

ARBEITSKREIS BAYERISCHER PHYSIKDIDAKTIKER

BEITRAG AUS DER REIHE:

Werner B. Schneider (Hrsg.)

Wege in der Physikdidaktik

Band 2

Anregungen für Unterricht und Lehre

ISBN 3 - 7896 - 0100 - 4

Verlag Palm & Enke, Erlangen 1991

Anmerkung:

Die Bände 1 bis 5 sind (Ausnahme Band 5) im Buchhandel vergriffen.
Die einzelnen Beiträge stehen jedoch auf der Homepage

<http://www.solstice.de>

zum freien Herunterladen zur Verfügung.
Das Copyright liegt bei den Autoren und Herausgebern.
Zum privaten Gebrauch dürfen die Beiträge unter Angabe der Quelle
genutzt werden. Auf der Homepage
www.solstice.de
werden noch weitere Materialien zur Verfügung gestellt.

Walter Klinger

Die Bedeutung allgemeindidaktischer Unterrichtsprinzipien für den Physikunterricht

1. Vorbemerkung

Es ist erschreckend und frustrierend zugleich, welche magere Ergebnisse jahrelanger Physikunterricht hervorbringt, trotz redlicher Mühe und vollem Einsatz des Lehrers. Eingehende Untersuchungen /1,2,3/ zeigen immer wieder, daß sich Äußerungen der Schüler zu naturwissenschaftlichen Phänomenen und Sachverhalten vor und nach dem Unterricht nicht wesentlich unterscheiden, daß naturwissenschaftlicher Unterricht sämtlicher Schularten an den Schülern in der Regel fast spurlos vorübergeht. Für diese Tatsache sind mehrere Gründe verantwortlich. Eine wichtige Ursache dafür liegt in der Wissenschaft selbst. Denn Physikunterricht verführt leicht zu übertriebener Fachsystematik, zu abstrakten Formulierungen in fachspezifischer Sprache, zu unnötiger Mathematisierung der Sachverhalte. Hinzu kommt der Zeitdruck durch überfüllte Lehrpläne, der eine Verinnerlichung, eine Vertiefung und Verankerung des Gelernten verhindert.

Die überaus starke Hinwendung zu einer - aus heutiger Sicht - unangemessenen Wissenschaftsorientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist die Reaktion der westlichen Welt auf den Sputnikschock der ausgehenden fünfziger Jahre. Die Angst, in Naturwissenschaft und Technik überflügelt zu werden, brachte neben einer eingehenden Revision der Physik- und Chemielehrpläne für Gymnasien und Realschulen vor allem auch im Bereich der Grund- und Hauptschulen eine starke Intensivierung der naturwissenschaftlichen Lehre. Die überaus starke Betonung der Wissenschaftlichkeit im Unterricht hat vielfach dazu geführt, daß altbewährte Unterrichtsgrundsätze wie das Unterrichtsprinzip der Anschauung, der Schüleraktivität, der Individualität, der Lebensnähe und der Ergebnissicherung /4/ zugunsten des Unterrichtsprinzips der Wissenschaftlichkeit (Sachgemäßheit) oft allzu stark in den Hintergrund treten. Doch diese Prinzipien, die sich im Laufe der Geschichte der Pädagogik als unverzichtbar herauskristallisiert haben, müssen jeder ernsthaften Unterrichtsarbeit zugrunde liegen, und zwar unabhängig von Schulart, Jahrgangsstufe, Form und Aufbau der Unterrichtseinheit. Ihre Mißachtung zieht unweigerlich unterrichtlichen Mißerfolg nach sich. Ohne Beachtung nur eines dieser Prinzipien wird auch im Physikunterricht am Schüler vorbeiuunterrichtet.

Im folgenden soll untersucht werden, welche fachspezifischen Möglichkeiten es gibt, die genannten Unterrichtsgrundsätze im Physikunterricht verwirklichen zu können. Dabei darf nicht übersehen werden, daß diese Prinzipien nicht isoliert nebeneinander stehen. Im konkreten Fall bedingen, ergänzen und überschneiden sie sich vielmehr gegenseitig mehr oder weniger stark. So kann z.B. die Forderung nach kindgemäßem Unterricht (Prinzip der Individualisierung) ohne Beachtung der Prinzipien Anschaulichkeit, Schüleraktivität und Lebensnähe nicht verwirklicht werden, oder lebensnaher Unterricht ist vielfach zugleich auch anschaulicher Unterricht.

2. Alles allen Sinnen

Die Bedeutung, die dem Anschauungsprinzip beigemessen wird, leitet sich von der Einsicht ab, daß wirkliche Erkenntnis nur über den Weg der Anschauung erworben werden kann. Bereits für Pestalozzi stellte die Anschauung das absolute Fundament aller Erkenntnis dar.

2.1 Äußere und innere Anschauung

Für den Physikunterricht - ganz gleich welcher Schulart - ergibt sich aus dem Prinzip der Anschauung zunächst die Aufgabe, physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse, die vom Naturwissenschaftler gewöhnlich in der unanschaulich abstrakten Formelsprache der Mathematik ausgedrückt werden, wieder in eine leicht faßliche, elementare, mit dem Gegenständlichen verbundene Form zurückzutransformieren. Naturwissenschaftlicher Unterricht muß also so angelegt sein, daß der Schüler die Naturphänomene in ihrer Unmittelbarkeit möglichst mit all seinen Sinnen erlebt und aus *eigener* Anschauung heraus erfährt. Erst dann kann er langsam und stufenweise vom Gegenständlichen weg zu höheren Graden der Abstraktion gelangen. Für diese Prozesse sind die "*äußere Anschauung*", d. h. das eigentliche visuelle Sehen sowie die Wahrnehmung mit den übrigen Sinnen (Hören, Fühlen, Schmecken, Riechen) und die "*innere Anschauung*", d. h. das Sich-etwas-vorstellen-können, das Erleben, Innewerden und Erfahren, gleichermaßen von Bedeutung.

Unter diesem Aspekt kommt der veranschaulichenden Darstellung der physikalischen Sachverhalte im Unterricht viel größere Bedeutung zu als schlechthin angenommen wird. Nur die intensive, hautnahe, möglichst viele Sinne umfassende Wahrnehmung eines physikalischen Phänomens schafft die Voraussetzung, daß sich die Sachverhalte dem Schüler tief einprägen und ihn zu weiteren Fragen angeregen. In diesem Sinne verstößt es gegen das Prinzip der Anschauung, wenn Anschauungsmaterialien der Klasse vom Lehrer nur frontal vorgestellt werden oder wenn ein einzelner Schüler etwa die Eigenschaften eines Stoffes wie Härte, Gewicht, Farbe, Geruch, Geschmack usw. prüft und *seine* Wahrnehmungen stellvertretend der restlichen Klasse mitteilt.

Damit die vom Lehrer intendierte Sachbegegnung für den Prozeß der Erkenntnisgewinnung voll genutzt werden kann, muß der Schüler lernen, die Techniken der äußeren und inneren Anschauung zu beherrschen. Dazu muß der Lehrer den Schüler ständig anhalten, Sachverhalte mit seinen Sinnen möglichst genau zu erfassen, seine Wahrnehmungen zu verbalisieren und einer Reflexion zu unterziehen. Im Physikunterricht kommt der Technik der kritischen Sinneswahrnehmung besondere Bedeutung zu, weil sie Grundlage und Vorstufe des physikalischen Messens darstellt. Wer nicht kritisch beobachten kann, wird kaum brauchbare Meßresultate erhalten. Immer wieder kann im Unterricht beobachtet werden, daß Schüler besonders in den jüngeren Jahrgangsstufen sehr eifrig Dinge betrachten und an der Durchführung eines Experiments interessiert mitwirken, letztlich aber doch nichts, etwas völlig Falsches oder sogar Nicht-Vorhandenes "beobachten". So wurde z.B. im Rahmen einer Optikstunde von sämtlichen Schülern im nachhinein behauptet, das von einer Kameralinse auf einer Mattscheibe entworfene Bild, das jeder einzelne Schüler genau betrachtet hatte, sei nicht farbig sondern schwarz-weiß. Solche Beispiele zeigen, daß die Kunst der kritischen Sinneswahrnehmung nur durch beharrliches, jahrelanges Üben eine gewisse Vollkommenheit erreichen kann.

2.2 Veranschaulichung durch das Experiment

Das Prinzip der Anschauung ist in all jenen Bereichen der Physik relativ einfach zu verwirklichen, die sich mit der Untersuchung makroskopischer Phänomene befassen. Hier stellt das Experimentiergerät das klassische Mittel der Veranschaulichung dar. Dem Prinzip der Anschauung wird aber nur dann entsprochen, wenn auf folgende Punkte geachtet wird: Der Versuchsaufbau muß so einfach und übersichtlich wie möglich gestaltet werden. Der Schüler muß Zweck und Funktionsweise der einzelnen Komponenten der Apparatur erkannt und verstanden haben. Dies wird sehr erleichtert, wenn die Versuchsanordnung gemeinsam mit dem Schüler geplant

und dann von ihm selbst oder doch vor seinen Augen aus den Einzelteilen aufgebaut wird. Ist dies nicht möglich, so muß die Apparatur vor der Durchführung des Experiments im Detail besprochen werden. Besonders in den unteren Jahrgangsstufen dient der Einsatz bereits bekannter Bauteile sowie die Verwendung von Konstruktionselementen aus dem Alltagsleben der Anschaulichkeit. So wirkt etwa im Bereich der Bewegungslehre die Verwendung einer Spielzeugeisenbahn oder von Spielzeugautos und einer Stoppuhr wesentlich anschaulicher als eine Luftkissenfahrbahn mit Lichtschranken und Meßwerterfassungssystem.

Ein Experiment sollte stets mehrfach wiederholt werden, denn es ist unmöglich, bei einmaligem Ablauf sämtliche Einzelheiten gleichzeitig wahrzunehmen. Auch Freihandversuche können hier etwa als Vorversuche wesentlich zur Förderung der Anschauung beitragen.

2.3 Modelle und Modellvorstellungen

Zur Beschreibung und Deutung physikalischer Vorgänge und Sachverhalte macht sich der Fachwissenschaftler Modellvorstellungen. Modelle sind Abbildungen der meist sehr komplexen Wirklichkeit auf einfacher strukturierte Gebilde, welche die wesentlichen Strukturelemente und Eigenschaften des Originals wiedergeben. Modelle sind somit Bilder der inneren Anschauung. Sie dienen der Veranschaulichung eines Sachverhalts, sie vereinfachen und elementarisieren ihn, sie machen ihn gedanklich faßbar und damit auch einer mathematischen Behandlung leichter zugänglich.

