

Jung, Walter

Hat der Physikunterricht eine Zukunft? Überlegungen zum Verhältnis von Physik und Technik

Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 1 (1995) 1, S. 5-14



Quellenangabe/ Reference:

Jung, Walter: Hat der Physikunterricht eine Zukunft? Überlegungen zum Verhältnis von Physik und Technik - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 1 (1995) 1, S. 5-14 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-314618 - DOI: 10.25656/01:31461

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-314618>

<https://doi.org/10.25656/01:31461>

in Kooperation mit / in cooperation with:



IPN

Leibniz-Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften und Mathematik

<https://www.leibniz-ipn.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: pedocs@dipf.de

Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

WALTER JUNG

Hat der Physikunterricht eine Zukunft? Überlegungen zum Verhältnis von Physik und Technik

Zusammenfassung:

Der Physikunterricht ist zweifellos in der Krise. Augenfällige Zeichen dafür sind zahllose Untersuchungen weltweit, die diesem Unterricht eine eingeschränkte Effektivität bescheinigen und die klar zeigen, daß das Interesse, vor allem der Mädchen, zu wünschen übrig läßt. Als ein Ausweg aus dieser Krise wird empfohlen, den Unterricht „lebensnäher“ zu gestalten, zum Beispiel Aspekten der technischen Umwelt mehr Raum als bisher einzuräumen. Es ist auch die Auffassung vertreten worden, daß der Physikunterricht besser durch Technikunterricht zu ersetzen sei. Im vorliegenden Beitrag wird dafür plädiert, den Physikunterricht zu erhalten, wengleich er einer grundlegenden Reform zu unterziehen ist. Es wird zunächst herausgearbeitet, daß Physik und Technik einen unauflösbaren Komplex bilden und daß die tragenden Grundideen dieses Komplexes von der Physik bereitgestellt werden. Physikunterricht kann deshalb höchstens dann durch Technikunterricht ersetzt werden, wenn dieser die wesentlichen Elemente des Physikunterrichts beinhaltet. Bei der Reform des Physikunterrichts sollten die Inhalte nicht trivialisiert werden. Es sind vielmehr Unterrichtsmethoden zu entwickeln, die es erlauben, den Schülerinnen und Schülern das Gefühl zu vermitteln, daß sie Physik verstehen können.

Abstract:

Physics instruction undoubtedly is in a crisis. Numerous studies around the world have shown that this instruction very often is not very effective in teaching physics concepts, principles and views. They have also made evident that many students (especially girls) have little interest in learning physics. There appears to be a common concern among those who argue in favour of a reform of physics instruction that this instruction has to become more oriented towards students' life world, for instance, towards technologies that shape it. In Germany there was even the recommendation to replace physics instruction by technology instruction (Technikunterricht). This article deliberately argues in favour of keeping physics instruction in the curriculum although a fundamental reform is seen as absolutely necessary. It is worked out that physics and technology are very deeply „merged“ with physics providing the key frameworks of basic ideas. Therefore, physics instruction could be replaced by technology instruction only if technology instruction would include the key elements of physics instruction. An important aspect of present physics instruction's reform is to give students the confidence that they are able to understand physics. Contents of physics instruction should not be trivialised but methods need to be developed that allow students to learn with understanding.

1. Anmerkungen zur Situation des Physikunterrichts

Im letzten Jahrzehnt und vermutlich schon weiter zurück, sind Zeichen einer Krise des Physikunterrichts unverkennbar geworden (Nielsen & Thomsen, 1987). Sie resultiert aus einem komplizierten Geflecht von Entwicklungen, denen ich hier nicht nachgehen kann. Ich möchte nur zwei Aspekte hervorheben.

