Allerdings bereitet der beim letzten Prozess nicht umgesetzte und mit metallischem Kupfer vermischte Kohlenstoff gewisse Schwierigkeiten. Wird das Gemisch in einem Tiegel mit dem Laborbrenner erhitzt, so reagiert der Kohlenstoff mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlenstoffdioxid und verschwindet. Außerdem entsteht aus dem Kupfer wieder das schwarze Kupferoxid. Dieser Weg ist also nur dann gangbar, wenn der Kreislauf wiederholt werden sollte. Die einfachste und schnellste Möglichkeit der Stofftrennung ist hier das Herausklauen des Metalls mit einer Pinzette.

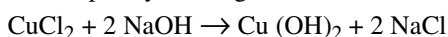
Die unterschiedlichen Erscheinungsformen des Kupfers in seinen Verbindungen wird durch einen Kreisprozess mit einer größeren Anzahl von Stationen noch deutlicher. Wie bereits weiter oben gezeigt, sollte man wieder mit der Oxidation des Kupfers durch einfaches Erhitzen des Metalls (Kupferpulver oder Kupferspäne) an der Luft beginnen. Das entstandene schwarze Kupfer(II)-oxid kann jetzt ohne Schwierigkeiten mit Salzsäure (2 molar) in eine wässrige Lösung von Kupfer(II)-chlorid überführt werden. Nach dem Filtrieren liegt eine klare grüne Lösung vor, die als farbgebende Komponente ein komplexes Kupferchlorid-Ion enthält:



bzw.



Aus dieser Lösung kann das Kupfer mit Natronlauge als hellblaues Kupferhydroxid gefällt werden.



bzw.

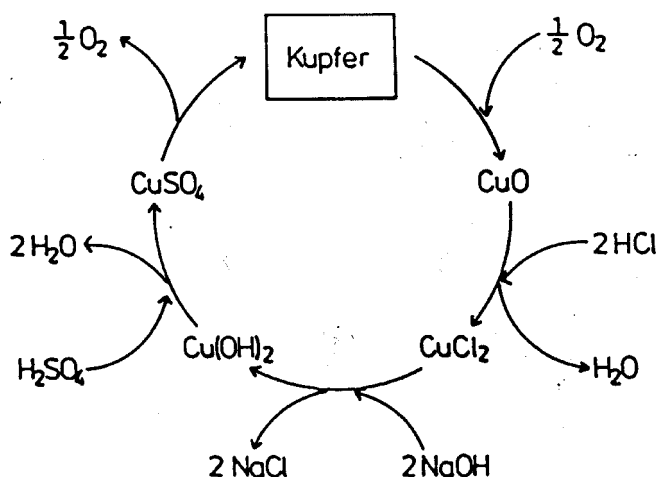
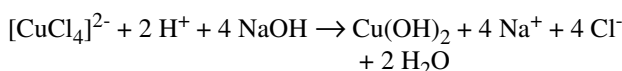
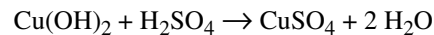
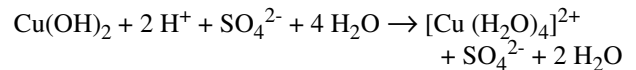


Abb. 2: Ein Kreisprozess mit vielen Stationen

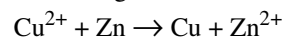
Dieser Niederschlag wird kurz mit Wasser gewaschen, abfiltriert und anschließend in ein Becherglas überführt. Das Kupfer liegt jetzt in einer wasserunlöslichen Verbindung vor. Mit verdünnter Schwefelsäure behandelt, löst sich der Niederschlag schnell auf, und es bildet sich eine blaue Lösung von Kupfersulfat. Das Kupfer liegt als farbgebender Tetraaquo-Komplex vor. Für die Auflösung des Niederschlags sollte man nur einen geringen Überschuß an Säure verwenden.



bzw.



Aus der Kupfersulfatlösung kann das elementare Kupfer durch eine Reihe von Möglichkeiten gewonnen werden. Elegant ist zweifellos die elektrolytische Abscheidung des Metalls (Gleichstrom, einige Volt Spannung). Als Kathode kommt im Idealfall eine Platinelektrode in Frage, weil von dort das Metall leicht wieder ablösbar ist. Natürlich kann auch eine Kupferelektrode verwendet werden. Dann allerdings kann nur eine Gewichtszunahme die Kupferabscheidung bestätigen. An der Anode entsteht Sauerstoff. Im einfachsten Fall bewirken Zinkpulver oder Eisenpulver eine schnelle (und auch quantitative) Abscheidung des Metalls.



Vom nicht verbrauchten Zink (bzw. Eisen) wird filtriert und das Metall wird mit Wasser gewaschen. Da bei der Abscheidung des Kupfers auf den Zinkpartikeln das "Inlösengehen" des Zinkmetalls erschwert wird, kann es sein, daß die neu entstandenen Kupferpartikel im Zentrum noch etwas von dem nicht umgesetzten Metall enthalten. Es empfiehlt sich, das abgeschiedene Kupfer eine Zeit lang in verdünnte Salzsäure zu legen. Der Kreisprozess kann dann erneut gestartet werden. Die einzelnen Stationen der Prozessfolge sind in anschaulicher Darstellung der Abb. 2 zu entnehmen.

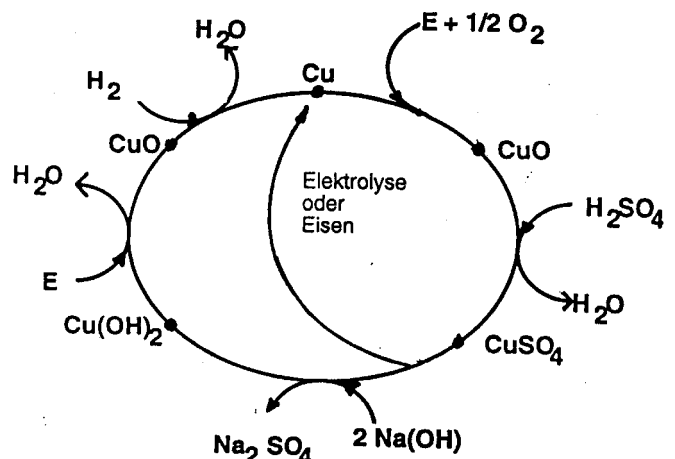


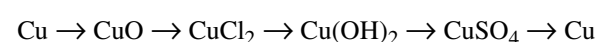
Abb. 3: Variante eines Kreisprozesses mit Kupfer

Die einzelnen Stationen des Kreisprozesses lassen sich auf unterschiedlichen Niveaustufen aufzeigen und beschreiben.

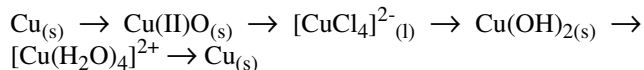
Wortgleichungen:

Kupfermetall → schwarzes Kupferoxid → grünes Kupferchlorid → hellblaues Kupferhydroxid → tiefblaues Kupfersulfat → Kupfermetall.

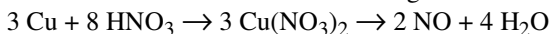
Chemisch summarisch:



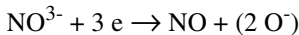
Chemisch exakt:



Eine weitere Variante eines Kreisprozesses kann durch die Oxidation des Kupfers mit halbkonzentrierter Salpetersäure eingeleitet werden. Wegen der Entstehung von Stickoxiden muß diese Reaktion im Abzug vorgenommen werden. Summarisch läßt sich diese Reaktion wie folgt formulieren:



bzw.