Im naturwissenschaftlichen Unterricht ist man auf solche Modellvorstellungen in gleichem Maße wie in der Forschung angewiesen. Nur wenn entsprechende Bilder der inneren Anschauung entwickelt und vermittelt werden, kann der Schüler zu einem tiefergehenden Verständnis physikalischer Phänomene, kann er zu wirklich naturwissenschaftlicher Erkenntnis geführt werden. Eine wirksame Unterstützung und Erleichterung erfährt dieser Prozeß im Unterricht dadurch, daß die bildhaften, theoretischen Vorstellungen der Wissenschaft durch makroskopische, konkret-gegenständliche Modelle dargestellt und als Anschauungsmaterial eingesetzt werden (z.B. Atom- und Molekülmodelle, Kristallgittermodelle, Modellgas zur Darstellung der kinetischen Gastheorie u.a.m.).

Große Bedeutung für die Förderung der Anschauung haben im Physikunterricht eine Reihe weiterer Arten von Modellen: So werden z.B. *Analogiemodelle* (etwa das Wasserkreislaufmodell in Analogie zum Stromkreis) eingesetzt, um Phänomene leichter faßbar zu machen, die einer direkten sinnlichen Wahrnehmung unzugänglich sind. *Ähnlichkeitsmodelle* zeigen ein Objekt in maßstabsgetreu verkleinerter Form, so daß daran physikalische Gesetzmäßigkeiten untersucht werden können (z.B. Strömungsverhältnisse an Fahrzeugmodellen im Strömungskanal, Kräfteverhältnisse und Temperatureffekte am Brückenmodell, Auftriebsverhalten am Flugzeugtragflächenmodell, Rückstoßprinzip an einem Raketenmodell). An *Funktionsmodellen* läßt sich der funktionale Ablauf eines Vorgangs in klarer, elementarisierter Weise erkennen und untersuchen (z.B. Motorschnittmodell, Warmwasserheizungsmodell, Generatormodell usw.; hierher gehören auch Folientransparente mit beweglichen Teilen für den Tageslichtprojektor etwa zur Funktionsdarstellung eines Getriebes).

2.4 Anschauung durch ikonische Repräsentation

Weitere Möglichkeiten der Veranschaulichung, die überdies die naturwissenschaftliche Arbeitsweise wieder spiegeln und schon deshalb zum unabdingbaren Repertoire des Physikunterrichts gehören, bietet der Einsatz

von Skizzen, schematischen Darstellungen, die Verwendung von Symbolen und graphischen Darstellungen.

Physiker im Bereich der Forschung greifen, wann immer sie über ein physikalisches Problem diskutieren, zu Stift und Papier, um die Sachverhalte durch einfache Skizzen anschaulich darzulegen, um ihre abstrakten Gedankengänge durch schematische oder graphische Darstellungen zu veranschaulichen und daher leichter denkbar zu machen. Auch im naturwissenschaftlichen Unterricht sollte diese Art der Veranschaulichung viel häufiger genutzt werden. Denn oftmals wird auch einem Schüler erst bewußt, was er eigentlich meint, wenn er gezwungen ist, seine Gedanken und Vorstellungen anschaulich in einer Skizze niederzulegen. Durch den Einsatz von Skizzen, bildlichen Darstellungen und schematischen Zeichnungen wird Austausch und Vermittlung physikalischer Vorstellungen ganz erheblich erleichtert und präzisiert. Aus diesem Grunde dürfen dem Schüler im Physikunterricht Beschreibungen von Sachverhalten und insbesondere Versuchsanordnungen nicht ohne Skizzen oder bildhafte Darstellungen zugemutet werden.

Schematische Darstellungen helfen vor allem, daß komplexe, unübersichtliche, dreidimensionale Anordnungen (wie etwa elektrische Schaltungen) sowie abstrakte Vorgänge (wie z.B. die Kernspaltung) in übersichtlicher Weise visuell erfaßt werden können. Hier muß vom Schüler besonders die gedankliche Umsetzung vom Gegenständlich-Dreidimensionalen ins Abstrakt-Zweidimensionale und umgekehrt eingeübt werden. Dies fördert die geistige Beweglichkeit und die innere Anschauung, es schult das Abstraktionsvermögen des Schülers.

Auch die Verwendung von Symbolen (elektrische Schaltzeichen, chemische Symbole, mathematische Formelzeichen usw.) trägt zur übersichtlichen Darstellung eines Sachverhaltes und somit zur Veranschaulichung bei, allerdings auf einer abstrakteren Ebene.

Es ist eine mühsame, meist unlösbare Aufgabe, unmittelbar aus dem Zahlenmaterial einer Meßreihe ein Naturgesetz herauszulesen. Werden die Wertepaare einer Messung jedoch graphisch aufgetragen, d. h. bildhaft anschaulich dargestellt, so erkennt man oft mit einem einzigen Blick, welche Gesetzmäßigkeit den Meßwerten zugrundeliegt. Graphische Darstellungen sind daher auch für den Physiklehrer ein unentbehrliches Mittel zur Veranschaulichung von Zahlenmaterial und zur Aufdeckung von funktionalen Zusammenhänge physikalischer Größen.

Neben den bisher besprochenen, vorwiegend fachspezifischen Möglichkeiten zur ikonischen Repräsentation kann die Anschauung auch im Physikunterricht nicht zuletzt durch Medien wie Photographien, Bildtafeln, Dias, Filme, Transparente usw. stark gefördert werden.

Abschließend soll noch auf einen wichtigen Gesichtspunkt hingewiesen werden:

Bildhafte (ikonische) Darstellungen dienen nicht nur der leichteren Faßbarkeit, dem besseren Verständnis und der Anschauung; sie bewirken auch, daß Sachverhalte und Gesetzmäßigkeiten sehr viel besser im Gedächtnis haften bleiben, als das durch rein verbale Aussagen und Formulierungen möglich wäre.

3. Durch Selbsttätigkeit zur Selbständigkeit

Das Unterrichtsprinzip der Schüleraktivität verlangt mit Nachdruck, daß der Schüler in möglichst hohem Maße aktiv und selbständig am Unterrichtsgeschehen und beim Lernvorgang beteiligt werden muß.

Es herrscht häufig die irrtümliche Auffassung, daß unter Schüleraktivität ausschließlich manuelle Tätigkeiten,

das bloße Hantieren des Schülers, zu verstehen ist. Der Begriff der Schüleraktivität umfaßt weit mehr, er schließt den Bereich der *physischen* Tätigkeiten ebenso ein wie den der *geistigen* Aktivitäten.

3.1 Schüleraktivität durch experimentelles Handeln

Im Physikunterricht denkt man bei der Verwirklichung des Prinzips der Schüleraktivität zunächst vornehmlich an die Durchführung von Schülerexperimenten. Geht doch hier die Forderung nach fachspezifischer und fachgerechter Arbeitsweise mit dem Aktivitätsprinzip gleichsam eine ideale Symbiose ein. Denn das Experiment steht auf dem Weg zur naturwissenschaftlichen Erkenntnis im Mittelpunkt. Es stellt die gezielte, unmittelbare, individuelle Auseinandersetzung des Experimentators mit einem Phänomen der Natur dar. Die durch ungegängelt, eigenständiges Beobachten, durch eigenhändiges Experimentieren und Registrieren an einem physikalischen Sachverhalt selbstgewonnene Erfahrung ist hinsichtlich ihres Erkenntniswertes durch nichts zu ersetzen. Fachspezifisches Arbeiten aus dieser Sicht fordert damit: *Schüler müssen selbst experimentieren.*

Schülerexperimente können dabei vom Lehrer an den verschiedensten Stellen des Unterrichtsablaufs und mit sehr unterschiedlicher Zielsetzung eingesetzt werden. So besteht z.B. die Möglichkeit, den Schülerversuch zur Phänomendarstellung, als Teil der Problemlösungsstrategie oder zur Veranschaulichung und Bestätigung von Fakten im darstellend-entwickelnden Unterricht heranzuziehen. Der Schülerversuch kann aber auch als Übungsform zum Erwerb von experimentellen Fähigkeiten und Techniken, zur Einübung und Vertiefung erarbeiteter Erkenntnisse sowie bei der Anwendung physikalischer Gesetzmäßigkeiten im technischen Bereich dienen /5/. In allen Fällen ist vom Lehrer darauf zu achten, daß der Schüler exakte Anweisungen für die auszuführenden experimentellen Tätigkeiten erhält, daß er die Zielsetzung seines Handelns genau verstanden hat und die gestellten Aufgaben zielstrebig ausführt. Andernfalls besteht die Gefahr, daß die Schüleraktivität zur unfruchtbaren Geschäftigkeit und zum sinnlosen Herumhantieren entartet.

Der Lehrer kann bei der Durchführung von Schülerexperimenten stark entlastet werden, wenn die Schüler sukzessive dazu erzogen werden, Versuchsgeräte selbständig auf- und abzubauen, gegebenenfalls zu reinigen und in die Schränke einzuordnen. Die Ausübung solcher Tätigkeiten unterstützt die Gerätekenntnis sowie den sorgsamen, verantwortungsbewußten Umgang mit dem Experimentiermaterial.

Es gibt noch immer Schulen, die nicht hinreichend gut mit Schülerexperimentiergeräten ausgestattet sind, so daß die Entscheidung zwischen dem Einsatz eines Lehrerdemonstrationsexperiments oder eines Schülerversuchs nicht allein auf der Ebene didaktischer Erwägungen gefällt werden kann. In solchen Fällen läßt sich das Prinzip der Schüleraktivität durch die Ausführung von Gemeinschaftsexperimenten hinlänglich gut verwirklichen.

Zweckmäßige Sitzordnung ist beim Gemeinschaftsexperiment der sog. "Schülerkreis", d. h. eine Gruppierung der Schüler unmittelbar um den Experimentiertisch herum; denn nur so sind sie nahe genug, um das experimentelle Geschehen genau verfolgen zu können. Unter der Anleitung des Lehrers erfolgt Aufbau und Durchführung des Versuchs sowie die Protokollierung der Meßergebnisse an der Tafel weitgehend selbständig und selbsttätig durch einzelne Schüler, die sich jedoch bei diesen Tätigkeiten abwechseln. Die gerade nicht manuell beschäftigten Schüler können dabei geistige Aktivität entwickeln, indem sie das Tun der experimentierenden Schüler aufmerksam und kritisch verfolgen, durch Ratschläge helfen, die ausgeführten Tätigkeiten kommentieren sowie ihre Beobachtungen genau beschreiben. Das Mitwirken aller Schüler am gemeinsamen Experiment und die Aussicht, selbst tätig werden zu dürfen, wirkt erfahrungsgemäß stark motivierend. Es fördert außerdem die

Konzentration auf den Ablauf des experimentellen Geschehens; denn nur, wer diesen aktiv mitdenkend verfolgt, wird auch in der Lage sein, einen Mitschüler kurzfristig beim Experimentieren oder Protokollieren abzulösen.

