

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.

Physik als Kulturgut - Bildung und Erziehung im Physikunterricht

"Physik ist ein legitimes Kind aus der Ehe zwischen Philosophie und Handwerk" (C.F. von Weizsäcker). Im Zusammenwirken mit der Technik ist sie an der Schaffung der Grundlagen unserer Zivilisation entscheidend beteiligt. Die heutige Physik versteht sich andererseits auch als moderne Nachfolgerin der antiken Naturphilosophie und erhebt den Anspruch, einen wesentlichen Beitrag zu unserem Weltverständnis zu leisten. Physikalische Bildung bedeutet heute, die Bereitstellung eines Grundwissens über die Natur und ihre Gesetze, das in vieler Hinsicht unverzichtbare Voraussetzung für verantwortungsvolles Handeln und für weittragende Entscheidungen darstellt; darüber hinaus sollen Kenntnisse von Arbeits- und Denkweisen vermittelt werden, die in Wissenschaft und Wirtschaft zunehmend an Bedeutung gewonnen haben. Der Physikunterricht vermittelt beispielhaft die weitreichende Erkenntnis, daß "die Natur Gesetze aufstellt, an denen der Mensch nicht vorbei kommt"; den Schülern wird so verdeutlicht, daß das Wünschenswerte nicht immer machbar und umgekehrt das Machbare nicht immer wünschenswert ist. Bei der Bildung der Persönlichkeit ist der Physikunterricht ebenso gefordert wie andere Fächer. Durch Erziehung zu genauem Beobachten und Beschreiben, Anleitung zu sorgfältigem, methodischem Arbeiten sowie zu sorgfältigem und sachgerechtem Umgang mit Geräten, Förderung von Kreativität und Stärkung von Verantwortungsbewußtsein und Verantwortungsbereitschaft leistet der Physikunterricht wertvolle Beiträge zum Bildungs- und Erziehungsauftrag des Gymnasiums.

"Alle Menschen streben von Natur nach Wissen" (Aristoteles)

Die Physik hat ihren Ursprung in der Antike, wo sie sich aus philosophischen Fragestellungen nach dem Sein der Dinge entwickelte. Aus der Beobachtung von Naturerscheinungen und deren Deutung führte der Weg zu immer gezielteren Fragestellungen und deren Beantwortung durch das Experiment. Das Denken des Menschen heute und seine Einstellung zur Natur wird in hohem Grade von den Naturwissenschaften bestimmt. Ob es sich um Aspekte der Energie- und Umweltprobleme, um die vielseitigen Auswirkungen moderner Technologien oder um die zahlreichen technischen Geräte des Alltags handelt, überall spielen physikalische Gesetze und Erkenntnisse eine wesentliche Rolle. Das Verständnis fundamentaler physikalischer Zusammenhänge und Denkweisen ist deshalb für eine Orientierung in der heutigen Welt unentbehrlich. Auch wenn der einzelne Mensch vorwiegend die Anwendungen physikalischer Erkenntnisse als Grundlage der ihn umgebenden Technik erlebt, so sind seit jeher viele physikalische Forschungsgebiete nicht primär technik-orientiert, sondern entspringen der menschlichen Suche nach der Ordnung und dem Ursprung der Dinge und verfolgen oft wertfreie Fragen, welche die Grundlagen unseres Wissens und Erkennens angehen (sog. Grundlagenforschung). In großen Beschleunigeranlagen versuchen Hochenergiephysiker in internationaler Zusammenarbeit Ereignisse der kosmischen Vorgeschichte für kurze Zeiten zu realisieren; sie hoffen, daß gerade das Studium der Erscheinungen bei extrem hoher Energie zu einer vereinheitlichenden Theorie sämtlicher Teilchen und aller Kraftfelder - einer "Weltformel" - führen wird.

So steht die Astrophysik bei der Erforschung des "Urknalls" bzw. des "Augenblicks danach" in enger Beziehung mit der Hochenergiephysik. Während industrielle Anwendungen der Teilchenphysik gegenwärtig nicht zu erwarten sind, führten einzelne Komplexe physikalischer Erkenntnisse zur Schaffung ganzer, neuer Industriezweige, z.B. der Mikroelektronik.