Das auf diese Weise erhaltene Kupfernitrat kann dann wie in den oben beschriebenen Kreisläufen weiter verarbeitet werden. In Abb. 4 ist ein solcher Kreisprozess dargestellt.

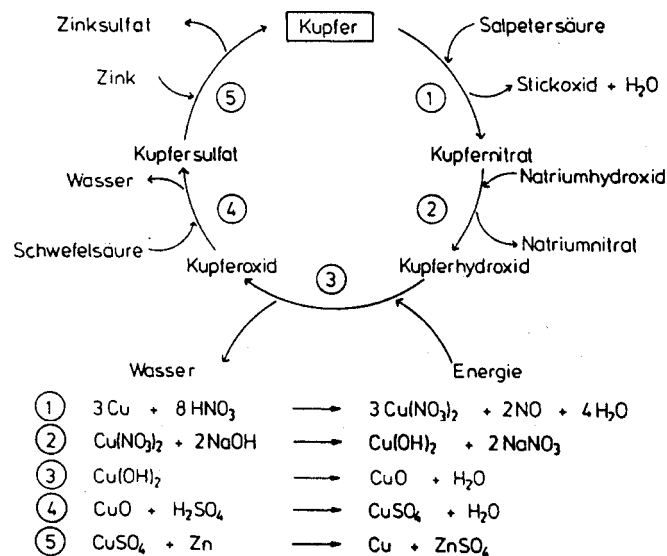
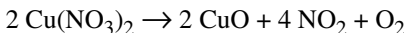


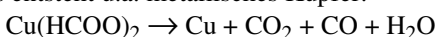
Abb. 4: Ein Kupferkreislauf nach dem amerikanischen IAC-Curriculum

Baumgärtner und Pfeifer [2] haben einen ähnlichen Kreislauf mit Kupfer im Reagenzglasmaßstab beschrieben. Interessant dabei ist, daß durch Reaktion des Kupferoxids mit Ameisensäure Kupferformiat hergestellt wird, das dann einfach thermisch zersetzt werden kann. Die einzelnen Reaktionsschritte seien kurz wie folgt beschrieben:

4. Die Oxidation des Kupfers mit Salpetersäure entspricht der oben dargestellten Reaktion.
5. Nach dem Eindampfen der blauen Kupfernitrat - Lösung kann das ausgefallene Salz durch Erhitzen in Kupfer(II)-oxid überführt werden:



6. Das schwarze Kupferoxid wird mit 50%iger Ameisensäure zu einer Kupferformiat-Lösung umgesetzt
7. Beim Eindampfen der Lösung erhält man das Salz
8. Beim Erhitzen des Kupferformiates tritt Zersetzung ein und es entsteht u.a. metallisches Kupfer:



Bei den Reaktionen ist Vorsicht geboten, denn neben Stickoxiden entsteht auch Kohlenstoffmonooxid. Die Autoren weisen aber darauf hin, dass bei kleinen Mengen im Reagenzglas die Gase mit Aktivkohle adsorbiert werden können (z.B. mit einem speziellen Aufsatz der Firma Hedinger in Stuttgart), so dass diese Reaktionsfolge auch von Schülern vorgenommen werden kann.

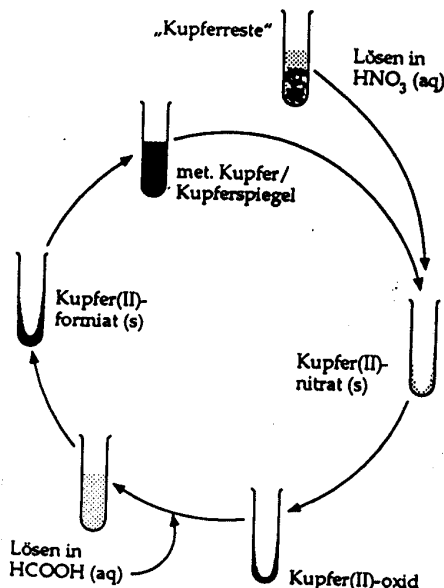


Abb. 5: Ein Kreislauf im Reagenzglas

Zum Schluß sei eine Reaktionsfolge von Kreisprozessen dargestellt, die zur Gewinnung von Kupfer aus Kupfererzen nach dem LIX (Liquid-Ion-Exchange)-Verfahren dient. Als Ausgangsmaterial werden Kupfererze eingesetzt, die möglichst kein Kupfersulfid enthalten sollten. Es ist also zweckmässig, die Erze vor dem Einsatz zu rösten, um evtl. Sulfide in Oxide zu überführen.

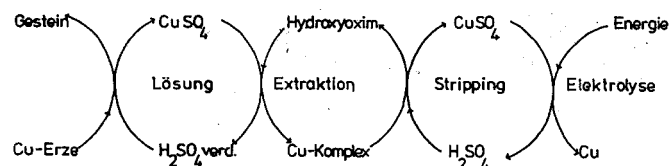


Abb. 6: Gewinnung von Kupfer aus Kupfererzen mit dem LIX (Liquid Ion Exchange)-Verfahren

Im ersten Vorgang wird das Erz mit Schwefelsäure behandelt. Aus dem Kupfer(oxid) entsteht Kupfersulfat, das als wässrige Lösung anfällt. Im zweiten Schritt wird die Lösung mit Hydroxyoxim behandelt (extrahiert). Das Kupfer löst sich dabei komplex in dem Extraktionsmittel. Dieser Schritt dient vor allem zur Reinigung der Substanz. Im dritten Schritt wird der Kupferkomplex durch Schwefelsäure zerstört, wobei sich erneut Kupfersulfat bildet, das bereits eine besonders große Reinheit aufweist. Im vierten Schritt wird das metallische Kupfer durch Elektrolyse gewonnen. Die in dem Verfahren benutzte Schwefelsäure wird kreisprozessartig geführt und kann immer wieder eingesetzt werden, bis Verunreinigungen eine Regeneration fordern, ebenso kann das organische Extraktionsmittel immer wieder im Kreisprozess gefahren werden.

Es lassen sich eine Reihe weiterer Kreisprozesse mit Kupfer formulieren, die sich als Kombination bekannter Stationen mit neuen Verbindungen verknüpfen lassen. Die oben aufgeführten Kreisläufe bieten dazu genügend Anregungen.

Literatur

- [1] Themenheft "Kreisläufe", *Unterricht Chemie*, Heft 32, März 1996, Friedrich Verlag Seelze
- [2] Baumgärtner, K., Pfeifer, P., Kupferkreislauf im Reagenzglas, *Unterricht Chemie*, Heft 32, März 1996, Friedrich Verlag Seelze

Freihandexperimente

Werner Rentzsch

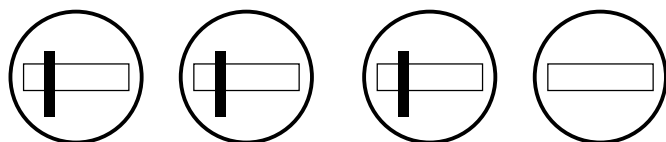
Die folgenden Experimente stammen aus einer privaten Experimentesammlung von Univ.Prof. Dr. Heinz Schmidkunz (Universität Dortmund). Die Versuche wurden von mir leicht abgeändert bzw. gekürzt, teilweise im Text verändert und mit Zeichnungen versehen.

Im Rahmen der 55. Fortbildungswoche des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts wurden die Experimente von Prof. H. Schmidkunz und W. Rentzsch gezeigt.