3.2 Schüleraktivität durch enaktive Repräsentation

Betrachtet man das Prinzip der Schüleraktivität aus dem Blickwinkel der enaktiven Repräsentation, d. h. also aus dem Blickwinkel des Erwerbs von Wissen durch handelnden Umgang mit dem Lehrgegenstand /6/, so verlangt die Realisierung dieses Prinzips im Physikunterricht mehr als nur die Durchführung von Schüler- oder Gemeinschaftsexperimenten. Vor allem stark haptisch ausgerichteten Schülern sollte möglichst häufig die Gelegenheit gegeben werden, visuell Erfasstes durch Umsetzung ins Motorische zu festigen. So können beispielsweise magnetische Feldlinien im Eisenfeilichtbild auf der Projektionsleinwand des Tageslichtprojektors mit dem Zeigestock nachgefahren werden oder Stromwege in elektrischen Schaltkreisen mit dem Finger verfolgt werden. Versuchs- und Schaltskizzen sind vom Schüler grundsätzlich abzuzeichnen, soweit er sie nicht selbst entworfen hat. Ebenso sollte er graphische Darstellungen selbst anfertigen. Fachausdrücke müssen eigenhändig geschrieben werden. Auch bei der Gestaltung und Anfertigung der Tafelanschriften, z.B. bei der Fixierung von Meßwerten, beim Anschreiben von Formeln, von Teilzusammenfassungen und Unterrichtsergebnissen können Schüler in nicht unerheblichem Maße aktiv mitwirken.

Der Lehrer sollte sich in diesem Zusammenhang nicht scheuen, schwierige Fachwörter - auch in höheren Jahrgangsstufen - wenigstens einmal von jedem Schüler deutlich aussprechen zu lassen; denn viele dieser wissenschaftlichen Termini, wie z.B. Aneroidbarometer, Desakkommodation, Bleiakкумуляtor, Hydroxidionen und viele, viele andere mehr, sind für Schüler vor allem der Sekundarstufe I wahre Zungenbrecher.

Zur enaktiven Representation des Lehrgegenstandes gehört auch, daß Anschauungsmaterialien vom Schüler in die Hand genommen werden dürfen, um deren Form, Gewicht oder Härte zu erfassen (vgl. auch Ausführungen zum Prinzip der Anschauung in Abschnitt 2).

3.3 Selbsttätigkeit im kognitiven Bereich

Neben der bisher betrachteten, hauptsächlich im psychomotorischen Bereich angesiedelten Schüleraktivität kommt der Selbsttätigkeit im vorwiegend kognitiven Bereich nicht weniger große Bedeutung zu. Naturwissenschaftliche Erkenntnisse, Verständnis und Einsichten in Zusammenhänge erlangt der Mensch nur, wenn er sich geistig aktiv mit entsprechenden Sachverhalten auseinandersetzt, wenn er bereits Erforschtes nicht einfach unbesehen übernimmt und im Gedächtnis abspeichert, sondern wenn er den Weg, der zur Erkenntnis führt, *selbst* nachgeht, "nach"denkt und nachvollzieht.

Diese geistig aktive Auseinandersetzung mit dem Lehrgegenstand beginnt im Physikunterricht bereits bei der Formulierung des Problems. Es ist ein didaktischer Kunstfehler, wenn die Problemfrage dem Schüler vom Lehrer fertig formuliert vorgesetzt wird. Selten ist dann der Schüler in der Lage, sich das Problem zu eigen zu machen. Erst wenn ihm hinreichend Gelegenheit gegeben wird, sich denkend selbst ein Bild von der Sachlage zu machen und seine Gedanken in Worte zu fassen, wird er das "frag"würdige an einem Sachverhalt, an einem Phänomen so klar erkennen können, daß er weiterfragt und versucht, auf seinem Erfahrungshintergrund Lösungsmöglichkeiten, d. h. Hypothesen zu finden.

Im Artikulationsschritt der Problemformulierung ist der für den Schüler notwendige geistige Freiraum in der

Regel durch die Aktionsform des zusammenwirkenden Unterrichts zu schaffen; denn gewöhnlich ist hier eine starke Führung des Lehrers notwendig. Die Gründe dafür sind vielfältig: Besonders jüngere Schüler beherrschen die Techniken der rational-objektiven Auseinandersetzung mit einem Naturphänomen nicht oder nur unvollkommen. Oftmals übersehen sie gerade den Effekt, auf den es ankommt und widmen ihre Aufmerksamkeit Nebensächlichkeiten. Sie "sehen" Dinge, die nicht vorhanden sind. Sie projizieren andere Erfahrungen unterschwellig in die Beschreibung ihrer Beobachtungen und sind oft nur schwer von ihrem Irrtum abzubringen. Sie sind nur in begrenztem Maße fähig, Größenanordnungen abzuschätzen und Kausalketten zu erfassen. Sie leiden an Begriffsarmut und Begriffsunsicherheit (z.B. Verwechslung gleichklingender Namen wie Elektronen - Elektroden; Natrium - Natron, oder Schwierigkeit beim Auseinanderhalten ähnlicher Sachverhalte wie Elektron und negatives Ion; Proton und Neutron, usw.). Sie beginnen bereits mit der Meinungsbildung, sind mit vorschnellen, unreflektierten Urteilen bei der Hand, noch ehe die Sachverhalte richtig erkannt worden sind. Hier muß der Lehrer immer wieder behutsam eingreifen, Denkanstöße geben, lenken und anleiten. Nur so wird die Klasse zum Verständnis der Problematik vorstoßen können.

In der Stufe der Meinungsbildung hingegen kann und sollte sich der Drang des Schülers nach freier Meinungsäußerung, nach Erklärungen und Deutung für die beobachteten Phänomene voll entfalten können, jetzt muß er seiner Phantasie, Intuition, Kreativität und Kombinationsgabe freien Lauf lassen dürfen. Neben zusammenwirkendem Unterricht kommt hier vor allem Gruppenarbeit - seltener Einzelarbeit - als Aktionsform in Frage. Schüleraktivität in dieser Phase des Unterrichts ist nicht nur für die Entwicklung und Förderung geistiger Fähigkeiten wie Phantasie, Kreativität und Kombinationsvermögen des Schülers sehr wichtig. Denn Hypothesen stellen Deduktionen aus dem in Jahren gewachsenen Erfahrungshintergrund der Menschen dar. Schülervorstellungen zu einer bestimmten physikalischen Fragestellung geben dem Lehrer daher wichtige Hinweise, an welcher Stelle mit Lernschwierigkeiten zu rechnen ist, welche Bilder und Vorstellungen geändert oder gar durch andere ersetzt werden müssen. Naturwissenschaftlicher Unterricht kann letztendlich nur dann als erfolgreich gelten, wenn es gelingt, unzutreffende Schülervorstellungen nicht zu verdrängen oder nur zu überlagern, sondern sie durch fachwissenschaftlich einwandfreie Vorstellungen zu ersetzen.

Auch in der Phase der Planung eines Experiments ist die aktiv geistige Beteiligung des Schülers möglich und notwendig. Nicht selten ist unterrichtlicher Mißerfolg bei der Verarbeitung der Ergebnisse eines Experiments darauf zurückzuführen, daß dem Schüler nach der Stufe der Meinungsbildung unversehens eine fertige Experimentieranordnung vorgesetzt wird, deren Sinn und Zweck unklar ist, deren Bezug zur Problemfrage und den Hypothesen im Dunkeln bleibt. Auch eine noch so gute nachträgliche Erklärung der Apparatur ersetzt nicht das eigene Nachdenken, Kombinieren und Konstruieren. Das für die Entwicklung der inneren Anschauung so wichtige Wechselspiel zwischen schematisch-abstraktem Denken und konkret-gegenständlicher Realisierung (vgl. Abschnitt 2) kann an dieser Stelle ausgiebig geübt werden.

Als Aktionsform kann in der Unterrichtsphase des Planen immer dann Kleingruppenarbeit gewählt werden, wenn der Schüler bereits bekannte Geräte und vertraute Meßverfahren in ähnlicher Weise benutzen kann. Ist etwa in der Elektrizitätslehre der Elektromagnet eingeführt, so sind die Schüler imstande, funktionstüchtige Schaltskizzen z.B. für den Magnetkran, das Relais als "Schalter mit Fernbedienung" oder gar für den sich selbst unterbrechenden Stromkreis (Wagnerscher Hammer) zu entwickeln. In allen Fällen, in denen neue Meßgeräte, neue Arbeitsverfahren, unbekannte Bauteile oder komplexe Anordnungen bekannter Konstruktionselemente

verwendet werden müssen, ist das fragend-entwickelnde Unterrichtsgespräch als Unterrichtsform zu wählen.

Große Bedeutung für den Unterrichtserfolg hat das Prinzip der Schüler selbsttätigkeit im geistigen Bereich auch für die Erarbeitung und Formulierung der Ergebnisse. Experimente liefern nur Aussagen, die den Charakter von Feststellungen in sich tragen. Sie sind deshalb meist noch keine naturwissenschaftlichen Erkenntnisse im eigentlichen Sinn. Erst durch Interpretation, durch folgernde Schlüsse und Abstraktion werden sie dazu. Geistige Fähigkeiten, wie systematisches Einordnen; sachliches Schließen; vom unmittelbar Anschaulichen zu abstrahieren und zu verallgemeinern; Ergebnisse auf andere, ähnlich gelagerte Fälle zu übertragen, gehören zu den höchsten geistigen Leistungen, die der Mensch vollbringen kann. Nur wenn der Schüler immer und immer wieder angehalten wird, in dieser Phase des Unterrichts eigenständig zu denken, wenn er nach eigenen Formulierungen ringen muß, wenn er gezwungen ist, sein Denken und Erkennen selbst klar und eindeutig in Worte zu fassen, nimmt er - wenn auch in bescheidenem Rahmen - an der großen, geistigen Auseinandersetzung teil, die allein zu echtem naturwissenschaftlichen Verständnis führt. Wie schon bei der Meinungsbildung können auch hier die Bemühungen der Schüler um eine eigenständige Analyse der Versuchsergebnisse, können ihre unbeholfenen, oft unzulänglichen Resultate bei der Formulierung naturwissenschaftlicher Aussagen dem Lehrer wertvolle Hinweise auf Lernhindernisse und Verständnisschwierigkeiten geben.

Nicht zuletzt muß noch auf eine andere unverzichtbare Auswirkung der Realisierung des Prinzips der Schüleraktivität im Physikunterricht, hingewiesen werden: Selbsttätigkeit motiviert den Schüler im psychomotorischen ebenso wie im kognitiven Bereich, sie regt ihn zu intensiverer Mitarbeit an, lockert den Unterricht auf und trägt so entscheidend zum Unterrichtserfolg bei.