(i) In zahlreichen Ländern gibt es Untersuchungen über die Effektivität des Physikun-

terrichts, die zu dem konvergenten Ergebnis führen, daß ein viel zu großer Teil der Schüler durch den Unterricht das Wissen nicht erwirbt, das er nach den Zielsetzungen des Unterrichts erwerben sollte. Dafür gibt es schlagende Beispiele in der elementaren Optik (Jung, 1985a; Goldberg & McDermott, 1987). Auch zahlreiche Untersuchungen über Mechanikkenntnisse wurden durchgeführt (Viennot, 1979; Driver, 1985; Warren, 1985; Nachtigall, 1985), die zeigen, daß deutsche Studenten kaum bessere Ergebnisse aufweisen als die in anderen Ländern (Jung & Wiesner,

1985). Zur elementaren Elektrizitätslehre haben wir einen Test in mehreren westeuropäischen Ländern durchgeführt, der bedrückende Defizite erkennen läßt (Shipstone, Rhöneck, Jung, Kärrquist, Dupin, Joshua & Licht, 1988; Jung & Voss, 1986). So bleiben z.B. über den Spannungsbegriff große Unklarheiten bestehen, eine klare Unterscheidung zwischen Stromstärke und Spannung wird nicht in wünschenswertem Maße erreicht.

Zu ähnlichen Ergebnissen ist übrigens eine Untersuchung an Berufsschülern gekommen (Strack, 1985). Daß der Spannungsbegriff auch für Physikstudenten voller Tücken ist, zeigt eine von mir mit der Methode des lauten Denkens durchgeführte Untersuchung. Es ist erstaunlich zu sehen, welche Unklarheiten bei Physikstudenten in höheren Semestern zum Vorschein kommen (Jung, 1985b).

(ii) Ich möchte einen zweiten Aspekt erwähnen, der vermutlich eine wichtige Teilerklärung für all diese negativen Ergebnisse darstellt: Ich meine die Tatsache, daß die viel genannte Front der physikalischen Forschung so rasch vorangetrieben wird, daß die Etappe – und dazu muß man in diesem Bild Physikunterricht jeder Stufe rechnen – einfach nicht mitkommt, mit dem Ergebnis einer wachsenden Kluft zwischen Wissenschaft und Unterricht. Die Folge ist, daß ein Verweilen beim Elementaren, seiner Erkundung in konkreten Situationen und Problemen, immer mehr unterbleibt. Dazu gehört auf seiten der Hochschulphysik eine starke Tendenz zur Theoretisierung und Mathematisierung: die Beherrschung immer komplexerer mathematischer Techniken nimmt immer mehr Zeit in Anspruch, die einer soliden Fundamentierung fehlt. Aus Gesprächen mit Studenten entsteht der Eindruck, daß der künftige Lehrer in weiten Gebieten der Schulphysik später kaum auf das zurückgreift, und greifen kann, was er im Studium gelernt hat.

2. Der Physikunterricht in der Zange

Wenn die geschilderten Sachverhalte auch nur annähernd richtig dargestellt wurden, braucht

man sich nicht darüber zu wundern, daß der Physikunterricht zunehmend unter Druck gerät.

Ich möchte mich mit zwei Kritikpunkten befassen, die dabei eine Rolle spielen:

(i) Pädagogen kritisieren, daß der Physikunterricht den Interessen der Schüler nicht angepaßt sei und daher weithin über die Köpfe der Schüler hinweggehe.

(ii) Dies hänge nicht zuletzt damit zusammen, daß der Physikunterricht viel zu theoretisch sei: ihm fehle die Verbindung zum täglichen Leben, insbesondere die Verbindung zur Technik, die ja heute die Menschen ständig umgebe und die auch weithin die ständige Veränderung der Lebensverhältnisse bewirke, mit ihrer Verbesserung der Lebensqualität aber auch ihren Bedrohungen.

Im folgenden will ich mich speziell auf das Verhältnis des Physikunterrichts zur Technik und zum Technikunterricht konzentrieren. Das Problem hat im Augenblick an Brisanz verloren, bleibt jedoch latent und kann jederzeit wieder akut werden. Die Latenzzeit sollte genutzt werden, um es sine ira zu diskutieren und um zu einem gefestigten Standpunkt zu kommen.