Korrosionsschutz durch Opferanoden

Geräte und Chemikalien: 4 Stahlblechstreifen oder 4 große Büroklammern, 4 Petrischalen, Schmirgelpapier, 5%ige Natriumchloridlösung, Zinnfolie, Zinkblech, Magnesiumband, Aceton

Stahlblechstreifen in allen vier Petrischalen mit Natriumchloridlösung



Zinkstreifen Zinnfolie Magnesiumband

Durchführung: Das Stahlblech wird mit Aceton gereinigt, um eventuelle Wachse, Öle oder Fette zu entfernen. Das Blech wird mit Schmirgelpapier angeraut. Es werden insgesamt 4 Streifen geschnitten (ca. 1,5 cm x 5 cm), die jeweils zu einem Schiff gebogen werden. Anschließend schneidet man jeweils ein 5 cm langes Stückchen Zinnblech, Zinnfolie und Magnesiumband und befestigt diese "Außenbords". Ein Schiffchen wird ohne "Außenseil" benötigt.

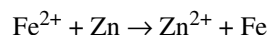
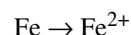
In jede Petrischale kommt ein Schiffchen. Es wird soviel Natriumchloridlösung hineingegeben, bis der "Schiffsrumpf" bedeckt ist und das "Außenseil" in die Lösung eintaucht.

Beobachtung: Ein erstes Zwischenergebnis lässt sich nach einer Stunde ermitteln. Das Endergebnis sollte jedoch erst nach 24 Stunden ermittelt werden.

Nach einer Stunde ist eine starke Gasentwicklung am Magnesiumband zu beobachten und das Zinkblech bekommt einen weißlichen Überzug.

Nach 24 Stunden hat sich das Magnesiumband fast (oder sogar ganz) aufgelöst. Es ist eine weiße Substanz (Magnesiumoxid) entstanden. Das Stahlblech zeigt keine Spuren von Rost. Auch am Zinkblech hat sich ein weißes Pulver gebildet (Zinkoxid). Das Stahlschiffchen rostet nicht. Anders sieht dies bei der Zinnfolie aus. Die Zinnfolie ist noch "wie neu" und der Stahl ist stark rostig. Auch das Stahlblech ist stark verrostet.

Erklärung: Tritt Eisen/Stahl mit einem unedleren Metall in Kontakt, so fungiert dieses als Opferanode und löst sich auf. Da Magnesium und Zink unedler als Eisen sind, werden sie oxidiert, während Eisen/Stahl unverändert bleibt. Selbst wenn Eisen zu rosten beginnen würde, würde es sofort nach der folgenden Gleichung reduziert:



Der Charakter eines Metalls wird weitgehend davon bestimmt, wie leicht es sich oxidieren lässt. Dabei werden positiv geladene Ionen gebildet.

Metalle, die sich leicht oxidieren lassen, werden als unedle Metalle bezeichnet.

Metalle, die sich nur schwer oxidieren lassen, werden als edle Metalle bezeichnet.

Ordnet man die Metalle nach ihrer *Oxidierbarkeit*, d.h. nach ihrer Tendenz positiv geladene Ionen zu bilden, so ergibt sich die *Spannungsreihe* der Metalle:

Cs K Sr Ca Na Mg Al Mn Cr Zn Fe Co Ni Sn Pb (H) Cu Ag Pt Au

unedlere Metalle/chemisch aktiv → edlere Metalle/chemisch passiv

Bei dem hier beschriebenen Versuch handelt es sich um eine elektrochemische Korrosion. Die elektrochemische Korrosion tritt ein, wenn an die Berührungsstelle zweier verschiedener Metalle eine Elektrolytlösung gelangt.

Eine elektrochemische Korrosion wird verhindert, indem man ihr auf elektrochemischem Wege entgegen wirkt. Dies wird erreicht, indem man das zu schützende Metall (hier Stahl) mit einem unedleren Metall (hier Zink und Magnesium) leitend verbindet, so dass dieses (sog. Opferanode) oxidiert und zerstört wird. Das edlere Metall aber wird geschützt. dieses Verfahren wird vor allem im Schiffsbau und für Rohrleitungen verwendet und als kathodischer Korrosionsschutz bezeichnet.

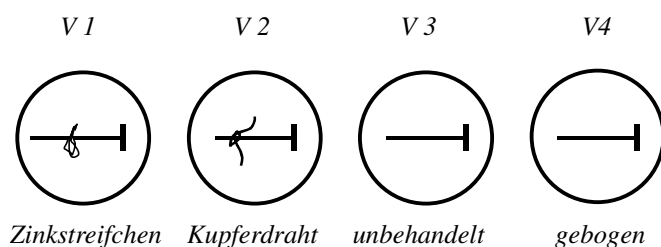
Der Korrosionsindikator

Geräte und Chemikalien: 4 Petrischalen, Hammer, Zange, Schmirgelpapier, 4 Stahlnägel (5 cm lang), Becherglas (250 ml), Glasstab, Natriumchloridlösung (ca. 0,1 mol/l), Agar-Agar od. Blattgelatine, 1%ige rote Blutlaugensalzlösung, 1%ige alkoholische Phenolphthaleinlösung, Zinkblechstreifen, Kupferdraht

Herstellung des Indikators: In ein Becherglas werden 150 ml Natriumchloridlösung und 1 g Agar-Agar hineingegeben. Die Lösung wird solange erhitzt, bis das Agar-Agar (bzw. die Blattgelatine) gelöst ist. Dann lässt man die Lösung abkühlen und versetzt sie lauwarm mit 3 ml roter Blutlaugensalzlösung.

sung und 0,5 ml Phenolphthaleinlösung. Der Indikator wird in die 4 Petrischalen gegossen.

Stahlnägel in vier Petrischalen mit Indikatorlösung



Durchführung: 4 Stahlnägel werden jeweils am Kopf und an der Spitze mit Schmirgelpapier angeraut.

Versuch 1: Ein Stahlnagel wird in der Mitte mit einem Zinkstreifen umwickelt.

Versuch 2: Ein Stahlnagel wird in der Mitte mit einem Kupferdraht umwickelt.

Versuch 3: Ein Stahlnagel wird ohne weitere Behandlung in die Petrischale gegeben.

Versuch 4: Ein Stahlnagel wird mit einer Zange umgebogen (mehrmals) und die Biegestelle wird mit einem Hammer bearbeitet.

Alle Teile werden in die Petrischalen gelegt und vollständig mit lauwarmer Indikatorlösung übergossen. Diese Versuchsanordnung lässt man nun längere Zeit stehen. Nach vier Stunden wird ein erstes Ergebnis sichtbar, nach 24 Stunden kann man das Endergebnis ablesen.

Beobachtung: Der Korrosionsindikator zeigt an manchen Stellen eine Blaufärbung und an anderen Stellen eine Rotfärbung.

Die Blaufärbung ist eine Nachweisreaktion auf Fe^{2+} -Ionen (Berliner Blau). Die Rotfärbung ist ein Nachweis für OH^- -Ionen.

Versuch 1: Es zeigt sich keine Blaufärbung. Das lässt den Schluß zu, dass keine Eisen-Ionen in Lösung gegangen sind. Das Zink ist unedler als Eisen und geht als weißes Zinkoxid in Lösung.

Versuch 2: Am Nagelkopf und an der Nagelspitze ist eine Blaufärbung zu erkennen. Eisenionen sind an den behandelten Stellen in Lösung gegangen. Außerdem steht Eisen in der Spannungsreihe unterhalb von Kupfer, ist also Opferanode.

Versuch 3: An Spitze und Kopf erscheinen die Färbungen von Berliner Blau.

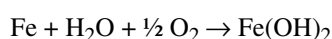
Versuch 4: Zusätzlich zu den Blaufärbungen an Kopf und Spitze tritt an der Biegestelle des Nagels eine Blaufärbung auf. Eisengegenstände, die besonderen Verformungen unterworfen sind, rosten schneller.