4. Non scholae, sed vitae discimus

Das Prinzip der Lebensnähe erweist sich bei genauerer Reflexion als vielschichtig. Einerseits stellt sich die Frage nach der stofflichen Lebensnähe, nach der Lebensnähe im Schul- und Klassenleben sowie nach der Lebensnähe der Unterrichts- und Bildungsformen. Andererseits ist die Frage zu klären, was Lebensnähe im Blick auf den Unterrichtsgegenstand von der Sicht des Kindes aus bedeutet [7].

"Nicht für die Schule, sondern für das Leben lernen wir!" So einleuchtend dieser Slogan für jedermann auch klingen mag, die Schulwirklichkeit zeigt, daß im naturwissenschaftlichen Unterricht die Forderung nach Lebensnähe oftmals in Vergessenheit gerät. Zu groß und erdrückend ist die Fülle der viel zu vielen "wichtigen" Einzelheiten, die unterrichtet werden sollen, und zu verlockend ist die Versuchung, sich gerade im Fach Physik zu fachsystematischem Vorgehen verleiten zu lassen.

Will man unter Lebensnähe die Bezogenheit auf den unmittelbaren Lebensbereich des Schülers verstehen, so wird man zunächst einmal feststellen müssen, daß sich die *reine* Wissenschaftsdisziplin Physik in höchst abstrakten Räumen bewegt, die im allgemeinen keinen *direkten* Bezug zu den Lebensbereichen des normalen Menschen haben. Sie sind lebensfern per se. Ihre Fragestellungen orientieren sich gewöhnlich nicht am Alltagsleben. Allenfalls in der Industrieforschung kann ein gewisser Lebensbezug vorhanden sein, da hier utilitaristische und kommerzielle Gesichtspunkte eine Rolle spielen müssen. Unterrichtsstoffe aus dem Gebiet der Physik werden demnach sehr häufig ebenfalls keinen unmittelbar aktuellen Lebensbezug haben. Die Verwirklichung des Unterrichtsgrundsatzes der Lebensnähe erfordert daher die bewußte Herstellung eines Lebensbezugs

zu den Lerninhalten des Physikunterrichts.

4.1 Allgemeinpädagogische Maßnahmen zur Schaffung von Lebensnähe im Physikunterricht

Es gibt ein ganzes Spektrum von allgemeinpädagogischen Maßnahmen, die - fachdidaktisch richtig interpretiert und angewandt - auch im naturwissenschaftlichen Unterricht für eine lebensnahe Gestaltung des Unterrichts sorgen können.

Zunächst sollte naturwissenschaftlicher Unterricht nicht abstrakt und fachsystematisch aufgebaut werden. Sprache, Bezeichnungen, Sprechweisen und Formulierungen dürfen sich nur allmählich vom Umgangssprachlichen lösen und hin zur physikalisch-fachsprachlichen Ausdrucksweise entwickeln. Die Stoffauswahl muß sich an der Lebenswelt des Kindes orientieren. Insbesondere muß beachtet werden, daß Kinder ihre Umwelt integrativ erleben, daß ihnen diese also nicht in den Kategorien verschiedener Fachwissenschaften gegenübertritt. Für das Grundschulkind ist diese Tatsache weitgehend akzeptiert. Sie trifft aber im großen und ganzen auch für Schüler der Sekundarstufe I zu, die i. a. überfordert sind, eine Integration des in den einzelnen Fächern Gelernten selbst zu vollziehen. Lebensnaher Physikunterricht sollte demnach auch integrativer Unterricht sein, er sollte - wann immer möglich - Ver- und Anknüpfungspunkte zu anderen Fächern suchen und vertiefen. Er sollte sich vor allem auch den jeweiligen Kernproblemen der Gegenwart, wie etwa Umwelt- und Energiefragen, Raumfahrt, atomare Bedrohung oder auch Rationalisierung durch Mikroelektronik usw. öffnen. Das sind lebenswichtige Gegenwartsfragen, die aber nur im Zusammenwirken mehrerer Fächer behandelt werden können.

Am Beginn einer Unterrichtsstunde steht als "Motivation" noch immer allzu oft die rein fachliche Anknüpfung an den Stoff der vorhergehenden Stunde. Zur Weckung echten Interesses am Unterrichtsgegenstand sollten viel häufiger interessante, gegenwartsnahe Fragen und Ereignisse aus dem unmittelbaren Lebenskreis des Schülers, aus Presse, Fernsehen und Rundfunk herangezogen werden. Lehrer, die ihr Augenmerk darauf richten, haben kaum Mühe, aus diesen Bereichen lebensnahe Bezüge zu physikalischen Lerninhalten zu finden.

Auch durch Berücksichtigung der Geschichte der Naturwissenschaften kann im Physikunterricht Lebensnähe geschaffen werden. Denn die Schilderung der Entstehungsgeschichte einer Erkenntnis sowie die Beschreibung einer Forscherpersönlichkeit kann wieder Leben in das abstrakte Gefüge der Naturwissenschaften und das leblose Faktenwissen zurückbringen, nicht zuletzt auch deshalb, weil hier der affektive Bereich des Schülers angesprochen wird. Aus dieser Sicht gewinnt die Methode des genetischen Lehrens zusätzliche Bedeutung.

Lebensnähe im Unterricht erfordert auch, den zeitgemäßen Einsatz von Unterrichtsmedien, wie z.B. gegenwartsnahe Physikbücher, modernes Experimentiergerät, Audiovisuelle Medien etc. Veraltete, abgegriffene Bücher, vorsintflutliche oder schmutzige Versuchsgeräte mindern die Lust am Lernen.

Eine Aktualisierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts kann auch durch Einrichtung einer Fragestunde gefördert werden. So manchen Schüler beschäftigen Probleme und Fragen physikalischer Natur, sei es, daß er zu Hause selber experimentiert, sei es durch eigene Naturbeobachtung oder sei es aufgrund von Anregungen durch Bücher oder Fernsehsendungen.

4.2 Lebensnähe durch Technik

Ein in der Unterrichtspraxis häufig begangener Weg, der eine Brücke zwischen physikalischen Lerninhalten

und der Lebenswelt der Schüler zu schlagen versucht, führt über die Technik. Denn Technik stellt einen dominierenden Faktor im heutigen Leben dar und besitzt damit unmittelbaren Lebensbezug. Die Fragestellung nach den Voraussetzungen und der Funktionsweise technischer Geräte leitet zu ihren naturwissenschaftlichen Grundlagen. Dieser Weg zur Lebensnähe betont das Nützliche, Brauchbare, Lebensdienliche und trägt auf diese Weise zur praktischen Lebensbewältigung und zur sinnvollen Nutzung der Zivilisationsgüter bei.

Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, daß "Technik" mehr umfaßt als die bloße Nutzenanwendung physikalischer Erkenntnisse und Gesetzmäßigkeiten. Zwar stellen naturwissenschaftlicher Gesetze letztendlich die Grundlagen für technische Geräte, Apparate und Anlagen dar; für ihre Herstellung aber spielen fabrikations-technische, ökonomische, sicherheitstechnische, ästhetische und andere Gesichtspunkte eine ebenso wichtige Rolle. Meist liegen daher die physikalischen Sachverhalte nicht offen zutage. Ein zur Förderung der Lebensnähe aus der Erfahrungswelt des Schülers herangezogenes technisches Gerät muß daher sehr sorgfältig nach didaktischen Gesichtspunkten ausgewählt werden. Denn je raffinierter, ausgeklügelter und vielseitiger das Gerät ist, desto schwieriger ist es, die ihm zugrundeliegenden physikalischen Gesetze aufzuspüren. Auch der ständig wachsende Einsatz der Elektronik in allen Bereichen der Technik kann den Zugang zu den eigentlichen naturwissenschaftlichen Grundlagen eines Gerätes oftmals ganz erheblich erschweren. Ebenso ist aufgrund neuartiger Materialien, Herstellungs- und Montagetechniken das einfache Zerlegen eines technischen Gerätes in seine Einzelteile meist nicht mehr möglich, ohne es zu zerstören. Ein Zusammenbau zum wieder funktionstüchtigen Gerät wird dadurch unmöglich. Technische Geräte aber aus Großvaters Zeiten, die solche Nachteile nicht aufweisen, taugen im allgemeinen nicht, um Lebensnähe herbeizuführen.

Stehen für ein konkretes Unterrichtsvorhaben keine technischen Geräte zur Verfügung, die sämtlichen didaktischen Anforderungen genügen, so kann auch ein aus didaktischer Sicht nicht voll befriedigende Gerät aus dem Erfahrungsbereich des Schülers genommen werden. Zur Untersuchung der eigentlichen physikalischen Gesetzmäßigkeiten sollte dann aber möglichst bald zu einem durchschaubaren Funktionsmodell übergegangen werden. So kann bei der Behandlung des Transformators durchaus der Transformator einer Spielzeugeisenbahn als Ausgangspunkt gewählt werden. Doch solch ein Transformieren ist für das Erkennen von Aufbau und Funktionsweise ungeeignet, weil Primär- und Sekundärspule meist auf einem gemeinsamem Eisenkern sitzen. Für die Untersuchung der Gesetzmäßigkeiten sollte der Spielzeugtransformator daher durch den einfacheren Aufbau-transformator einer Lehrmittelfirma ersetzt werden. Erst nach Erarbeitung der physikalischen Sachverhalte kann und muß der Lehrer wieder auf die technische Version des Eisenbahntransformators eingehen.

In der Unterrichtspraxis wird das technische Gerät meist am Anfang oder am Ende einer Unterrichtseinheit stehen, d. h. es wird in den Artikulationsstufen der Motivation und der Problemerkennung bzw. den Stufen der Anwendung und des Transfers eingesetzt. Denn einerseits besitzen technische Geräte, mit denen der Schüler tagtäglich umgeht, einen hohen motivativen Wert: Der Schüler ist begierig, zu erfahren wie das Gerät funktioniert, das er häufig verwendet. Zum anderen wird ihm durch Anwendungsbeispiele klar, daß Physiklernen kein Selbstzweck ist, sondern daß physikalische Erkenntnisse zum Verständnis der Lebens- und Berufswelt beitragen können. Wichtig ist aber, daß das einmal gewählte Gerät integraler Bestandteil einer Unterrichtseinheit bleibt, daß es also nicht nur als motivativer Aufhänger mißbraucht wird, der alsbald wieder in Vergessenheit gerät, bzw. daß er nur als anwendungsbezogenes Anhängsel vorgezeigt, verbal beschrieben, oder gar nur erwähnt wird.

Lebensnähe im Physikunterricht kann auch durch Unterrichtsgänge zu Handwerks- und Industriebetrieben sowie zu technischen Anlagen hergestellt werden. So erfährt der Unterricht z.B. eine starke Belebung, wenn etwa beim Thema "Längenänderung fester Körper beim Erwärmen und Abkühlen" nicht nur ein Brückenmodell besprochen, sondern die Verhältnisse auch an einer richtigen Brücke betrachtet werden, oder wenn etwa nach Behandlung des Transformators und der Überlandleitung die Umspannstation eines Kraftwerks oder ein Transformatorhäuschen besucht wird.