Was die Frage der Interessen anlangt, so kann ich nur wiederholen, was ich schon mehrfach dargelegt habe (Jung, 1983), daß nämlich die Schülerinteressen selbstverständlich bei der Gestaltung des Unterrichts berücksichtigt werden müssen, daß sie aber nicht ausschlaggebend für das sein dürfen, was im Unterricht angestrebt wird. Denn eine höchst wichtige Aufgabe der Schule und des schulischen Unterrichts besteht ja gerade darin, neue Interessen zu wecken und den Horizont des Blicks und des Verständnisses zu erweitern. Das Schülerinteresse betrifft daher eine methodische Frage, nämlich die, wie man an Interessen anzuknüpfen hat. Wenn es, wie ich denke, einer der Zwecke von Schule ist, die Schüler in die heutige Welt einzuführen, und das so, daß sie darin die Zukunft wahrnehmen, sei es als Verhängnis, sei es als Aufgabe, an der sie mitgestaltend arbeiten können,

dann kann schulischer Unterricht sich seine Inhalte nicht von den Schülerinteressen vorschreiben lassen. Er muß seine Erziehungsaufgabe wahrnehmen.

3. Physik und Technik – ein Komplex

Ich möchte zunächst die These formulieren, daß heute Physik und Technik einen nicht mehr auflösbaren Komplex bilden. Zur Erläuterung will ich etwas ausholen.

Es mag den, der sich mit der Geschichte der neuzeitlichen Wissenschaft, insbesondere der Physik, nicht intensiv beschäftigt hat, überraschen, daß in den Anfängen, im frühen 17. Jahrhundert, Physik und Technik als zusammengehörig betrachtet wurden. Francis Bacons viel zitiertes Motto zum Neuen Organon, „Durch Gehorchen herrschen“, deutet diese unlösbare Verbindung an. An anderer Stelle spricht er davon, das „Ziel ist der Sieg der Kunst über die Natur“ (Nov. Organon § 117). Der Gedanke einer „Herrschaft über die Natur“ (Nov. Org. § 121) dominiert dieses Manifest einer neuen Wissenschaft. Ähnliche Gedanken äußert Thomas Hobbes, wenn er ausführt, „alles Wissen dient nur der Macht“, d.h. dem Machen. In den Akten der großen wissenschaftlichen Gesellschaften, voran der Londoner Royal Society, wird ständig Bezug genommen auf nützliche Erfindungen: Das Aufkommen der neuen Wissenschaft war mit der Hoffnung auf die Abschaffung von nutzloser Plackerei und den Segnungen allgemeinen Wohlstandes verbunden (Clark, 1970; van den Daele, 1977).

Wenn man der Frage nachgeht, weshalb gerade und ausschließlich in Westeuropa diese neue Wissenschaft entstand, dann findet man einen weitgehenden Konsens darüber, daß sie einer Verbindung von abstraktem, mathematischem Denken mit der hochentwickelten mechanischen Kunstfertigkeit der Ingenieure der Renaissance entsprungen ist. Eine derartige Konstellation scheint es sonst nirgends gegeben zu haben.

In den mechanischen Geräten, oft nur Spielzeuge von Fürsten, steckt ein hohes Maß an Präzision. In ihnen wurden daher präzise

Mechanismen realisiert, und sie waren nichts anderes als die Materialisierung mathematischer Algorithmen. In der mathematischen Formulierung aber konnten sich beide vereinen, die Männer der Künste, die nach handlungsleitenden Regeln, und die Naturwissenschaftler, die dem griechischen Erkenntnisideal anhängen und nach den Naturgesetzen suchten. Mit dem mathematisch formulierten Naturgesetzen hatte man zugleich eine Form von Regeln, die einen qualitativen Fortschritt gegenüber den empirischen Maximen, z.B. den Faustregeln der Architekten und Brückenbauer, bedeuteten. Weshalb war das so?