Erklärung: Folgende zwei Teilreaktionen laufen ab:

Anode: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ (Berliner Blau Reaktion)

Kathode: $2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow 2\text{OH}^-$ (Phenolphthalein-Rötung)

Daraus ergibt sich die Gesamtreaktion:



Die getrennt ablaufenden, aber doch voneinander abhängenden Teilreaktionen, setzen voraus, dass im Eisen Elektronen von einem Reaktionsort zum anderen wandern. Dadurch entstehen die zwei Elektroden (Anoden- und Kathodenraum) am Nagel, an denen die Reaktion nachweisbar ist.

Bei einem unbehandelten Nagel läuft die Anodenreaktion am Kopf und an der Spitze des Nagels ab. Verformt man den Nagel, indem man ihn mit der Zange in der Mitte biegt, so tritt zusätzlich zu den Blaufärbungen an Kopf und Spitze an der Biegestelle des Nagels eine Blaufärbung auf. Daraus kann gefolgert werden, dass Teile, die besonderen Verformungen unterworfen sind, Eisen in Form von Ionen und Elektronen leichter abgeben. So bilden diese Stellen Elektronenspender.

Ein anderer Deutungssatz beschreibt das Phänomen so:

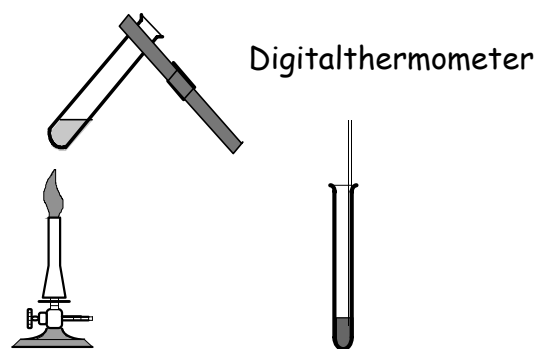
In den blauen Bereichen ist Eisen anodisch als Fe^{2+} -Ionen in Lösung gegangen und reagiert mit dem gelösten Kaliumhexacyanoferrat(III) unter Blaufärbung. An den anderen Stellen reagiert der Sauerstoff aus der Lösung mit den Elektronen des Eisens und Wasser zu Hydroxid-Ionen, die mit dem Indikator Phenolphthalein eine Rotfärbung verursachen.

Schmelzen von Zinn und einer Zinn-Zink-Legierung

Geräte und Chemikalien: Spatel, Digitalthermometer, Reagenzglas (l = 130 mm), Reagenzglashalter, Waage, Bunsenbrenner, Glasstab, Zinn (Körner), Zinkpulver

Durchführung: In das Reagenzglas werden 8,9 g Zinnkörner überführt und vorsichtig geschmolzen. Die Schmelztemperatur wird nach der Haltepunktmethode bestimmt. Nach dem Entfernen des Thermometers werden 1,1 g Zinkpulver addiert und erneut bis zur Schmelze erhitzt. Mit Hilfe des Glasstabes werden die beiden Metalle etwa 5 Minuten innig vermischt. Sie müssen dabei flüssig bleiben, dürfen aber nicht zu heiß sein.

Nun wird wiederum nach der Haltepunktmethode die Schmelztemperatur der Legierung bestimmt. Sie liegt eindeutig unter der des reinen Zinns.



Erst Zinn und dann Zinn-Zinkmischung

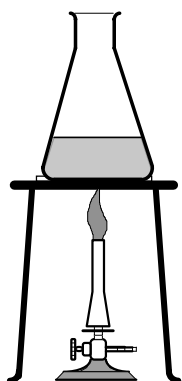
Ergebnis: Zinn ist ein hervorragendes Legierungsmetall und es schmilzt bei leicht zugänglichen Temperaturen: $T = 232\text{ }^\circ\text{C}$. Legiert man Zinn mit Zink nach dem o.a. Mengenverhältnis sollte die Schmelztemperatur der Legierung bei etwa $198\text{ }^\circ\text{C}$ liegen.

Reduktion von Kupfer(II)-sulfat mit Ascorbinsäure

Geräte und Chemikalien: Erlenmeyerkolben (250 ml), Bunsenbrenner, Stativ und Stativmaterial, Waage, Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat, Ascorbinsäure

Durchführung: In dem Erlenmeyerkolben werden etwa 100 ml Wasser zum Sieden erhitzt und 2 g Ascorbinsäure werden zügig addiert. Es wird erneut bis zum Sieden erhitzt und in einem Schwung werden etwa 1 g Kupfer(II)-salz zugegeben.

Erst Ascorbinsäure, dann Kupfersulfat



Beobachtung: Nach der Zugabe des Kupfersalzes erfolgt fast augenblicklich eine Rotfärbung. Diese weist auf gebildetes Kupfer hin.

Zusätzlich kann nach dem Abgießen der Flüssigkeit manchmal ein Kupferspiegel im Glas beobachtet werden.

Erklärung: Kupfer (II)-salze reagieren mit Ascorbinsäure zu elementarem Kupfer. Die Ascorbinsäure wird dabei zu Dehydroascorbinsäure oxidiert.

Reaktionsgleichungen:

- (1) Ascorbinsäure $\rightleftharpoons$ Dehydroascorbinsäure
(2) $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{H} \rightarrow \text{Cu} + 2 \text{H}^+$

Verkupfern mit einem Schlag

Geräte und Chemikalien: 2 große Reagenzgläser, Eisenstab, Kupfersulfatlösung (7 %ig), Salpetersäure (conc.), Schmirgelpapier, dest. Wasser, Aceton, Tuch

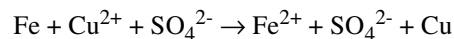
Vorbereitende Arbeiten: Eventuell anhaftenden Rost beseitigt man durch Schmirgeln. Verwendet man z.B. eine große verzinkte Schraube, entfernt man den Zinküberzug mit Salzsäure. Dann spült man mit dest. Wasser, trocknet mit einem sauberen Tuch ab und entfettet mit Aceton.

Das eine Reagenzglas wird jeweils zur Hälfte mit konzentrierter Salpetersäure gefüllt, das andere mit 7 %iger Kupfersulfatlösung.

Durchführung: Der Eisenstab wird 2 bis 3 Sekunden in die Kupfersulfatlösung und danach sofort in die konzentrierte Salpetersäure getaucht, wo er etwa 1 Minute verbleibt. Dann wird der Eisenstab wiederum kurze Zeit in die Kupfersulfatlösung gehalten, herausgenommen und mit einem kurzen Schlag auf die Tischkante gehauen.

Beobachtung: Nach dem zweiten Herausnehmen aus dem Kupfersulfatbad zeigt sich auf dem Eisenstab kein Kupfer Niederschlag. Erst ein leichter Schlag an die Tischkante lässt in Sekundenschnelle von der Aufschlagstelle aus einen Kupferüberzug auf dem Eisen entstehen.

Erklärung: Das Element Kupfer ist mit einem Normalpotential von + 0,34 V edler als das Element Eisen, welches ein Normalpotential von - 0,44 V aufweist. Auf Grund dessen verdrängt Eisen das Kupfer aus der Lösung des Salzes.