4.3 Lebensnähe durch Einbeziehung von Naturphänomenen

Ein anderer Weg, das Prinzip der Lebensnähe zu verwirklichen, geht von Naturphänomenen ¹⁾ aus, die der Schüler in seiner unmittelbaren Umgebung beobachten kann. Auf den ersten Blick scheint diese Möglichkeit, Lebensnähe für den Unterricht einzufangen, sehr einleuchtend. Denn der Mensch ist zugleich Teil und Teilhaber im Naturgeschehen. Was also läge näher, lebensnahe, motivierende Impulse für die Erarbeitung naturwissenschaftlicher Lerninhalte im Bereich der Naturereignisse zu suchen?

Bei genauerer Betrachtung wird jedoch sehr schnell deutlich, daß der Rückgriff auf Naturphänomene eine Reihe von Problemen aufwirft, die sorgfältig bedacht und abgewogen werden müssen:

1. Der Mensch unserer Zeit wird durch die ihn umgebende Zivilisation weitgehend von der freien Natur und den dort beobachtbaren Erscheinungen abgeschirmt. So gingen z.B. nur 20 % der Erstklässler einer Stadtrandschule häufiger mit ihren Eltern in der Umgebung ihrer Heimat spazieren. Die restlichen 80 % erlebten die Natur außerhalb ihres häuslichen Lebensbereiches allenfalls an Sonn- und Feiertagen durch die Scheiben des elterlichen Autos. Hinzu kommt Reizüberflutung. Sie bewirkt, daß auch ganz offensichtliche Phänomene im unmittelbaren Lebensbereich, etwa in Haus und Garten, kaum mehr wahrgenommen werden, nicht ins Bewußtsein dringen und deshalb auch im Unterricht bei den Schülern kein Interesse hervorrufen.
2. Naturphänomene können sehr komplex sein, d. h. ihr Zustandekommen beruht auf dem gleichzeitigen Zusammenwirken mehrerer Gesetzmäßigkeiten. Das Herauslösen und Isolieren eines bestimmten Effekts aus einem komplexen Sachverhalt stellt zwar einen wichtigen Teil der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise dar und kann unter Umständen für den Schüler sehr lehrreich sein; es muß aber überlegt werden, inwieweit dieses Vorgehen Schüler und Unterricht überfordert.
3. Naturphänomene spielen sich im allgemeinen außerhalb des Klafzimmers ab, ihr Auftreten ist zeitlich und örtlich kaum vorhersagbar, und nur selten lassen sie sich naturgetreu (d. h. nicht als Modellversuch) im Klafzimmer auslösen, wie etwa das Beschlagen eines kalten Gegenstandes (Taubildung) oder die Verdunstung einer Wasserlache etc. Naturphänomene stehen also meist dann nicht zur Verfügung, wenn sie für den Unterricht benötigt werden. Rückerinnerung an einst Erlebtes hilft hier nicht weiter; denn auf die ganze Klasse bezogen ist Rückerinnerung viel zu uneinheitlich und in Hinsicht auf den Einzelschüler zu ungenau. (Wer kann z.B. schon ohne langes Nachdenken sagen, ob die rote Spektralfarbe das innere oder das äußere Kreissegment des Regenbogens bildet!) Eine ersatzweise Repräsentation der Naturerscheinung durch Medien (Bilder, Filme, Modellversuche etc.) ist wieder nur mittelbar und läuft damit der ursprünglichen Absicht zuwider, die Lebenswelt des Schülers einzubeziehen.

Zusammenfassend muß also festgehalten werden, daß Naturphänomene nur dann Lebensnähe gewährleisten,

wenn diese von allen Kindern einer Klasse bewußt wahrgenommen und betrachtet wurden. Dies könnte z.B. bei Klassenausflügen, bei Unterrichtsgängen, durch Beobachtungsaufträge und in Glücksfällen auch im oder vom Klassenzimmer aus geschehen.

4.4 Lebensnähe durch Anbahnung einer naturwissenschaftlichen Fragehaltung

Eine weitere Möglichkeit, das Prinzip der Lebensnähe im Physikunterricht zu verwirklichen, zielt darauf ab, den geistigen Horizont des Schülers zu erweitern. Dem Schüler muß bewußt gemacht werden, daß die auf den ersten Blick lebensfremd scheinenden Fragestellungen der Naturwissenschaften ein integraler Bestandteil menschlichen Seins sind. Es muß ihm gezeigt werden, daß die Erkenntnisse der Naturwissenschaften eine wichtige Komponente unseres Kulturverständnisses darstellen und daß durch sie unser Weltbild weitgehend eine naturwissenschaftliche Prägung erfahren hat. Die Erziehung zur naturwissenschaftlichen Fragehaltung und zur Aufgeschlossenheit den naturwissenschaftlichen Phänomenen gegenüber, stellt ein wichtiges Fernziel im Physikunterricht dar. Ist die Freude am Entdecken und Verstehen der Natur erst einmal geweckt und fühlt sich der Schüler in den naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen halbwegs heimisch, so erscheinen ihm die Fragestellungen aus dem Bereich der Naturwissenschaften von sich aus interessant und lebensnah. Der Weg zu dieser Haltung ist langwierig. Er muß behutsam unter Ausnützung des Spieltriebs, der angeborenen Neugierde und der menschlichen Fähigkeit zu staunen, gegangen werden. In unserem Zeitalter ist eine Erweiterung des Lebenshorizonts in dieser Weise notwendig für all diejenigen Menschen, die am geistig-kulturellen Leben teilhaben und Mitverantwortung in Gesellschaft und Politik tragen wollen.

4.5 Lebensnähe durch Berücksichtigung des Erfahrungshintergrunds der Schüler

Eine viel zuwenig beachtete Problematik, die eng mit dem Grundsatz der Lebensnähe verknüpft ist, stellt der vom Schüler in den Unterricht hineingebrachte Erfahrungshintergrund dar. Der Schüler kommt nicht als "tabula rasa", als unbeschriebenes Blatt in den Physikunterricht. Es liegen hinter ihm bereits mehr als 10 Jahre, in denen er auf allen möglichen Gebieten sehr intensive Erfahrungen physikalischer Natur gemacht hat. Für diese Erfahrungen hat er alltagsweltliche Deutungen und Theorien entwickelt oder von den Erwachsenen übernommen. Sie sind Bestandteil eines tief verwurzelten, kindlichen Weltbilds, das sich für die Bewältigung seiner Lebensaufgaben hinreichend gut bewährt hat. Diese Lebenserfahrung bringt der Schüler mit in den Physikunterricht, sie ist stets präsent und dominierend. Vom Schüler geäußerte Vermutungen zu einer Problemfrage etwa in der Artikulationsstufe der Meinungsbildung sind nichts anderes als mögliche, auf dem Hintergrund seiner lebensweltlichen Erfahrungen deduzierte Lösungen (vgl. /8/). Über Jahre hinweg fest eingewurzelte Vorstellungen gibt der Mensch nicht so leicht auf. Er muß überzeugt, nicht überredet oder gar nur informiert werden, daß sie weniger tragfähig sind als die der Physiker. Unter diesem Aspekt bedeutet Physiklernen ein Umlernen! Grundvoraussetzung für erfolgreichen naturwissenschaftlichen Unterricht ist daher, daß der Lehrer die Vorstellungen seiner Schüler möglichst gut kennt. Nur wenn er die Lernenden bei ihren zu überwindenden Vorstellungen abholt und die neuen physikalischen Deutungs- und Sichtweisen mit der Qualität einer intensiven Erfahrung vermittelt, kann er Aussicht auf Erfolg haben.

5. Förderung durch Forderung nach Maß

Das Prinzip der Individualisierung hat eine individuelle und damit optimale Förderung des Schülers durch den

Unterricht zum Ziel. Es verlangt auf der einen Seite die Beachtung des altersgemäßen, seelisch-geistigen Entwicklungsstandes und der alterspsychologischen Besonderheiten der Schüler einer Jahrgangsklasse (Prinzip der "Stufengemäßheit"). Auf der anderen Seite fordert es die Wahrnehmung und Berücksichtigung der individuellen Unterschiede der Lernenden innerhalb einer Jahrgangsklasse im Hinblick auf ihre individuellen Parameter wie Begabung, Interesse, Neigung, Lernbereitschaft, Leistungsvermögen, Lerntempo, Lernstand und -stil, soziales Verhaltensmuster u.a.m.

Während *stufengemäßes Unterrichten* im Fach Physik in erster Linie eine Forderung nach *Elementarisierung* der fachwissenschaftlichen Inhalte darstellt, macht einerseits die fachgemäße Arbeitsweise der Physik und andererseits die Berücksichtigung der *individuellen Unterschiede* der Schüler auch im Physikunterricht eine *innere Differenzierung* notwendig.

5.1 Möglichkeiten zur Elementarisierung fachwissenschaftlicher Inhalte im Physikunterricht

Elementarisierung (häufig mit dem Begriff der "didaktischen Reduktion" gleichgesetzt) hat zum Ziel, fachwissenschaftliche Inhalte so zu vereinfachen, so zu reduzieren und zu veranschaulichen, daß sie von Schülern einer bestimmten Altersklasse verstanden und gelernt werden können. Voraussetzung hierfür ist die Kenntnis der lernpsychologischen Entwicklung des Menschen. Insbesondere das für die naturwissenschaftlichen Fächer charakteristische abstrakte Denken entwickelt sich erst allmählich. So reicht nach Piaget /9/ das Stadium der anschaulichen Vorstellungen bis ins 7. oder 8. Lebensjahr, das Stadium der konkreten Operationen bis ins 11. oder 12. Lebensjahr und erst ab dem 13. Lebensjahr wird - wenn überhaupt - das Stadium der formalen Operationen erreicht.

Im folgenden sollen nun einige wichtige Möglichkeiten zur Elementarisierung im Physikunterricht erörtert werden. Es ist klar, daß in allen Fällen die Kriterien der "fachwissenschaftlichen Relevanz" der "Entwicklungsfähigkeit" und der "Assoziabilität" erfüllt sein müssen /10/.

* Bei der *Reduktion auf das Elementare* oder Prinzipielle steht die Stoffauswahl im Vordergrund. Es stellt sich hier die Frage, an welchem Phänomen oder Sachverhalt eine Gesetzmäßigkeit oder ein Prinzip besonders klar zutage tritt; an welchen Inhalten naturwissenschaftliche Erkenntnisse möglichst einfach und elementar aufgezeigt werden können. Auch die Auswahl möglichst elementarer Beispiele für die Erörterung eines Sachverhalts fällt unter diesen Aspekt. In engem Zusammenhang mit der Reduzierung auf das Elementare steht auch der von Martin Wagenschein zu einer Unterrichtsmethode des Physikunterrichts weiterentwickelte Gedanke des exemplarischen Lernens.