Betrachten wir irgendein physikalisches Gesetz, etwa aus der Elektrodynamik das Induktionsgesetz $U_i = -d\phi/dt$. Was diese mathematische Form auszeichnet, ist das Auftreten von Variablen. Es sind keine bestimmten Werte, deren Zusammenhang hier ausgesagt wird, sondern der allgemeingültige Zusammenhang zwischen Variablen. Diese Allgemeingültigkeit mag den Naturwissenschaftler befriedigen, weil er glauben kann, etwas Dauerndes, Ewiges im Sinne des an der griechischen Philosophie orientierten Erkenntnisideals gewonnen zu haben. Aber diese mathematische Form ist zugleich eine technische Regel und sie hat nie mehr dieses Janusgesicht verloren. Wie das? Nun, sie sagt uns erst einmal, daß es Variation gibt, sie läßt uns die Wahl von Werten für Variable. Sie sagt uns genauer, was man tun muß, damit man z.B. überhaupt eine Spannung bekommt, damit man eine größere oder kleinere Spannung bekommt etc. Sie enthält ein Bukett von Experimenten, und Experimente sind technische Abläufe. Aber auch wenn man mit Hilfe von Experimenten auf die Formel hinarbeitet, so muß man erst einmal eine Vorstellung von den Variablen, den variablen Größen haben, die in Beziehung gesetzt werden sollen. Die Formel korrespondiert so oder so, d.h. induktiv oder deduktiv, einem technischen Handlungsraum. Krohn (1979, 134) legt glaubhaft dar: „Im 16. und 17. Jahrhundert sind ...bei einigen Forschern ...technische Erkenntnis und Naturerkenntnis geradezu

identifiziert“ (s. auch Böhme, van den Daele & Krohn, 1977; Zilsel, 1976). Er fährt allerdings fort: „Gegen Ende des 17. Jahrhunderts zerbricht diese Einheit.“ Vergessen wir dennoch nicht, wie eng die Beziehung blieb: Bis heute produzieren die Physiker Geräte, sei es allein, oder mit Hilfe geschickter Mechaniker, Optiker und heute Elektroniker; Herschel z.B. baute seine Teleskope noch selbst. Die Verbindung war jedoch keineswegs nur eine persönliche Geschmacksfrage. Abgesehen von der grundsätzlichen, durch die neue mathematische Formulierung der Naturgesetze bestimmten Verbindung zwischen technischen und physikalischem Wissen bestand auch eine zwingende Notwendigkeit ihrer Verbindung, nämlich physikalischer Fortschritt war und ist untrennbar mit der Entwicklung neuer bzw. mit der Verbesserung alter Apparate verbunden. Und aus neuer Erkenntnis entstehen auch immer wieder neue Apparate bzw. Verbesserungen von alten. Man kann geradezu von einer „innerwissenschaftlichen Technik“ sprechen (G. Böhme).

Krohn führt das Zerbrechen der (postulierten) Einheit von Technik und Wissenschaft u. a. auf folgende Situation zurück, die sofort auch als relevant für mein Thema erkennbar ist: „Die Wissenschaften (sprich: die Physik) waren zu modellhaft, als daß sie den konkreten Bedingungen der Technik hätten angepaßt werden können.“ (Krohn, 1979, 134). Im Laufe des 19. Jahrhunderts wurde das Zerbrechen genau auf dieser Grundlage institutionalisiert, wie Peter Weingart in einer Abhandlung (Weingart, 1974) entwickelt hat: Es entstanden die technischen Wissenschaften an den Technischen Schulen und Hochschulen, die sich bewußt von den Universitäten abgrenzten: An den Universitäten betrieb man Grundlagenwissenschaften, also z.B. Physik, die zum Ziel hatten, die Fülle der Gesetzmäßigkeiten bzw. Regeln auf letzte Prinzipien zurückzuführen. Die technischen Wissenschaften verzichteten auf dieses Ideal, Grundlagenwissenschaften zu sein, sie bearbeiteten komplexe Probleme mit naturwissenschaftlicher Methodik. Heute ist dieses ganze

System sehr viel umfassender. Aber, um noch einmal Krohn (1979, 136) zu zitieren, „diese Trennung zwischen technischer Wissenschaft und Naturwissenschaft“ ist „angesichts der Wissenschaftsentwicklung des 20. Jahrhunderts, etwa in der Festkörperforschung, Lasertechnik, Weltraumforschung, DNA-Rekombination, immer künstlicher...“. In der Tat, wenn ich z.B. meinen eigenen Fachbereich Physik nehme, so findet man im Physikalischen Institut eines der führenden Kristallzüchtungslabors, eine raffinierte technische Einrichtung. In einem anderen Institut werden Ionenquellen entwickelt. Vom kernphysikalischen Institut brauche ich nicht zu sprechen: Atom- und Kernphysik waren von Beginn an hochtechnisierte Disziplinen. Die Beschleunigeranlage der Gesellschaft für Schwerionenforschung ist nichts weniger als eine physikalische Fabrikanlage. Die Lösung eines technischen Problems, d.h. hier der Bau eines Apparates, der tut was er soll, wird als physikalische Leistung honoriert, heutzutage sogar mit dem Nobel-Preis für Physik.