Grundbildung und Verantwortungsbewußtsein

Vielfalt und Komplexität der physikalischen Erkenntnisse und Gegenstände erlauben heute keine allumfassende physikalische Bildung. Viele physikalische Gebiete, für die sich die Schüler aufgrund der aktuellen Berichterstattung in den Medien interessieren, können im Physikunterricht oft nur im Sinne von "über Physik reden" behandelt werden; tiefere Einblicke müssen der Schulphysik wegen eines mathematisch hohen Anforderungsniveaus oder wegen eines komplexen Umfeldes verschlossen bleiben. Ferner muß der Physiklehrer seinen Unterricht an jenen Schülern orientieren, die später kein naturwissenschaftliches Fach studieren, deren Leben jedoch - wenn auch oft unbewußt - von physikalischen Gesetzmäßigkeiten bestimmt wird. Angestrebt wird deshalb eine breite, physikalische Grundbildung, die Interesse und Freude an naturwissenschaftlichen Fragestellungen bei den Schülern weckt, die zu einer positiven Grundeinstellung gegenüber Naturwissenschaft und Technik hinführt und zur weiteren Beschäftigung mit Physik motiviert.

Wer es mit dem Recht auf Teilhabe des mündigen Bürgers an Entscheidungsprozessen in Umwelt- und Technikfragen ernst meint, kann auf eine physikalische Grundbildung als Grundlage einer sachlichen Urteilsfähigkeit nicht verzichten. Ziel des Unterrichts soll deshalb nicht die Vermittlung fachlicher Inhalte als Selbstzweck sein, sondern die Vermittlung von Kenntnissen, Fertigkeiten, Fähigkeiten und Einsichten als Grundlage für die eigenständige Verarbeitung von Informationen, für die systematische Inangriffnahme von Alltagsproblemen und die kundige Beurteilung von Vorgängen in Natur und Technik als Rüstzeug für das Leben.

Denken in Zusammenhängen, Fähigkeit zu Reflexion und Theoriebildung

Ausgehend von der Betrachtung von Phänomenen aus der eigenen Erfahrungswelt erhalten die Schüler einen Einblick in die Untersuchung der Vorgänge und Zustände in der unbelebten Natur und werden behutsam in die naturwissenschaftliche Arbeitsweise eingeführt. Schrittweise wird aus der qualitativen Betrachtung am Beispiel einiger Naturerscheinungen eine quantitative, mathematische Beschreibung entwickelt. Die Schüler werden angeleitet, die physikalischen Gesetze zu durchdringen, Zusammenhänge zwischen den einzelnen Größen herzustellen und die Voraus-

setzungen bzw. Gültigkeitsgrenzen physikalischer Aussagen zu berücksichtigen.

Am Zusammenspiel von Theorie und Experiment lernen sie verschiedene, wichtige Methoden der Erkenntnisgewinnung kennen. Dabei kommt der Theorie- und Modellbildung mit zunehmendem Alter der Schüler eine wachsende Bedeutung zu. Zum Beispiel lernen die Schüler in der Mittelstufe mit der Strahlenoptik ein leistungsfähiges Modell kennen, das unter Zuhilfenahme geometrischer Sätze viele optische Phänomene erklären kann. In der Oberstufe zeigen Versuche mit mechanischen Wellen, Mikrowellen und Licht die Gleichartigkeit der Phänomene und führen durch Analogiebetrachtungen zum Modell von Licht als elektromagnetischer Welle. Versuche zum Photoeffekt erschüttern gleichsam dieses Modell. Der historische, sogenannte "Welle-Teilchen-Dualismus" - von den Schülern meist zunächst mit Staunen oder auch Ablehnung betrachtet - zeigt die Grenzen bei der Anwendung klassischer Begriffe auf Mikroteilchen und fordert die Schüler zum Nachdenken über Modellvorstellungen an sich und über Grundansätze der Erkenntnistheorie heraus: Die Physik vermittelt nicht ein Bild der Natur selbst, sondern ein Bild unserer Kenntnisse von der Natur. Die scheinbaren Widersprüche zwischen Wellen- und Teilchenmodell werden durch ein mathematisches Modell, die statistische Deutung nach Born, gelöst. Die Diskussion der geschichtlichen Entwicklung der Frage "Was ist Licht?" läßt die Schüler die Dynamik der physikalischen Wissenschaftsentwicklung und die Nähe zu philosophischen Fragestellungen miterleben. Zum fachlichen Inhalt tritt das Erlebnis der Methode der naturwissenschaftlichen Problembewältigung als Unterrichtsziel und fördert das Denken in Zusammenhängen sowie die Fähigkeit zur Reflexion.

Im Vordergrund des Physikunterrichts steht das induktive, vom Experiment ausgehende Verfahren, die gezielte Fragestellung an die Natur. Oft ist es gar nicht einfach, diese Fragen richtig zu stellen: Nur wenn andere, das Verhalten mitbestimmende Größen ausgeschlossen werden, können Abhängigkeiten ermittelt werden. Es bedarf sorgfältiger Vorbereitung, damit die Schüler erkennen, daß die physikalische Gesetzmäßigkeit als Kombination von verschiedenen, untereinander unabhängigen Abhängigkeiten entsteht. Am Beispiel des Gesetzes von Archimedes erleben die Schüler erstmals die deduktive Herleitung eines physikalischen Gesetzes mit einfachen mathematischen Mitteln. Übereinstimmung von Theorie und Experiment werden in einer Stichprobe überprüft; Abweichungen werden aufgespürt und altersgemäß anhand einer Fehlerbetrachtung gedeutet.