* Aus der Sicht einer quantitativen, stark mathematisierten Wissenschaft spielt die *Reduktion auf das Qualitative* eine bedeutende Rolle. Denn das qualitative Verständnis ist eine höchst wichtige Station auf dem Weg zum quantitativen Erfassen naturwissenschaftlicher Zusammenhänge. Reduktion auf das Qualitative stellt somit eine der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweise entsprechende Möglichkeit der Elementarisierung dar.

Um qualitative Aussagen machen zu können genügen im allgemeinen qualitative Experimente. Doch wenn die Registrierung von Meßwerten kaum mehr Aufwand erfordert als die Feststellung eines qualitativen Verhaltens, sollten, der physikalischen Arbeitsweise zuliebe, quantitative Messungen durchgeführt werden. Denn qualitative Aussagen können auch aus quantitativen Messungen gefolgert werden.

Je nach Situation lassen sich nun verschieden stark elementarisierte qualitative Aussagen formulieren:

- *Reine Feststellung*, z.B. "Die Stromstärke im Stromkreis hängt von der Spannung ab".
- *Wenn-Dann-Beziehung*, z.B. "Wenn wir die Spannung am Konstantendraht ändern, dann ändert sich auch die Stromstärke." Formulierungen, die das gleiche aussagen, wie etwa "Ändert sich die Spannung im Stromkreis, so ändert sich auch die Stromstärke" oder "Die Stromstärke ist eine Funktion der angelegten Spannung", sind sprachlich weniger elementar als die Wenn-Dann-Beziehung und sollten zumindest in niedrigen Klassen zunächst vermieden werden.
- *Je-Desto-Beziehung*, z.B. "Je höher die Spannung ist, die wir an den Konstantendraht anlegen, desto größer ist auch die Stromstärke." Auch hier sind sprachlich anspruchsvollere Ausdrucksweisen möglich wie "Je höher die an den Konstantendraht angelegte Spannung U ist, desto größer ist auch die Stromstärke I " oder "Höhere Spannung am Konstantendraht bewirkt höhere Stromstärke" oder "Die Stromstärke wächst mit zunehmender Spannung."
- *Verbal-Quantitative-Aussage*, z.B. "Wird die an den Konstantendraht angelegte Spannung auf das Doppelte (n -fache) erhöht, so erhöht sich auch die Stromstärke im Draht auf das Doppelte (n -fache)." Mit dieser Aussage wird der Bereich des Qualitativen aber schon verlassen. Die nächst höheren Abstraktionsschritte führen dann unter Verwendung von Symbolen bereits zu einer quantitativen, mathematischen Formulierung der Aussage.

Nicht nur Gesetzmäßigkeiten, sondern auch quantitativ definierte Begriffe werden sehr häufig auf das rein Qualitative elementarisiert, ohne daß dies in den meisten Fällen bewußt wird. So spricht man z.B. von eiskalt, kalt, lauwarm, warm, heiß, von härter oder weicher, von lauter oder leiser usw., benutzt also eine qualitative Meßskala für die Größen "Temperatur", "Härte", "Lautstärke" usw.

* Bei der *Elementarisierung der Vernachlässigung* (auch Idealisierung genannt) werden all jene Effekte außer acht gelassen, die den zu untersuchenden Vorgang nicht wesentlich beeinflussen. Beispiele hierfür sind die Vernachlässigung: des Luftwiderstandes beim Freien Fall; der Reibung in der Mechanik; des Spannungsabfalls am Amperemeter; des Stromflusses durch das Voltmeter; der Linsenfehler bei der Abbildung durch Linsen etc.

* *Elementarisierung durch Rückgriff auf historische Entwicklungsstufen*. Die Kenntnis der Entwicklungsgeschichte der Naturwissenschaften zeigt einerseits, wo früher bei der Gewinnung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse Verständnisprobleme lagen. Auch Schüler haben oft an den gleichen Punkten Schwierigkeiten. Zum anderen erfährt der Lehrer, wie auf einer Stufe argumentiert werden kann, auf der wesentliche Kenntnisse zur heutigen fachwissenschaftlichen Darstellung fehlen, und er sieht, daß und wie manche Sachverhalte ohne diese Kenntnisse in einfacherer Weise dargestellt werden können. Beispiele hierfür sind die Beschränkung auf klassische und nichtrelativistische Betrachtungsweisen; die Verwendung der rein phänomenologischen Sichtweise im Gegensatz zur heute meist üblichen mikroskopischen (Gasgesetze, elektrischer Strom etc. werden z.B. nicht im Teilchenbild gedeutet); die Verwendung historischer Modellvorstellungen (z.B. Bohrsches Atommodell); die Benutzung anschaulicher, aber ausrangierter Einheitendefinitionen (z.B. 1 m als der 40.000.000. Teil des Erdumfangs).

* Auch die *Elementarisierung durch Verallgemeinerung* (Generalisierung) beruht auf einem für die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung grundlegenden Verfahren. Es stellt eine für die Bildung von Begriffen und

für das Auffinden von Gesetzmäßigkeiten wichtige Voraussetzung dar.

Notgedrungenermaßen muß im Physikunterricht oftmals übertrieben verallgemeinert werden. Der Lehrer sollte sich dessen aber stets bewußt sein, und er sollte auch seine Schüler immer wieder darauf aufmerksam machen, daß aus Meßreihen mit 5 oder weniger Meßpunkten kein allgemeingültiges Gesetz gefolgert werden kann, daß man aus der Untersuchung weniger Materialien einen Satz wie "Bei Erwärmung dehnen sich alle Festkörper aus" nicht in dieser Allgemeinheit erschließen kann. Aus Zeitgründen sind "Elementarisierungen" dieser Art im Unterricht notwendig, dürfen aber nicht zum Exzeß getrieben werden.

* *Elementarisierung durch Partikularisierung* besagt, daß bei der Einführung eines Begriffes oder Gesetzes nur ein Teilaspekt in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit gerückt wird. Dies ist immer dann erlaubt, wenn der Teilaspekt keine falschen Assoziationen hervorruft und eine zwanglose Weiterentwicklung zum Gesamtaspekt möglich ist. Beispiele hierfür sind etwa die Einführung des Kraftbegriffs als statischer Kraftbegriff; der Stromstärke ohne gleichzeitige Behandlung des Spannungsbegriffs.

* Wissenschaftliche Begriffe zeichnen sich durch eine exakte, eindeutige Festlegung des Begriffsinhalts und eine klare Abgrenzung zu anderen Begriffen hin aus. Im Unterricht erfolgt nicht selten eine - in vielen Fällen unbewußt vorgenommene - Aufhebung der begrifflichen Differenzierung. Die Erarbeitung eines hinreichend differenzierten Begriffssystems ist ohne Zweifel ein sehr wichtiges Ziel des Physikunterrichts. Dennoch ist eine *Elementarisierung durch Verringerung der begrifflichen Differenzierung* in der Unterrichtspraxis oftmals nicht zu umgehen. Sie birgt aber die Gefahr, daß die Schüler falsche Vorstellungen entwickeln. Ob gegebenenfalls eine Begriffsvereinfachung zulässig ist, muß daher vom Lehrer sehr reiflich überlegt werden. Sie ist nur dann erlaubt, wenn die Beschreibung eines Sachverhalts durch die Verwendung eines fachwissenschaftlich nicht richtigen oder ungenauen Begriffs nicht verfälscht wird. So kann gegebenenfalls eine Unterscheidung zwischen den physikalischen Größen "Masse" und "Gewicht" unterbleiben; denn diese beiden Größen sind im Bereich der Erdanziehung zueinander proportional ($G = m \cdot g$), und Aussagen wie "Je schwerer ein Körper ist, desto geringer ist seine Beschleunigung durch eine gegebene Kraft" sind sachlich richtig, obwohl es fachwissenschaftlich "Je größer die Masse ..." heißen müßte.

In manchen Fällen werden auch im fachwissenschaftlichen Bereich gleiche Bezeichnungen für unterschiedliche Dinge verwendet. So verbirgt sich hinter dem Wort "elektrischer Widerstand" der physikalische Begriff ($R = U/I$), die Eigenschaft eines elektrischen Leiters ("Ein Draht besitzt z.B. einen Widerstand von 100 Ohm") und die Bezeichnung für ein elektronisches Bauelement ("Man löte einen Widerstand von usw."). Eine solche mangelnde Differenzierung in der Bezeichnungsweise muß dem Schüler bewußt gemacht werden, wenn nicht Verständnisschwierigkeiten heraufbeschworen werden sollen.

Eine unerläßliche Voraussetzung zur Erziehung des Schülers zum fachlich richtigen Gebrauch der Begriffe ist nur dann erfüllt, wenn der Lehrer beim Schüler, vor allem aber bei sich selbst sehr diszipliniert auf eine eindeutige, die Fachbegriffe stets richtig verwendende Sprache achtet. Denn warum sollte ein Schüler z.B. zwischen elektrischer Spannung und elektrischem Strom unterscheiden, wenn der Lehrer in einem Atemzug die Begriffe "Stromquelle" und "Spannungsquelle" synonym verwendet?

* Eine sehr wichtige Möglichkeit der Elementarisierung stellt der *Einsatz von Modellen und Modellvorstellungen* dar. Sie dienen einerseits der Vereinfachung komplexer Sachverhalte, andererseits der Veranschau-

lichung (vgl. Abschnitt 2.3).

* Bei der *Reduktion auf die "Black-Box-Betrachtung"* werden komplexe Zusammenhänge und Funktionen eines Gerätes oder einer Apparatur auf die Kenntnis der letztendlich gewünschten und benötigten Funktionen reduziert. Es interessiert also nicht mehr, wie ein Gerät funktioniert, was sich in seinem Inneren abspielt, sondern nur noch, wie das Gerät zu handhaben ist, welche Eigenschaften es besitzt und wie seine "Reaktionen" zu interpretieren sind.

* Elementarisierung ist auch durch die Wahl von Meßverfahren erreichbar, die eine *Reduzierung des üblichen Meß- und Auswerteaufwands* gestatten. So läßt sich etwa das mathematische Anspruchsniveau im Physikunterricht dadurch verringern, daß eine physikalische Größe nicht durch Berechnung aus anderen gemessenen Größen, sondern durch eine direkte Messung erhalten wird, wie etwa beim "Tachogenerator", der eine direkte Messung der Geschwindigkeit und der Beschleunigung eines Wagens gestattet /12, 13/.