Es ist aber nicht nur so, daß Technik und Physik gewissermaßen aus praktischen, z.B. meßtechnischen Gründen eine Symbiose eingegangen sind. Zwei Gesichtspunkte sind zu beachten. Zum einen: Denken wir an Krohns Bemerkung zurück, daß die Physik zu modellhaft gewesen sei und daher unfähig, den konkreten technischen Bedürfnissen zu genügen, so müssen wir heute feststellen, daß sich diese Situation gründlich gewandelt hat. Die Verselbständigung der Grundlagenforschung hat sich gelohnt. Die Prinzipien der Physik sind so umfassend, daß die pauschale Beurteilung, die für das 18. Jahrhundert zutreffen mag, nicht mehr stimmt. Physikalische und technische Forschung können sich daher immer besser aufeinander beziehen und amalgamieren.

Ein zweiter Punkt ist jedoch für unser Thema noch wichtiger. Ich will ihn wieder als These formulieren: Das an der griechischen Philosophie orientierte Erkenntnisideal, das Ideal von Theorie als einer Betrachtung der verborgenen Wahrheiten der Natur, ist in der Physik einem instrumentalistischen, letzten Endes

technischen Erkenntnisideal gewichen. Zuge-spitzt läßt sich das am Beispiel von physikalischer Theorie zeigen, sie wird nämlich als eine (mathematische) Voraussage-Maschine verstanden. Theorie wird als Apparat konstruiert, der tut, was er soll. Nur ist es kein materieller Apparat, sondern ein funktioneller. Man könnte auch sagen, Theorie ist Software. Ein Wahrheitsanspruch wird nicht mehr damit verbunden, außer eben dem, daß sie „funktioniert“.

Ich stelle also zusammenfassend fest: Physik und Technik wachsen immer rascher zu einem gemeinsamen Komplex zusammen. Dabei muß man nur im Auge behalten, daß beide Bereiche noch differenziert werden. Die Unterschiede im physikalischen Bereich sind nicht geringer als die im technischen Bereich und die zwischen beiden Bereichen.

4. Zukunft des Physikunterricht – welche?

Wenn es wahr ist, daß der bisherige Physikunterricht so wenig Erfolg hat, hat es dann Sinn, ihn weiter zu betreiben? Und welche Alternative bietet sich an? Nun, gerade im Hinblick auf das diagnostizierte Zusammenwachsen von Physik und Technik bietet sich ein Technikunterricht als Alternative unmittelbar an.

Meine Antwort lautet, theseenartig zusammengefaßt:

1. Wir sollten alles daransetzen, den Physikunterricht zu erhalten.
2. Physikunterricht kann nur dann durch Technikunterricht ersetzt werden, wenn er die wesentlichen Elemente des Physikunterrichts beinhaltet.
3. Wir müssen Methode und Schwerpunkte des Physikunterrichts ändern.

Ich will mit den beiden ersten Thesen beginnen, die eng zusammengehören, weil sie damit zu tun haben, wo wir in dem hochdifferenzierten System Physik-Technik den Unterricht ansiedeln. Nehmen wir ein extremes Beispiel: Man kann Unterrichtszeit dazu ver-

wenden, mit den Schülern ein Fahrrad zu reparieren, es auseinandernehmen, zusammensetzen, die Funktion erkunden. Dabei gibt es, wie bekannt, viele Anknüpfungsmöglichkeiten für allgemeinere Lerninhalte sowohl aus der Physik wie aus der Technik. Das Thema ist ja auch in der Physikdidaktik als Organisator der Lehr-Lern-Ereignisse behandelt worden (Schlichting & Backhaus, 1981). Es ist deutlich, daß hier der physikalische und der technische Bereich kaum zu trennen sind. Die Schüler können etwas tun, und sie arbeiten an etwas, was in ihrem täglichen Leben eine Rolle spielt.