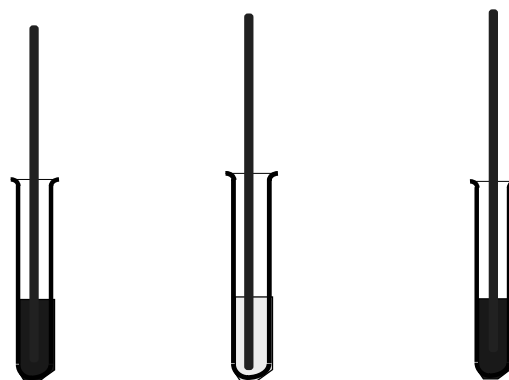
Kupfersulfat

Eisensulfat

Diese Reaktion läuft nicht ab, wenn man das Eisen vorher in konzentrierte Salpetersäure taucht und dadurch passiviert. In diesem Zustand verhält es sich ähnlich wie ein Edelmetall: von konzentrierter und verdünnter Salpetersäure wird es nicht angegriffen und aus einer Silbersalzlösung scheidet sich kein Silber aus. Das Phänomen der Passivierung zeigen auch andere unedle Metalle. Es lässt sich bis heute noch nicht restlos erklären. Nach der sogenannten "Oxidhauttheorie" wird die Passivität durch Bildung einer sehr dünnen, zusammenhängenden Sauerstoff- bzw. Oxidschicht verursacht. Da diese Schutzschicht sehr labil ist, wird die Passivierung des Eisens durch Erschütterung aufgehoben und die noch anhaftende Kupfersulfatlösung verursacht sofort die Bildung einer dünnen Kupferschicht.

Dieser Vorgang kann mehrere Male wiederholt werden.

2 - 3 Sek. 1 Minuten 2 - 3 Sek.



Kupfersulfat Salpetersäure Kupfersulfat

Forscher Geist: Dichtung und Wirklichkeit = Faction

Zu Sven Daubenmerkl's Roman um und über die Farm-Hall-Protokolle

Helmut Rechenberg

Das Thema Atomkernenergie und Atombombe wurde bereits mehrfach dichterisch verarbeitet. Wir zitieren hier in zeitlicher Reihenfolge des Entstehens vor allem die Bühnenstücke *Das kalte Licht* (1955) von Carl Zuckmayer, das sich auf Klaus Fuchs Verrat der amerikanisch-britischen Bombengeheimnisse bezieht, *Die Physiker* (1962) von Friedrich Dürrenmatt, eine groteske Parabel der Anwendung menschlicher Erkenntnisse überhaupt mit Einstein und Newton als Irre und *In der Sache J. Robert Oppenheimer* (1964) von Heinar Kipphardt, ein Stück über das Verfahren gegen Oppenheimer. Zu ihnen gesellt sich nun ein jüngerer Autor aus Österreich, der als Physiklehrer in Wels arbeitet und daneben erfolgreich Kurzgeschichten und andere Prosa veröffentlicht. Sein neuer Roman *Forscher Geist* behandelt das deutsche Uranprojekt im Zweiten Weltkrieg und insbesondere die Ereignisse während der Internierungszeit der zehn deutschen Atomforscher in Farm Hall.

Von mehr oder weniger fachhistorischer Seite liegen schon einige Bücher zu dem Thema vor, besonders David Irvings *Der Traum der deutschen Atombombe* (1967), Mark Walkers *Die Uranmaschine - Mythos und Wirklichkeit der deutschen Atombombe* (1990) und Thomas Powers' *Heisenbergs Krieg* (1993). Sven Daubenmerkl stand aber eine neue Originalquelle zur Verfügung, die Aufzeichnungen von Auszügen aus den insgeheim abgehörten Unterhaltungen der deutschen Internierten in England, Erich Bagge, Kurt Diebner, Walther Gerlach, Otto Hahn, Paul Harteck, Werner Heisenberg, Horst Korsching, Max von Laue, Carl Friedrich von Weizsäcker und Karl Wirtz - in deutscher Rückübersetzung herausgegeben von Dieter Hoffmann als *Operation Epsilon* (Rowohlt, Berlin 1994). Er liefert aber keine neue, frühere Fehler und Lücken korrigierende historische Darstellung, sondern, wie er einleitend schreibt:

"*Forscher Geist* ist keine Dokumentation, sondern versteht sich als Mischung aus Fiktion und Fakten. Der Roman ist *faction*. Die handelnden Personen und ihre Aussagen sind zwar nicht frei erfunden, denn die geschilderten Ereignisse der Vergangenheit haben stattgefunden, doch dieses Buch erhebt keinen Anspruch auf eine zutreffende Darstellung, sondern ist eine Interpretation des Autors auf der Grundlage des vorliegenden Materials."

Was hat nun den Autor an dieser Geschichte und dem vorliegenden Material interessiert? Als er 1997 zum Quellenstudium nach München kam, teilte er mir das Thema seines neuen Buchprojektes mit. Meine Antwort, die sich auf den jahrelangen eigenen Umgang mit dem Tatsachenmaterial sowie Interviews mit und der Kenntnis der meisten handelnden Personen beruhte, war: Im Grunde sei das ein vielschichtiges Thema, über das schon ziemlich viel Unsinniges geschrieben und anderweitig gezeigt worden wäre, aber vielleicht wollte er, Dau-

benmerkl, es ohnedies mit größerer dichterischer Freiheit behandeln. Nein antwortete er, und dann entwickelte er sein beabsichtigtes Vorgehen, nämlich durchaus die Tatsachen für sich sprechen zu lassen, jedoch sie mit den Augen eines Akteurs zu betrachten, dem eine historische Person zugrunde liegt, die der Nachwelt am wenigsten bekannt ist. Diesen Teilnehmer wollte er nun zur Hauptperson vor allem in einer fiktiven Rahmengeschichte machen. Das war ein Plan, der sehr einleuchtete, und obwohl ich dem Autor später doch eingehendere Informationen über das Leben und die Persönlichkeit seines "Helden" - er nannte ihn "Krüger" in Anspielung auf den wirklichen Namen - mitteilen konnte, ermunterte ich ihn eher zur stärkeren Verfremdung des Vorbildes.

Daubenmerkl bedient sich in *Forscher Geist* also der klassischen literarischen Form der Rahmenerzählung. Im Gegensatz etwa zu Theodor Storm im "Schimmelreiter" bilden allerdings die fiktiven Teile seiner *faction* weniger den Inhalt der eigentlichen Geschichte, sondern der Rahmenerzählung. Der fiktive, die historischen Fakten kommentierende Teilnehmer der Farm-Haller Gespräche Krüger hat, wie erwähnt, ein historisches Vorbild K. (= Korsching); und dieser wurde von den englischen Bewachern wie folgt charakterisiert:

"Ein völliges Rätsel. Er macht einen verdrießlichen und mürrischen Eindruck. Er macht nur selten den Mund auf. Seit der Ankunft in England ist er jedoch menschlicher geworden."

Daubenmerkl's Krüger besitzt also die etwas ausgestaltete Vorgeschichte des historischen K., aber eine erfundene Nachgeschichte, die ihn nicht nur zur Hauptperson der weitgehend im "Ich-Stil" berichteten Rahmenhandlung, sondern eigentlich auch zum Helden des gesamten Romans macht. Man darf sagen, daß die fiktive Ergänzung der historischen Vorlage durchaus gut gelungen ist, weil sie sich aus dem bei K. angelegten Charakterzügen entwickelt.