Ein weiteres Beispiel für die Elementarisierung des Meßvorgangs sowie der Reduzierung des Meßaufwands ermöglicht die Verwendung der Videotechnik bei der Analyse von Bewegungsvorgängen. Dazu wird der bewegte Körper zusammen mit einem Maßstab und einer Uhr videographiert. Zur Analyse wird die Videoaufnahme abgespielt, an den gewünschten Stellen angehalten und auf dem Standbild das jeweilige Orts-Zeit-Wertepaar abgelesen. Dieses Verfahren gewährleistet, daß der Schüler auch bei der Analyse schneller Bewegungsabläufe, die üblicherweise einen erheblichen Meßaufwand erfordern, den unmittelbaren Bezug zwischen den gewonnenen Orts-Zeit-Wertepaaren und dem Bewegungsablauf des Körpers nicht verliert /14/.

5.2 Möglichkeiten zur inneren Differenzierung im Physikunterricht

Binnendifferenzierung umfaßt all jene didaktisch-methodischen Maßnahmen, die innerhalb eines Klassenverbandes individuelle Lernmöglichkeiten für den Schüler schaffen. Bei der Wahl binnendifferenzierender Maßnahmen stellen nicht nur unterschiedliche Persönlichkeitsmerkmale der Schüler sondern auch stoffliche und sachstrukturelle Aspekte wichtige Faktoren dar. Binnendifferenzierung hat daher auch immer fachspezifisch zu sein /15/.

So muß aus fachdidaktischer Sicht im Physikunterricht das Schülerexperiment als wichtigste binnendifferenzierende Maßnahme im Vordergrund stehen, vorausgesetzt, es sollen nicht nur Fakten und fertige Ergebnisse, sondern vor allem auch naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen vermittelt werden. Neben dem Schülerexperiment als Differenzierungsmaßnahme sollte auch in den Artikulationsstufen der Hypothesenbildung sowie des Planens und Konstruierens die Möglichkeit zur Binnendifferenzierung wahrgenommen werden. Denn diese Stufen können für den einzelnen Schüler erst dann richtig fruchtbar werden, wenn genug Zeit für individuelle Denkprozesse und deren Äußerung gelassen wird. Im Klassenunterricht ist dies i.a. nicht möglich. In Kleingruppen hingegen haben auch schüchterne und langsame, oftmals aber gründlichere Schüler die Möglichkeit, eigenständig zu denken sowie ihre Ergebnisse zu verbalisieren und zu fixieren.

Weitere individualisierende Maßnahmen, welche hauptsächlich die unterschiedlichen Veranlagungen der Schüler einer Klasse berücksichtigen, sind besonders gut im Bereich des Schülerexperiments möglich. Sie reichen von der unterschiedlichen Zuwendung des Lehrers bei der Betreuung der einzelnen Experimentiergruppen über eine Differenzierung durch unterschiedliche Vorgaben in den Versuchsanleitungen, durch unterschiedlichen Aufgaben-

umfang oder durch Stellung von Zusatzaufgaben bis hin zur Durchführung eines arbeitsteiligen Schülerexperiments.

Auch Binnendifferenzierung bei den Lernzielen und -inhalten kann im Physikunterricht eine sinnvolle Maßnahme sein. Bei gleichem Lerninhalt lassen sich vor allem unterschiedliche Lernziele hinsichtlich des Abstraktionsgrades, der Komplexität sowie der Tiefe der Einsicht in physikalische Zusammenhänge formulieren. Diese Art der Differenzierung ist meist in den Artikulationsstufen des Schließens, Abstrahierens und der Anwendung angesiedelt. Wird im Bereich der Lerninhalte differenziert, so darf es sich immer nur um einen Zusatzstoff (Additum) handeln, der das für alle Schüler der Klasse verbindliche Grundwissen (Fundamentum) ergänzt, erweitert und vertieft, ohne künftige Inhalte vorwegzunehmen.

Eine ausführliche Diskussion der hier nur kurz angedeuteten Möglichkeiten zur inneren Differenzierung im naturwissenschaftlichen Unterricht finden sich in Klinger, Maier /15/ und Klinger /16/.

6. Denn was man schwarz auf weiß besitzt ...

Unterrichtserfolg muß sich letztlich daran messen lassen, ob Fertigkeiten, Kenntnisse und Erkenntnisse, Begriffe und Fakten dem Schüler so vermittelt worden sind, daß dieser auch später noch aktiv und frei darüber verfügen kann. Wie bereits in Abschnitt 1 dargelegt wurde, ist der Erfolg jahrelangen Unterrichts im Fach Physik oft recht mager. Ein Grund hierfür ist nicht zuletzt in der groben Vernachlässigung des Unterrichtsprinzips der Erfolgssicherung zu sehen. Vielfach nämlich herrscht die Meinung, es würde genügen, wenn der Schüler - etwa im Rahmen eines problemlösenden Verfahrens - eingesehen und verstanden hat, wie eine physikalische Aussage oder ein Gesetz zustande kommt. Als "Sicherung" der erarbeiteten Erkenntnisse wird daher häufig ein Arbeitsblatt, oft nur mit Lückentext, für ausreichend erachtet. Dabei wird übersehen, daß die verstandesmäßige Durchdringung eines Sachverhaltes zwar eine gute Voraussetzung, aber keineswegs eine Garantie für seine Einprägung ins Gedächtnis darstellt. Es ist eine alte Erfahrung, daß auch bis in alle Einzelheiten begriffene Zusammenhänge allzu rasch wieder in Vergessenheit geraten.

Der gewünschte Unterrichtserfolg kann sich deshalb nur dann einstellen, wenn die erarbeiteten Ergebnisse auch hinreichend gesichert werden. Um dies zu erreichen, müssen die neu erworbenen Bewußtseinsinhalte eingelernt, eingepägt und wiederholt, die Fertig- und Fähigkeiten eingeübt, ausgebildet und geschult werden /7/. Dem Prinzip der Ergebnissicherung kommt daher auch im Physikunterricht eine kaum zu überschätzende Bedeutung zu. Die in der Praxis häufig mit Zeitmangel begründete Vernachlässigung der Ergebnissicherung stellt den Unterrichtserfolg bei einem Großteil der Schüler in nicht zu vertretender Weise in Frage.

Die wichtigsten Möglichkeiten zur Sicherung der Ergebnisse im Physikunterricht sollen im folgenden kurz zusammengestellt werden.

o Ergebnissicherung im methodischen Gang des Unterrichts

Ergebnissicherung hat zunächst ihren festen Platz im methodischen Gang des Unterrichtsablaufes. Durch Teil- und Schlußzusammenfassungen werden die Schüler gezwungen, das Wesentliche eines Stoffes herauszustellen und zu formulieren. Dabei dürfen Teilzusammenfassungen nicht der spontanen Inspiration des Lehrers während des Unterrichtsgeschehens überlassen bleiben. Sie sind vielmehr bereits bei der Konzipierung des Unterrichtsablaufes einzuplanen. Beispiel hierfür siehe etwa die Unterrichtseinheit "Wie beim Fernsehen das Bild entsteht"

/17/.

o *Ergebnissicherung durch Transfer*

Als Maßnahme zur Festigung der Ergebnisse spielt im naturwissenschaftlichen Unterricht der Transfer (vor allem der laterale, weniger der vertikale Transfer /IO/) eine wichtige Rolle. Im Zuge des Transfers wird ein im Unterricht erarbeitetes Ergebnis auf andere gleichartige Fälle übertragen und dadurch mit bereits verfügbarem Wissen verknüpft und in die vorhandene Wissensstruktur eingeordnet. Die Übertragung einer am Einzelfall erarbeiteten Erkenntnis auf andere Situationen (z.B. durch Anwendung einer physikalischen Gesetzmäßigkeit im Bereich der Technik) hat nicht nur rein einübende Wirkung. Denn die Betrachtung ein und desselben Sachverhaltes aus möglichst verschiedenen Blickwinkeln ist Voraussetzung für seine Ablösung vom Einzelbeispiel. Eine Erkenntnis wird dadurch in neuen, umfassenderen Sinnzusammenhängen wahrgenommen und auf diese Weise so im Bewußtsein verankert, daß sie nicht nur als mechanisch reproduzierbarer Gedächtnisinhalt gespeichert ist, sondern zu eigenständigem Denken und Handeln frei zur Disposition steht.

o *Ergebnissicherung durch Tafelanschrift*

Wichtige Fakten und Resultate, die sich im Laufe des Unterrichtsprozesses ergeben, sind schriftlich festzuhalten. Für diesen Zweck ist auch heute noch die Wandtafel gut geeignet.

Das Tafelbild muß bereits bei der Unterrichtsplanung voll entworfen werden, sowohl nach der inhaltlichen Gestaltung (vorzusehen ist Platz für Themenangabe, Problemformulierung, Schülerhypothesen, Begriffe, beschriftete Versuchsskizzen und Schaltpläne, Formeln, Merksätze usw.) als auch nach der räumlichen Anordnung. Es sollte während des Unterrichts sukzessive entwickelt werden, so daß mit seiner Hilfe Erkenntnisse gewonnenen und Zusammenfassungen gemacht werden können. Tafelbild und Tafeltext sollten so geplant werden, daß am Ende des Unterrichts mit ihrer Hilfe der Unterrichtsablauf rekonstruiert werden kann.

o *Ergebnissicherung durch immanente Wiederholung*

Naturwissenschaftlicher Unterricht ist in erheblichem Maße auf früher erworbenes Wissen angewiesen. Wenn dem Schüler die nötigen grundlegenden Kenntnisse fehlen, hat der Unterricht kaum Aussicht auf Erfolg. Zur Festigung und Sicherung solchen Grundwissens stellt die immanente Wiederholung eine wichtige Maßnahme dar. Sie sollte immer dann einsetzen, wenn sich bei der Erarbeitung neuer Inhalte Beziehungen zu früher erworbenem Wissen in ungezwungener Weise herstellen lassen, oder wenn zum Verständnis des neuen Sachverhaltes Ergebnisse aus zurückliegenden Unterrichtsstunden notwendig sind. Wissenssicherung dieser Art ist an keine bestimmte Stelle im Unterrichtsablauf gebunden und kann nur bedingt vorgeplant werden. Durch sie werden Unterrichtsstoffe verknüpft, Vergessenes ins Gedächtnis zurückgerufen und Schüler zur Anwendung ihres Wissens erzogen. Sie kann in Form einfacher Wiederholungen oder durch Rückgriff auf umfangreichere Zusammenhänge (z.B. Wiederholung der Gesetzmäßigkeiten des Auftriebs bei der Behandlung der Konvektion in Flüssigkeiten) erfolgen.

o *Ergebnissicherung durch Gesamtwiederholungen*

Neben den Wiederholungen und Zusammenfassungen innerhalb der jeweiligen Unterrichtsstunde sind Gesamtwiederholungen in gesonderten Stunden notwendig. Sie dienen nicht nur der Wissensfertigung, sondern haben darüber hinaus die Aufgabe, noch vorhandene Verständnisschwierigkeiten auszuräumen, Einzelthemen in den Gesamtstoff einzugliedern, um so einen systematischen Überblick über das erworbene Gesamtwissen zu

erleichtern.