Nun kommen zwei wichtige Anmerkungen zu Versuchen dieser Art.

(1) Zwar kann man bei solchen Themen bei mehr Schülern Interesse erwarten als z.B. bei „Kraft gleich Masse mal Beschleunigung“, aber dies Interesse geht ja nicht in Richtung einer intellektuellen Verarbeitung, sondern in Richtung einer Mechaniker-Kompetenz. Die soll hier in keiner Weise abgewertet werden. Ich argumentiere nur, daß sie nicht analytische physikalische Kompetenz ersetzen kann. Viele mögen sich für solche Themen wie Fahrradreparieren interessieren, aber die meisten lassen sich nicht einfangen, nämlich sie machen die Wendung zur physikalischen Analyse nicht mit. Sie mögen sich gar hintergangen fühlen, als Opfer didaktischer Manipulation.

(2) Die Mechaniker-Kompetenz – und das gilt genauso für andere Bereiche, Elektrizität, Optik – kann hochspezialisiert, mit einem hohen Grad an Findigkeit und auch manueller Fertigkeit gepaart sein, ohne daß dazu ein physikalischer Begriffsapparat erforderlich wäre, oder gar physikalische Theorie. Übrigens haben genau diese Probleme auch die Berufsschulen, in denen die Verschmelzung von Technischem und Physikalischem didaktisch besonders weit vorangetrieben ist.

Gerade die Berufsschulpädagogik hat versucht, auf die Probleme zu reagieren, die aus der Komplexität der angefaßten technischen Inhalte entstehen, beim Fahrrad allemal, aber

auch bei einem scheinbar so einfachen technischen Vorgang wie dem Arbeiten an einer Drehbank. Dabei können zwar z.B. die verschiedenartigen auftretenden Kräfte und ihre Auswirkungen auf das Material herauspräpariert werden. Aber dieses dabei, möglicherweise, erworbene physikalische Wissen bleibt stark kontextgebunden und inkohärent. Es bleibt kontextgebunden, das bedeutet auch, daß die Übertragung auf andere Kontexte schwierig ist. Und es bleibt inkohärent, das bedeutet, daß es sich nicht zu einem systematisch nach Prinzipien geordneten Wissen zusammenschließt. Aus dieser Einsicht heraus hat sich in der Berufsschuldidaktik eine unterschiedene Ausweitung der dort so genannten Fachtheorie entwickelt (Karrenberg & Scherzer, 1980; Adolph, 1984a und b; Solymar & Walsh, 1984). Das ist eine höchst interessante Entwicklung, die gewissermaßen nach dem Gegenstromprinzip verläuft: Während allenthalben Physikdidaktiker Überlegungen darüber anstellen, wie man traditionellen Physikunterricht abschaffen könnte, um an deren Stelle komplexe Projekte mit dem Schwerpunkt auf Technikbewertung (assessment) zu setzen, oder Gesellschaftslehre, politische Ökonomie, Geschichte, stößt man in der Vorbereitung der Berufsausbildung dienenden bzw. sie begleitenden Schule immer stärker in die Vermittlung physikalischer Theorien und Begriffsbildung vor.

Wir sehen also: Von den Inhalten her kann ein mehr handwerklich-technischer Unterricht zwar mehr Schüler interessieren, ihnen auch praktische Fertigkeiten für ihr späteres Leben vermitteln, aber das typisch Physikalische, Begriffsbildung, Theoriebildung, Systembildung, wird dabei verfehlt. Und von der Institution Schule her sehen wir: während die allgemeinbildenden Schulen von dem Theoretischen weg wollen, hin zu mehr Praktischem, glauben die beruflichen Schulen gerade umgekehrt den Wert solider Fundierung im wissenschaftlichen Theoriegebäude erkannt zu haben, und sie wenden sich der physikalischen Theorie zu, anstelle der früher eingesetzten mehr oder weniger handwerklichen oder technischen Eigentheorie. Wir können