Analytisches Denken und Kreativität

Beobachtung, Beschreibung und Auswertung von Experimenten verlangen von den Schülern Bereitschaft zu sachlicher und exakter Arbeit und die Fähigkeit zu analytischem Denken. Neben den Demonstrations- und Lehrerversuchen kommt den Schülerversuchen eine besondere Bedeutung zu.

Eigentätigkeiten erleichtern den Schülern den Zugang zu einfacher Technik und fördern handwerkliche Fähigkeiten. Sie erziehen zu sachgerechtem Umgang mit Geräten, lassen Sicherheitsvorschriften verständlich werden und befähigen so zu verantwortungsvollem Handeln. Vorbereitung und Durchführung von Experimenten wecken eine schöpferische Neugier, fördern die Kreativität und lassen die Schüler das Abenteuer Forschung erleben; krönenden Abschluß kann die experimentelle Facharbeit im Leistungskurs Physik bilden. Hinweise auf geeignete Heimversuche können zu sinnvoller Freizeitgestaltung anregen. Schülerversuche in Gruppen fördern die Bereitschaft und Fähigkeit zur Teamarbeit und den sozialen Umgang miteinander. Im Rahmen von Unterrichtsprojekten als fachliche oder fächerübergreifende Zusammenschau sollen die Schüler lernen, wie sich die Arbeitsweise der Physik auch auf viele Alltagsprobleme übertragen läßt. Die aktive Beteiligung an einem gemeinsamen Vorhaben und die konstruktive Zusammenarbeit in einer Gruppe kann so auch zur Harmonisierung des Klimas in einer Klasse beitragen.

Ein geschickter - eigener - Versuch, die Sichtbarmachung von Verborgendem z.B. bei Interferenzerscheinungen des Lichtes oder auch bei der Beugung von Elektronenstrahlen, macht augenfällig, daß Physik auch mit Ästhetik verbunden ist. Bei Symmetriebetrachtungen oder Analogien von physikalischen Gesetzen bedarf es, wie bei einer modernen Plastik oder einem Gedicht auch, intellektueller Anstrengungen, um das Ästhetische aus dem Formalismus zu lösen.

Förderung des Wertebewußtseins

Die Beschäftigung mit dem Lebenswerk bedeutender Physiker des 20. Jahrhunderts führt im Unterricht zur Diskussion ethisch-moralischer Fragestellungen vor einem geschichtlichen, wissenschaftlichen und politischen Hintergrund. Auch in geistesgeschichtlicher Hinsicht hat die Physik bedeutende Beiträge geleistet. Stellvertretend für viele andere sei die Entwicklung der Vorstellungen von der Welt vom geozentrischen Weltbild über das heliozentrische Weltbild bis hin zum Weltbild der modernen Astrophysik genannt. Der Physikunterricht soll den Schülern durch die Auseinandersetzung mit derartigen Fragen deutlich machen, daß Physik nicht nur Voraussetzung für technische Anwendungen ist, sondern einen wesentlichen Anteil am Gesamtverständnis unserer Welt hat.

Eine besondere Stellung nimmt in diesem Zusammenhang der Grundkurs Astronomie ein, da zum Verständnis der Vorgänge im Universum alle Teilgebiete der Physik herangezogen werden müssen. Eigene Beobachtung am Fernrohr und die Betrachtung von Bildern führen den Schülern die Schönheit und Erhabenheit des Kosmos vor Augen. Der Einblick in die kosmische Wirklichkeit - das "Forschungslabor Weltraum" - soll ihnen helfen, die Situation des Menschen in seinem Lebensraum

Erde realistisch und verantwortungsbewußt zu beurteilen. Wer unter sachkundiger Anleitung Sternbeobachtungen durchgeführt hat, wird nicht nur von der Schönheit des Sternenhimmels ergriffen sein, sondern besser begreifen, wie winzig und beschränkt unser Planet ist.

Physikunterricht 2000 ?

Einblicke in die Entwicklungen in der Astrophysik, der Festkörperphysik und der Hochenergiephysik sollen Schülern den Stand der physikalischen Forschung nahebringen; darüber hinaus erlauben im Lehrplan vorgesehene Freiräume das Eingehen auf aktuelle Themen, je nach Schülerinteresse und Arbeitsschwerpunkt des Lehrers.