In der Rahmenhandlung versucht der alte Krüger nach einem Schlaganfall, die Ereignisse und Empfindungen, auch die der anderen deutschen Uranforscher, und gleichzeitig seine eigene Vorgeschichte im deutschen Uranprojekt sich wieder ins Gedächtnis zurückzurufen. (Während die Farm Haller Ereignisse wenigstens schlaglichtartig durch die Farm-Hall-Protokolle historisch fixiert sind, kennt man die Vorgeschichte des historischen K. allerdings weniger, denn er ist der am wenigsten prominente Teilnehmer in der gesamten Gruppe der Internierten.) Um den von den behandelnden Ärzten vorhergesagten Gedächtnisverfall zu kompensieren, unternimmt der gebrechliche Krüger eine Reise nach England und Farm Hall, deren einzelne Ereignisse der Buchautor lebendig, unterstützt durch eigene Erlebnisse (etwa bei historischen Kriegsspielen in Dover) und Ortsbesichtigungen (detailliert Farm Hall im Jahre 1995) erzählt. Der fiktive Herr K. möchte offenbar vor allem sich selbst finden und seinen "Entwicklungsroman" dann der

Prof. Dr. Helmut Rechenberg, Max-Planck-Institut für Physik, Föhringer Ring 6, D-80805 München. email: her@mppmu.mpg.de

Enkelin, die er als einzige Person ins Vertrauen zieht, erläutern. Von der Reise erwartet er schließlich aber auch so etwas wie die Antwort auf die großen Fragen, die alle Beteiligten an Kriegs- und Nachkriegsarbeiten zur Kernenergie seither bedrängten.

Forscher Geist benützt neben dieser fiktiven Rahmengeschichte, den historischen Fakten und Dokumenten auch die Erinnerungen der Hauptpersonen und zweier Nebenpersonen, die der Autor in den Text der Hauptgeschichte einfügt bzw. als Nachtrag bringt: Hans Beck, weiland sehr jugendlicher Zeuge der letzten Arbeiten am deutschen Uranprojekt in Haigerloch, und Heinz Baus, der deutsche Koch der Internierten. Aus diesen Teilstücken, die vielfach kunstvoll miteinander verschränkt werden, wächst ein den Leser bis zuletzt in Spannung haltender Roman, dessen Haupt- und Staatsaktion die historischen Ereignisse von der Gefangennahme der zehn deutschen Atomforscher (von denen nur Max von Laue nicht an den Uranarbeiten beteiligt war) im April und Mai 1945 bis zu den Tagen im November 1945, als die Verleihung des Nobelpreises an Otto Hahn von den in Farm Hall Internierten ausgelassen gefeiert wurde.

Die Rahmenhandlung unterbricht immer wieder längere Abschnitte der Hauptgeschichte, in denen der historische Ablauf rekonstruiert wird - zum Teil erläutert durch angemessen erfundene Gespräche zwischen den Teilnehmern und Kommentare des Herrn K. -, durch die Stationen der (erdichteten) Fahrt Krügers nach Farm Hall fünfzig Jahre nach der Internierung. Den zentralen Platz im Roman nehmen natürlich die dramatischen Ereignisse um den 6. August 1945 ein, dem Tag der Hiroshimabombe. Deren Existenz und Einsatz diskutierten die deutschen Atomforscher ausführlich (wie durch die Farm-Hall-Protokolle festgehalten wurde), und sie motivierte letztlich die Reise Krügers. Der zweite Höhepunkt der historischen Staatsaktion, die Feier des Hahnschen Nobelpreises - rekonstruiert in enger Anlehnung an die in den Protokollen festgehaltenen Ereignissen - wird ebenfalls in eine fiktive Rahmengeschichte eingebettet: der deutsche Farm-Hall-Besucher Krüger trifft darin einen historischen Gegenspieler K.s, den gleichermaßen altersinvaliden englischen Physiker Reginald Victor Jones, ehemals der für die Überwachung der deutschen Internierten verantwortliche Chef des britischen militärischen Geheimdienstes. Anders als Krüger alias K. kommt dieser weniger, um sich selbst zu finden, sondern um zu wissen, was der andere eigentlich (spionieren) will.

Als historische Tatsachen verwendet der Autor: den Bericht über die Verhöre der von der ALSOS-Mission - die ja die von den Amerikanern vermutete Atombombe Hitlers verhindern sollte - gegen Kriegsende gefangenen deutschen Forscher durch Samuel Goudsmit (im wesentlichen nach dessen in seinem Buch *ALSOS* von 1947 niedergeschriebenen Erinnerungen); die Berichte über die dramatische Gefangennahme Werner Heisenbergs in Urfeld Anfang Mai 1945 durch einen Stoßtrupp unter Colonel Boris Pash (etwa erzählt von diesem selbst in seinem Buch *The Alsos Mission* 1970) sowie von Heisenberg (in seinen Memoiren *Der Teil und das Ganze* von 1969); die rückblende Erinnerungen der Beteiligten (von Hahn, Heisenberg bis Albert Speer, der damals im Deutschen Reich für die Rüstungsproduktion verantwortlich war) an die kritische Phase des deutschen Uranprojektes im Juni 1942, als die Weichen endgültig zur "zivilen" Nutzung der

Kernenergie gestellt wurden; dazu die bereits erwähnten Farm-Hall-Protokolle der geheimen britischen Überwachung sowie spätere Erinnerungen der prominenteren Gefangenen, von Erich Bagge bis Karl Wirtz - vom historischen K. gibt es leider kein Tagebuch, noch hat er selbst später viel von der Farm-Haller Zeit zu anderen gesprochen.

Durch die fiktive Rahmengeschichte bzw. andere, vom Autor eingestreute (natürlich fiktive) Gespräche und Kontemplationen wird die historische Haupt- und Staatsaktion nicht nur ergänzt, sondern zugleich erhöht und in ihren Einzelteilen vertieft, d.h. plastisch und für den Leser anschaulich gestaltet. Dabei kommt dann zugleich eine Art Erziehungsgeschichte des Erzählers Krüger heraus, der ja den Sinn seines Lebens verstehen und die Lehren daraus an die Nachwelt über die Enkelin vermitteln will.

Das Buch *Forscher Geist* darf man also mit Recht als eine dichterische Aufarbeitung der historischen Fakten, eine wirklich gelungene *faction* im Sinne des Autors bezeichnen. Ohne die Tatsachen zu verbiegen, wie es zahlreiche Bücher und Verfilmungen (zum Beispiel die Fernsehserie *Das Ende der Unschuld* mit großem aufklärerischen Anspruch (siehe H. Rechenberg: 'Ende der Unschuld' - Geschichtskorrektur oder Geschichtsfälschung, *MPG Spiegel* 4/91, S.37-39) - bisher getan haben, führt er ganz einfach und ungezwungen, eben wie im Roman, in die Gedanken einer ganzen Generation von Eliteforschern ein, die an einer Aufgabe arbeiteten, welche für das Wohl und Wehe der Menschen entscheidende Auswirkungen haben sollte. Zwar blieben die deutschen Uranforscher, denen das Buch gewidmet ist, nur Zaungäste einer großen Weltgeschichte um das "Goldene Kalb" Atombombe, aber sie haben doch durch ihre Taten und Reflexionen sowie die Diskussionen der Ergebnisse ihrer "Konkurrenten" und deren problematische Folgen entscheidenden Anteil gewonnen. Dem Autor muß daher für seinen rundherum gelungenen, hervorragend lesbaren, zugleich historischen und fiktiven Roman aufrichtig gedankt werden. Selten wird eine bemerkenswerte und historisch so folgenreichere wissenschaftliche Entwicklung ähnlich spannend und zugleich auch pädagogisch aufbereitet wie dieser Auszug aus der Geschichte der Kernenergie im Zweiten Weltkrieg.

Der Roman *Forscher Geist*, der hiermit allen lernenden und lehrenden, auch den in der Forschung tätigen Physikern und allen an der Physik interessierten Lesern warm empfohlen wird, ist im Jahr 2000 erschienen im Verlag Mandelbaum, Wien. Das Buch kostet öS 291,- bzw. DM 39,80.