natürlich nicht wissen, ob sich darin nicht nur eine Phasenverzögerung des beruflichen Bildungswesens, gegenüber dem allgemeinbildenden äußert, das ja aus einer Phase prononciierter Wissenschaftsorientierung, bis hinein in die Primarstufe, nun wieder zurückschwingt zu so etwas ähnlichem wie dem reformpädagogischen „Eigengeist“ der Schule. Nun mag man einwenden, zwar sei es richtig, daß man mit lebensnahen, technischen, handwerklichen Themen nicht das typisch Physikalische erfasse. Aber weshalb muß das denn vermittelt werden? Und hier will ich vorausschicken, daß ich im Sinne meiner Ausführungen über das Zusammenwachsen von Physik und Technik durchaus überzeugt bin, daß Technikunterricht auf einem genügend hohen theoretischen Niveau nicht wesentlich verschieden ist von Physikunterricht, es gibt allenfalls unterschiedliche Akzente (Solymar & Walsh, 1984, 398).

Weshalb also müssen wir im Unterricht der allgemeinbildenden Schulen Physik bis hin zu einem theoretischen Niveau treiben? Carl Schietzel schrieb vor Jahren sinngemäß, der Hauptschüler könne die theoretischen Begriffe der Physik, wie Elektron etc. nicht verstehen, und er brauche sie nicht zu verstehen. Ich halte genau das für falsch und verhängnisvoll. Ein anderer Kollege hat, im Hinblick auf die deutliche Abneigung vieler Schüler gegen Physik in der Schule, die Formel geprägt, Physik laufe Gefahr, zum Latein der Mittelschulen zu werden. Geistreich wie diese Bemerkung sein mag, ihre Analogisierung übersieht einen wesentlichen Punkt: Während Latein die Gelehrtensprache des Mittelalters war und obsolet wurde mit dem Zerfall der mittelalterlichen Wissenschaften, ist Physik nicht bloß eine Sprache, sondern ein System des Weltverständnisses und der Weltbemächtigung, und es ist ein solches System auf dem Höhepunkt seiner Vitalität und nicht nach seinem Zerfall. Latein nicht mögen, langweilig, lebensfremd finden, das bedeutet daher auch nur, sich von alten Kulturgütern auszuschließen, deren Relevanz für das heutige Leben tief verschüttet ist und Spezialisten überlassen bleiben kann. Aber

Physik nicht mögen und daher nicht lernen, für lebensfremd und abstrus halten, das bedeutet, sich vom Verständnis einer der heutigen Lebens- und Geistesmächte auszuschließen, vom Dialog mit ihren Priestern und Laienpredigern. Die Folgen beurteile ich als fatal. Sie sind: (1) Zunehmende Abschließung einer von außen rational nicht mehr kontrollierbaren Elite. (2) Die Interaktion zwischen dem physikalisch-technischen Komplex und der breiten, von jedem Verständnis für das, was in ihm vorgeht, ausgeschlossenen Öffentlichkeit kann dann nur noch irrational sein. Beispiele für zunehmende Irrationalität im Verhältnis zum technisch-physikalischen Komplex sind in diesen Jahren genügend zu registrieren. Daher bleibt es dabei: Wir müssen den Physikunterricht erhalten, und dürfen ihn auch nicht verkommen lassen zur Bastelstunde. Er muß Einsicht geben in die Verfahrens- und Denkweise der Physik, in die Begriffs- und Theoriegebäude, d.h. Einsicht in die Grundlagen ihrer Macht, die zugleich Einsicht in die Grenzen ihrer Macht ist.

Gegen Begründungen meiner These, wie ich sie skizziert habe, wird gern eingewendet, sie diene nur den Interessen des technisch-physikalischen Komplexes. In der Tat kann man gelegentlich die mehr oder weniger getarnte Aufforderung hören, Fachdidaktik müsse so etwas wie eine Public Relation Agentur des Faches sein. Das habe ich keineswegs so gemeint. Didaktik ist, in einer glücklichen Formulierung von Habermas, das „produktive Rückgängigmachen“ der fachlichen Hochspezialisierung, und das nicht primär im Interesse der fachlichen Hochspezialisten, sondern im Interesse des gemeinsam zu bestimmenden Gemeinwohls. Ich meine, dem physikalisch-technischen Komplex gegenüber kann man sich nur rational-kritisch verhalten, wenn man genügend darüber weiß.