o *Ergebnissicherung durch Schülerversuche*

Auch Schülerversuche können zur Sicherung von Unterrichtsergebnissen eingesetzt werden. Sie dienen insbesondere zum Erwerb von experimentellen Fähigkeiten und Techniken, zur Einübung und Vertiefung einer erarbeiteten Erkenntnis, zur Anwendung physikalischer Gesetzmäßigkeiten und nicht zuletzt zum Vertrautwerden mit Qualitäten und Quantitäten. Eine Reihe von Beispielen hierzu findet sich in /5/.

o *Ergebnissicherung durch fachübergreifenden Unterricht*

Erinnert sei auch an die Möglichkeit des fachübergreifenden Unterrichts im Dienste der Ergebnissicherung. So können z.B. im Werkunterricht physikalische Grundlagen beim Bau eines Magnetkrans, eines Elektromotors, einer Blinklichtanlage usw. wiederholt und vertieft werden. Oder im Mathematikunterricht können Sachaufgaben mit physikalischen Inhalten gelöst werden. Selbst der Deutschunterricht könnte zur Ergebnissicherung des Physikunterrichts beitragen, wenn z.B. bei Sachbeschreibungen auch naturwissenschaftliche Sachverhalte berücksichtigt würden.

o *Ergebnissicherung durch schriftliche Arbeitsmittel*

Arbeitsblätter, Arbeitsmappen und Hefte dienen auch im Physikunterricht der Sicherung des Grundwissens. In kurzer, prägnanter Weise sollen sie den durchgenommenen Stoff widerspiegeln, so daß sie vom Schüler zum Lernen, Einüben und Nachschlagen, von den Eltern als Stoffnachweis benutzt werden können.

Aufgrund von Stoffdruck und Zeitmangel wird immer wieder die Meinung vertreten, Physikunterricht dürfe nicht zu "Schreibübungen" mißbraucht werden, und es reiche aus, wenn der Schüler die wichtigsten Fachausdrücke niederschreibt. Zur Ergebnissicherung werden daher oft Arbeitsblätter eingesetzt, die ein vorfabriziertes Gerippe des Unterrichtsablaufs darstellen. Es werden Lückentexte vorgegeben, in die der Schüler fachlich wichtige Begriffe einsetzt, Meßwerte einträgt, Skizzen ergänzt und Fragen bearbeitet, für deren Beantwortung häufig bereits mehrere Möglichkeiten angegeben sind, so daß nur noch das Falsche ausgestrichen werden muß. Arbeitsblätter dieser Art sind ungeeignet für die Ergebnissicherung. Mit ihren Lückentexten degradieren sie die Ergebnissicherung zur reinen Formularausfüllertätigkeit. Die mit Schulbuchreihen angebotenen Arbeitsblätter zwingen den Lehrer außerdem in ein ganz bestimmtes Unterrichtskonzept und beschränken dadurch seinen didaktischen Freiraum. Arbeitsblätter zur Ergebnissicherung sollten deshalb vom Lehrer selbst entworfen werden. Er hat dann die Möglichkeit, sie optimal auf seinen Unterricht und die individuelle Klassensituation abzustimmen.

Eine wichtige Funktion erfüllt das Arbeitsblatt bei der Durchführung von Schülerexperimenten. Es dient nicht nur der einheitlichen Protokollierung der Versuchsergebnisse; es gibt auch die Möglichkeit, den einzelnen Experimentiergruppen die notwendigen Arbeitsanweisungen schriftlich zur Verfügung zu stellen. Ein solches Arbeitsblatt sollte neben einer kurzen Darstellung der durchzuführenden Aufgabe genügend Raum für die Skizze des Versuchsaufbaus sowie ausreichend Platz für die Fixierung der Beobachtungen, der Meßergebnisse und die Aufzeichnung von - gegebenenfalls schülereigenen - Beschreibungen und Ergebnisformulierungen vorsehen.

Eine weitere Möglichkeit zur Sicherung der Ergebnisse stellt der Eintrag in ein Arbeitsheft oder eine Arbeitsmappe dar. Ein solcher Eintrag verlangt vom Schüler die Anfertigung von sauberen, exakten Skizzen, eine übersichtliche, gefällige Darstellung von Überschriften, Texten, Merksätzen. Der zeitliche Aufwand dafür ist zwar

wesentlich größer als beim Einsatz eines Arbeitsblattes. Doch dieser lohnt sich im Hinblick auf den Unterrichtserfolg. Denn der Schüler ist dadurch gezwungen, sich noch einmal sehr intensiv mit der Unterrichtsmaterie zu befassen. Er hat dabei die Möglichkeit, wichtige Ergebnisse des Unterrichts (Problemverständnis, Versuchsbeschreibung, Versuchsskizzen sowie Tabellen, Meßergebnisse, Schlußfolgerungen und Merksätze) in Ruhe zu reflektieren. Dies hat einübende und einprägende Wirkung. Heft- oder Arbeitsmappeneinträge geben zusätzliche Gelegenheit zum Tätigkeitswechsel. Darüber hinaus werden durch die Möglichkeit der freien Gestaltung der Heft- oder Arbeitsmappeneinträge die affektiven und ästhetischen Bereiche im Schüler angesprochen. Auch im naturwissenschaftlichen Unterricht ist dies für die Verankerung des Wissens von großer Bedeutung.

o Ergebnissicherung durch Memorieren

Auswendiglernen, zumal in naturwissenschaftlichen Fächern, ist als Mittel zur Ergebnissicherung verpönt und wird im Physikunterricht allgemein als stilwidrig empfunden. Trotzdem gibt es auch in den Naturwissenschaften ein gerütteltes Maß an reinem Lernstoff, den man sich durch Nachdenken und logische Schlußfolgerungen nicht erschließen kann. Ohne ihn aber kann Naturwissenschaft nicht betrieben werden. Er muß daher - wie das kleine Einmaleins in der Mathematik - durch intensives Üben so eingepägt werden, daß er jederzeit aus dem Gedächtnis frei reproduziert werden kann. Viele Schwierigkeiten und Mißverständnisse im Physikunterricht können darauf zurückgeführt werden, daß dem Schüler die genaue Bedeutung von Fachausdrücken, der Inhalt von Begriffen oder die für bestimmte Sachverhalte eingeführten Symbole nicht mehr gegenwärtig sind. Sie stellen aber den notwendigen Wortschatz dar, der wie in jeder Sprache, memoriert werden muß, damit man sich ausdrücken und verständlich machen kann. Selbstverständlich darf das Auswendiglernen auch hier nicht sinnentleert und rein mechanisch erfolgen.

Auch wichtige, grundlegende Sachverhalte, Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten müssen auswendig beherrscht werden; denn es ist nicht möglich, einmal Verstandenes bei Bedarf immer wieder ab initio herzuleiten. Kurze, prägnant formulierte Merksätze, die das Wesentliche aussagen, sollte der Schüler daher dem Gedächtnis im Wortlaut einprägen. Auch gegen das Auswendiglernen von mathematischen Ausdrücken für physikalische Definitionen und Gesetze ist nichts einzuwenden, vorausgesetzt, der Schüler lernt die Rückübersetzung in die Wortsprache gleich mit. Auch mnemotechnische Maßnahmen (Eselsbrücken) haben im Physikunterricht ihre legitime Berechtigung, wie z.B. "Das rote Ende des Magneten zeigt nach Norden, das grüne nach Süden".

o Ergebnissicherung durch weitere Medien

Eine Reihe weiterer Medien wie Schulbuch, Schautafeln, Filme, Dia-Reihen, Lernprogramme etc. können ähnlich wie in anderen Fächern auch im Physikunterricht zur Ergebnissicherung herangezogen werden. Besonders das Studium von Schulbuchtexten, das Lösen von Aufgaben und die Beantwortung von Problemfragen kann im Rahmen von Hausaufgaben zur Sicherung und Vertiefung des im Unterricht erworbenen Wissens beitragen.

Anmerkung

¹⁾ Der Begriff "Naturphänomen" wird hier möglichst umfassend verstanden, d. h. also, er umfaßt nicht nur die in der freien Natur beobachtbaren Vorgänge, sondern alle nicht durch bewußte Technik bedingten Erscheinungen, die auf unsere Sinne wirken.

Literatur

- /1/ Wagenschein, M., Die Pädagogische Dimension der Physik, Westermann, Braunschweig 1971
- /2/ Daumenlang, K., Physikalische Konzepte junger Erwachsener, Dissertation, Erlangen 1969
- /3/ Universitätseingangsteste (unveröffentlicht)
- /4/ z.B. Stöcker, K., Neuzeitliche Unterrichtsgestaltung, Ehrenwirth Verlag, München 1960, p. 47ff
- /5/ Bauer, H.F.,
Klinger, W. Der Schülerversuch im Physik- und Chemieunterricht der Hauptschule, Blätter für die Lehrerfortbildung, 36. Jhrg., Heft 4 (1984) p. 148
- /6/ Bruner, J. S., Entwurf einer Unterrichtstheorie, 1974, Pädagogischer Verlag Schwann, Berlin-Düsseldorf
- /7/ Stöcker, K., Neuzeitliche Unterrichtsgestaltung, Ehrenwirth-Verlag, München 1960, p. 80 u. p. 94
- /8/ Klinger, W., Analogiedenken und physikalische Interpretation. in: Zur Didaktik der Physik und Chemie, Band L 6, Hrsg. Mikelskes, M., Leuchtturm-Verlag, Kiel 1985, p. 171-174
- /9/ Piaget, J.: Das Erwachen der Intelligenz beim Kinde, Klett-Verlag, Stuttgart 1975
- /10/ Duit, R., Häusler,
P., Kircher, E. Unterricht Physik, Aulis Verlag, Köln 1981
- /11/ Wagenschein, M. Verstehen lehren, Beltz-Verlag, Weinheim 1968
- /12/ Heuer, D. Dynamik in der Sekundarstufe I, NiU, 26 (1978), p. 33-40 u. p. 70-78
- /13/ Heuer, D. Elementarisierung im Physikunterricht durch Reduktion des mathematischen Anspruchsniveaus, Praxis der Naturwiss. Physik, 29 (1980), p. 33-48
- /14/ Klinger, W. Videotechnik, eine Möglichkeit zur Untersuchung von Bewegungsvorgängen. Päd. Welt, Heft 11, 40 (1986), p. 497-501
- /15/ Klinger, W. Praxis der inneren Differenzierung im Mathematik- und Physikunterricht, R. G. Fischer, Frankfurt 1984
- /16/ Klinger, W. Innere Differenzierung im Physikunterricht der Hauptschule, Päd. Welt, 38 (1984), p. 26-48
- /17/ Klinger, W.
Maier, H. Wie beim Fernsehen das Bild entsteht, Päd. Welt, Heft 2, 39 (1985), p. 74-78