Helmut Rechenberg ist seit 1964 als theoretischer Physiker und Physikhistoriker am Max-Planck-Institut für Physik in München tätig. Er beschäftigte sich eingehend seit etwa 20 Jahren mit dem Thema des deutschen Uranprojektes im Zweiten Weltkrieg, zunächst im Zusammenhang mit der Veröffentlichung der *Gesammelten Werke* von Werner Heisenberg (die ursprünglich geheimen Forschungsberichte Heisenbergs sind im Band AII, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg usw. 1989, erstmals vollständig abgedruckt). Er lernte überdies einen Großteil der führenden Persönlichkeiten - von den in Farm Hall Internierten alle bis auf K. Diebner und P. Hardeck - noch persönlich kennen, teilweise als Student (bei W.Gerlach und W. Heisenberg), teilweise später als Historiker (besonders E. Bagge, Carl Friedrich von Weizsäcker und Karl Wirtz, mit denen er ausführlich über ihre Erfahrungen und Erlebnisse im Uranprojekt gesprochen hat; siehe dazu etwa H. Rechenberg: *Die Farm-Hall-Berichte. Ein Kommentar*, S.Hirzel, Stuttgart 1994). Auch den geheimnisvollen Herrn K. hat er oft im Institut getroffen; dieser war aber sehr verschlossen und zurückhaltend und berichtete nur einmal später brieflich ein Detail aus der Farm Haller Zeit.

Physiker-Anekdoten

Exner, Ehtreiber, Hohenester

246 Anekdoten von 91 bekannten Physikern. Wien: öbv&hpt, 1996, 144 S., öS 248,-, ISBN 3-209-01728-X

Es ist eigentlich erstaunlich, daß das im Haus-Verlag von "Plus Lucis" erschienene und in diesem selbst angezeigte Buch von Exner/Ehtreiber/Hohenester dort bis heute nie besprochen wurde. Wahrscheinlich liegt es weniger daran, daß niemand von uns ein Interesse an Physiker-Anekdoten hätte, als daß es an servierten Anekdoten nicht viel zu rezensieren gibt - so wie an einer Sammlung von Witzen, zu der man eigentlich auch nur ein paar weitere hinzufügen könnte.

Mir dienen Anekdoten im Physik-Unterricht dazu, den Schülern zu zeigen, daß hinter den Entdeckernamen im Physik-Buch Menschen aus Fleisch und Blut stehen, "Menschen wie du und ich", selbst im Fall des Anekdotenkönigs Albert Einstein. Über ihn sage ich immer: "Albert Einstein war kein Außerirdischer" (obwohl ich das insgeheim nicht ganz glaube!). Wissenschaftler-Anekdoten sollen den tiefen Graben überbrücken, der die "von oben gesegneten" Entdecker von den bloßen Lehrbuch- und Unterrichts-Konsumenten trennt.

Man vergesse nie die tiefe Bemerkung unseres Ahnherrn Kepler: "Die Wege, die den Menschen zum Wissen führen, sind oft mindestens so interessant wie dieses Wissen selbst", und Anekdoten können meiner Ansicht nach Schlaglichter auf diese oft sehr verworrenen Wege werfen. Mir fällt da auch der sehr wichtige Hinweis in der alten Auflage von SCHREINERS Lehrbuch ein (der leider in die Neuauflage keinen Eingang mehr gefunden hat) auf die Äußerung von Max Planck, daß er mit der Veröffentlichung seiner Quantenhypothese zögerte, weil er sich nicht sicher war, ob es sich dabei um eine große Entdeckung oder einen riesigen Unsinn handelte.

Nun aber doch noch eine Kostprobe aus der Sammlung, die mir besonders gefällt, weil sie mir zeigt, daß die Könige der geistigen Abwesenheit - Isaac Newton und Albert Einstein - noch von einem Mann namens André Marie Ampère übertroffen wurden: "Ampère war das Musterbeispiel eines zerstreuten Professors. Als er eines Nachmittags zu einem Spaziergang aufbrach, heftete er einen Zettel an seine Wohnungstür, auf dem geschrieben stand: "Ich bin nicht zu Hause." Von seinem Spaziergang zurückgekehrt, las er den Zettel, drehte sich um und ging wieder"!

Eher dürrtig scheinen mir die Anekdoten über solch originelle Persönlichkeiten wie Niels Bohr und Albert Einstein ausgefallen zu sein, so daß ich zu guter Letzt noch ein Exemplar aus meiner Sammlung von Einstein-Anekdoten beitragen möchte: "Einstein konnte einmal die ihm besorgte Fahrkarte nicht finden, als er bereits im Zug zu einer Vortragsreise war. Der Kontrollor wartete einige Zeit geduldig, meinte dann aber doch, Einstein sollte sich eine neue Karte kaufen und dann einfach die unbenutzte Fahrkarte bei der Bahndirektion zur Rückerstattung des Fahrpreises einreichen. 'Das ist ja gar nicht das Schlimmste', meinte daraufhin Einstein resigniert, 'das Dumme ist ja, daß ich nicht weiß, wohin ich fahren wollte!'"

Mag. Manfred Wasmayr, BORG Neumarkt a.W.

Die Badewanne des Archimedes

Berühmte Legenden aus der Wissenschaft.

Sven Ortoli, Nicolas Witkowski.

Serie PIPER, München, Zürich, 192 S., öS 102,-. ISBN 3-492-23264-7.

Wer am Titel "Die Badewanne des Archimedes" oder auch noch am Untertitel "Berühmte Legenden aus der Wissenschaft" hängen bleibt, wird sich denken, das ist die 101. Darstellung von Newtons Erleuchtung, als er sah, wie der Apfel vom Baum der Erkenntnis fiel, und weiterer Fallstudien genialer Kreativität. Also: "Eh schon wissen". Aber weit gefehlt, denn gleich auf Seite 1 werden wir eines Besseren belehrt, wenn es heißt: "Jeder weiß, daß Newton Äpfel anzog, daß Einstein die Zunge herausstreckte, Archimedes jubelnd aus seiner Badewanne sprang, Leonardo da Vinci ein Alleskönner war..." Ihre bilderstürmerische Vorgangsweise im Pantheon der Wissenschaft rechtfertigen die beiden französischen Physiker und Wissenschaftsjournalisten durch den Hinweis auf den kleinen Jungen, der an der wundertätigen Quelle von Lourdes den Führer fragte: Und wieviel Liter fasst die Zisterne?" Und so fragen sie: "War Newtons Apfel ein Golden Delicious oder ein Granny Smith? Badete Archimedes in einer Badewanne von Jacob Delafon oder in einem einfachen Zuber? Und war Leonardo da Vinci in der Lage, eine Gleichung zweiten Grades zu lösen?"

Was dabei heraus kommt, ist eine hochinteressante Folge von Zerpflückungen exemplarischer Fälle genialer Erleuchtung, bei deren Lektüre ich viel Neues gelernt habe. So wird etwa die beinahe ins Mythische erhobene Genialität von Leonardo (z.B. auch von Seiten Bill Gates!) auf den Boden der - meist handwerklichen - Tatsachen zurück geholt. Oder wußten Sie, daß das Perpetuum mobile bereits im 19. Jhdt. gefunden wurde, als Victor Hugo schrieb: "Die Wissenschaft sucht das Perpetuum mobile. Sie hat es gefunden: sie selbst ist es." Ich habe ergänzt: der Wissenschaftsbetrieb als ein gigantisches "Automobil" - ein Selbstbeweger und Selbsterreger.