Da sich die berechenbare Physik nach Newton mehr und mehr als idealisierter Sonderfall herausstellt und in vielen Bereichen Systeme überwiegen, die sich der Berechenbarkeit im klassischen Sinne entziehen, wird eine exemplarische Einführung in die oft nur durch den Einsatz von Großrechnern zugänglichen Bereiche der Chaosphysik absehbar eine der nächsten Forderungen sein. Welche Rückwirkungen auf den Physikunterricht der Einsatz von Rechnern haben wird, der über die Meßwert- erfassung und -verarbeitung sowie die Unterstützung bei Simulation und Modellbildung hinausgeht, kann zur Zeit noch nicht abgeschätzt werden. In Modellversuchen muß auch die Notwendigkeit und Nützlichkeit etwa der Datenfernübertragung für den Unterricht erprobt werden. Ziel und Legitimation des Computereinsatzes muß dabei immer der zeitgemäße und gute Physikunterricht sein.

Während sich die physikalischen Grundgesetze meist als einfach und unwandelbar erweisen, erfährt die aktuelle Physik eine fortwährende Innovation. Die Tatsache, daß der Jahrgang 1940 der wichtigen physikalischen Zeitschrift "The Physical Review" im Bücherregal 10 cm Platz beanspruchte und der Jahrgang 1985 bereits 1,70 m, mag belegen, in welchem Ausmaß die physikalische Forschung ständig neue Ergebnisse hervorbringt und welche hohen Anforderungen an einen modernen Physikunterricht und dessen Weiterentwicklung von daher gestellt werden. Die Didaktik der Physik muß nach neuen Wegen suchen, welche - ohne die Schüler dabei zu überfordern - die Aktualität des Physikunterrichts erhalten. Daß in dieser Hinsicht viel geschehen ist und auch weiterhin viel getan werden muß, sieht man, wenn man etwa die Abituraufgaben von 1990 mit denen von 1910 vergleicht, die bei heutiger Einschätzung dem Standard der Mittelstufe entsprechen. Wenn der Physikunterricht zudem Allgemeinbildung vermitteln soll, stellt sich die Frage, welche neuen Themenkreise in seinen Lehrplan aufgenommen werden sollen. Die Bedeutung neuer Entwicklungen ist oft rasch wieder überholt, Wichtiges kristallisiert sich erst nach Jahren heraus, Grundlagen erfordern weiterhin viel Erarbeitungszeit, das Aufnahme- und Abstraktionsvermögen der Schüler ist begrenzt. Welche "alten" Inhalte sind verzichtbar? Langfristig muß anstelle von Detaillösungen ein Gesamtkonzept erarbeitet

werden, das sowohl die Weiterentwicklung der Inhalte und Methoden als auch den Bildungswert der Inhalte und die Entwicklung der Schüler gleichermaßen berücksichtigt.

Im Zusammenhang mit der Diskussion um Ausbildungszeiten und um andere Formen des Gymnasiums kommt Lehrern, Fachdidaktikern und Wissenschaftlern auch eine sozusagen bildungspolitische Aufgabe zu: Sie müssen die Bedeutung des Faches Physik und des Physikunterrichts für die im Gymnasium vermittelte Allgemeinbildung und allgemeine Studierfähigkeit sowie den Beitrag des Physikunterrichts zum Erziehungsauftrag des Gymnasiums der entscheidungstragenden Öffentlichkeit bewußt machen und aktiv argumentierend in die gegenwärtigen Diskussion eingreifen.

"Die Naturwissenschaft ist die größte Bewußtseinsveränderung der Menschen seit dem Kommen der Hochreligionen und der Kulturen des ersten vorchristlichen Jahrtausends; ich nenne sie gern den harten Kern der Neuzeit" (C.F. von Weizsäcker)

BILDUNG UND ERZIEHUNG IM PHYSIKUNTERRICHT ist, unabhängig von den fachlichen Inhalten, eine notwendige Forderung unserer Zeit. Physik darf in der Erinnerung der Schüler nicht nur eine Aneinanderreihung von schwierigen Formeln und Fakten sein, ein Fach, das man "nicht lernen kann", sondern "verstehen muß". In allen Schularten und Ausbildungsrichtungen sollen die Schüler durch Einbettung in fächerübergreifende Zusammenhänge **PHYSIK ALS KULTURGUT** erleben. Bei der Erarbeitung des neuen Lehrplans für das bayerische Gymnasium wurde versucht, den notwendigen Rahmen dafür zu schaffen.

Weiterführende Literatur:

Willer, J.: Physik und menschliche Bildung, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1990

Simonyi, Karoly: Kulturgeschichte der Physik, Verlag Harri Deutsch, Thun/Frankfurt a.M. 1990