Es folgen Kapitel über Newtons Apfel und den von Mary Shelley in die Welt gesetzten Frankenstein-Mythos, über Maxwells Dämon und Kekulé's Benzol-Schlange, über Medelejews Tabelle als ultima ratio der Chemie und Alfred Nobels (Wiener) Geliebte (die dafür verantwortlich sein soll, daß es keinen Nobelpreis für Mathematik gibt), über Schrödingers Katze und den Big Bang, über die Schwarzen Löcher und den vielzitierten Schmetterlingseffekt des Meteorologen Lorenz, der bekanntlich immer und überall in unserer chaotischen (früher sagte man launischen) Atmosphäre einen Wirbelsturm auslösen kann. Besonders gut gefallen hat mir das Kapitel über Einstein und seine wahrhaft legendäre Formel $E = mc^2$, in dem der amerikanische Wissenschaftshistoriker Gerald Holton zitiert wird: "Das Denken Einsteins, dessen Genialität darin bestand, Asymmetrien in den physikalischen Gesetzen nachzuweisen, Paradoxa aufzulösen und Gegensätzlichkeiten zu vereinen, ist untrennbar mit der Person Einsteins verbunden, die nicht paradoxer hätte sein können: gleichzeitig alter Weiser und Lausbengel, Mann des öffentlichen Lebens und Einzelgänger, rational und intuitiv, atheistisch und religiös."

Wie finden Sie das? Ich finde es großartig, wie überhaupt von diesem Taschenbuch gesagt werden kann, daß es kein Lehrer der Naturwissenschaften ohne großen Gewinn aus der Hand legen wird.

Mag. Manfred Wasmayr

Vorstellungen vom Atom 1800-1934 von Dalton bis Heisenberg

Hans-W. Kirchhoff

Praxis-Schriftenreihe Physik Bd. 58., 1. Aufl., brosch., 133 S., 43 Abb., zahlreiche Tab., Aulis Verlag Deubner Köln, 2001. Best.-Nr. 1057. ISBN 3-7614-2300-4. DM 26,-.

Auf knapp 100 Seiten versucht der Autor Informationen über die Entwicklung der Atommodelle bis 1934 zu geben. Dies zwingt zu äußerst knapper Darstellung. Praktisch jedes einzelne Thema wird auf jeweils einer Seite A5 abgehandelt. Das Dilemma für den Leser ist, dass nicht alle auftretenden Begriffe adäquat erklärt werden können - so sind dem Thema Objektivierbarkeit und Messprozess knappe 35 Zeilen gewidmet. Andererseits gelingt doch ein Überblick über einen Erkenntnisfortschritt, der mit der Ausformung der Idee vom Atom und Molekül und dem unterschiedlichen Stand von Chemie und Physik begann und der mit dem Nobelpreis an Heisenberg, Schrödinger und Dirac vor mehr als 65 Jahren einen gewissen Abschluß fand.

Wenn auch der Verfasser die Meinung vertritt, dass Schüler das Wechselspiel von Experiment und Theorie kennenlernen sollten und Zähigkeit und Fleiß der Forscher würdigen lernen sollten, so scheint dieses Büchlein doch wohl eher in die Hand des Lehrers zu gehören, der mit zusätzlichen Quellen eine interessante historische Komponente in den Unterricht bringen kann.

Leider sind auch Flüchtigkeitsfehler enthalten, wie der Mädchenname von Marie Curie (S.44) oder die Halbwertszeit von U-238 (S. 94).

Eine umfangreiche Bibliographie von 20 Seiten zu allen unterrichtlichen Aspekten von Atom-, Kern- und Quantenphysik auf der Basis fachdidaktischer Publikationen (nur BRD) macht das Büchlein indirekt zu einer Fundgrube von Anregungen.

H. Kühnelt

Die Babywindel und 34 andere Chemiegeschichten

H.-J. Quadbeck-Seeger, A. Fischer (Hrsg.)

Wiley-VCH Verlag GmbH Weinheim, 2000. 291+xiv S. ISBN 3-527-30262-X. DM 48,70.

Moderne Chemie in Fallstudien, als Bericht über menschliche Erfindungsgabe, von Zufällen, Rückschlägen und (un)geplanten Erfolgen darzustellen, war die Aufgabe für junge Wissenschaftsjournalisten und Forscher. Chemie darzustellen, die es vor 50 Jahren noch nicht gab, sollte einen Eindruck des rasanten Fortschritts geben und den alten Spruch "Chemie ist, wo es stinkt und kracht" widerlegen. Dabei reicht das Spektrum der Beiträge von Membranen zur Dialyse und Meerwasserentsal-

zung über Druckfolien zu Flüssigkristallen und Genanalyse mittels PCR, die nicht nur die Kriminalistik revolutioniert hat.

Das Buch vermittelt einen lebendigen Einblick in Forschung und technische Anwendung. Es sollte auch für interessierte Schüler lesbar sein und gibt jedenfalls Lehrkräften interessante Hintergrundinformationen. Wie bei vielen Büchern heute hätte man sich ein kräftigeres Korrekturlesen gewünscht. Gelegentliche physikalische Missverständnisse wird man Chemieberichten verzeihen dürfen. So ist die Lichtleistung einer Glühlampe, deren Glühfaden etwa 2500°C heiß ist, nicht wegen der Erwärmung der Lampe so gering, sondern da nur ein kleiner Teil des Spektrums der abgestrahlten Wellen in den optischen Bereich fällt.

Insgesamt jedoch eine empfehlenswerte Lektüre mit vielen praktischen Beispielen und "Geschichten" für den Unterricht!

H. Kühnelt

"In Mathe war ich immer schlecht..."

Albrecht Beutelspacher

Vieweg Verlag Braunschweig/Wiesbaden 2001. XII + 151 S., brosch., öS 234,-. ISBN 3-528-26783-6.

"Wissen Sie, in Mathe war ich immer schlecht ... und deswegen würde mich eigentlich interessieren, was Sie so machen." bekam der Autor bei einer Party von einer jungen Dame zu hören, worauf er sich hinsetzte und seine schon gelegentlich skizzierten unkonventionellen Gedanken zu einem unterhaltenden Potpourri ausarbeitete, das Liebhabern und Hassern der Mathematik Lesefutter und Stoff zum Nachdenken in leicht genießbarer Form geben sollte. In fünf Abschnitten

- Was ist Mathematik? oder der Versuch der Beschreibung des Unbeschreiblichen
- Mathematik von außen betrachtet oder Wir nähern uns der Sache ganz behutsam
- Wir machen Mathematik oder Keine Angst!
- Mathematiker oder Was sind wir für Menschen?
- Angewandte Mathematik oder Warum und wie?

möchte Beutelspacher vermitteln, dass Mathematik interessanter ist, als die zwangsweise Beschäftigung in der Schule vermuten lässt. Dabei ist seine Maxime: Zuerst die Mathematik, dann die Formeln - also Mathematik als verfeinerte Form des logischen Denkens, aber der Kalkül ist ein nützliches Werkzeug. Oder: M ist eine Weise, die Welt zu erfahren, ist ein Werkzeug, um die Welt zu beschreiben, ist der Versuch, logische Strukturen zu entdecken, ist eine Sammlung von Ideen und vieles mehr.

Recht amüsant, aber doch zum Nachdenken und zur Frage anregend, ob es nur in der Mathematik so zugeht, sind Beutelspachers Betrachtungen zu Seminarvorträgen anlässlich der Komplimente, die ihm Fachkollegen machten, als er aus Zeitnot einen für Maturanten konzipierten Vortrag im Mathematischen Kolloquium wiederholte: "Endlich habe ich verstanden, ...".

Auch wenn Hasser kaum zu bekehren sein werden, wohlmeinende Suchende nach dem Sinn der Befassung mit Mathematik - und darunter dürften wohl alle Leser dieser Rubrik fallen - werden mit Genuss ihren Blick erweitern und Anregungen für den Unterricht erhalten.

H. Kühnelt