Zur dritten These, nach der wir Methode und Schwerpunkt des Physikunterrichts ändern müssen, wenn er in Zukunft überdauern soll, ist schon viel gesagt worden. Es scheint mir offenkundig, daß ein Unterricht, dessen Effektivität so niedrig ist, und der auch im nachhinein bei der Majorität der Schüler

Unbehagen erzeugt, schwerlich eine Zukunft hat. Worin liegt die Schwierigkeit (s. zusammenfassend Jung, 1982).

Zunächst: Die Begründung für mangelnde Motivation, die darauf hinausläuft, daß die Inhalte des Physikunterrichts nichts mit dem Alltagsleben der Schüler und künftigen Erwachsenen zu tun hätten, überzeugt mich überhaupt nicht. Ich habe z.B. gesehen, mit welcher Begeisterung und Ausdauer Halbwüchsige sich dem magischen Würfel gewidmet haben, oder sich hingebungsvoll mit Computerspielen beschäftigen, die mit ihrem übrigen Leben sehr wenig zu tun haben. Meiner Meinung nach ist der ganze Ansatz falsch, der von einem wohldefinierten „Alltagsleben“ ausgeht. Was nicht alles gehört dazu: Computerspiele, „Hacken“, Fußballspielen, oder -zuschauen, Krimilesen, Krimisehen, in die Disco gehen, mit der Freundin spazieren gehen und nicht nur das. Das Alltagsleben, das sich Pädagogen und Didaktiker für ihre Argumentation zurechtlegen, gibt es nicht. Eher könnte man vom Berufsleben sprechen. Was das anlangt, so vertrete ich entschieden den Standpunkt, daß die allgemeinbildende Schule nicht die Aufgabe hat, direkt auf das Berufsleben vorzubereiten. Das Berufsleben ist ein Teil des Lebens Erwachsener, und Aufgabe schulischer Bildungsarbeit ist es nicht zuletzt, Grundlagen dafür zu vermitteln, das Berufsleben mit anderen Aspekten des Lebens zu integrieren, zumindest deutlich zu machen, daß es vielfältige andere Aspekte des Lebens gibt, die ebenso wichtig sind und sich vom Berufsleben abheben, nämlich andere kulturelle Bereiche, in denen der Mensch heute ein enormes Maß an Selbstbestimmung wahrnehmen kann, wie das früher für breite Schichten nicht möglich war.

Woran liegt nun die Ablehnung von Physikunterricht? Ich will hier auf Gesichtspunkte hinweisen, die gegenüber dem simplen Alltagsargument in der Diskussion oft zu kurz kommen.

(1) Physik wird nicht als etwas vermittelt, was zur Kultur gehört und eine Erweiterung der Wahrnehmungs- und Vorstellungsmög-

lichkeiten bedeutet. Das ist etwas anderes, viel Umfassenderes als fehlende Relevanz für das Alltagsleben.

(2) Der Physikunterricht hilft zu wenig beim Problem der Integration des physikalischen Aspekts in das Ganze des persönlichen Lebens. Wo immer der Eindruck erweckt wird, was man im Physikunterricht lerne, werde durch seine unmittelbare Anwendungsrelevanz im Alltagsleben – Leitungen reparieren, Fahrrad, Mofa-, Autoreparatur etc. – gerechtfertigt, entsteht eine enttäuschte Erwartung. Es gilt demgegenüber sowohl die geschichtliche Macht der Physik in den Vordergrund zu rücken, als auch die Möglichkeit einer Erweiterung der persönlichen Wahrnehmungs- und Erfahrungsmöglichkeiten deutlich zu machen.

Der erste Punkt ist schwierig, weil die Wirkungen auf verschlungenen Wegen erfolgen. Man kann nicht von der ersten Physikstunde an die komplexen Wechselwirkungen zwischen Physik und geschichtlicher Entwicklung verstehen wollen.

(3) Es ist aber nicht nur die Komplexität der Einflüsse, die sich gelegentlich in dramatischen Ereignissen wie Tschernobyl etc. aktualisieren und dann nur das Übermächtig-Bedrohliche hervorkehren. Ein anderer wichtiger Punkt ist die Tatsache, daß Physik eine in hohem Maße akkumulierende Wissenschaft ist. Das heißt, es baut eines auf dem anderen auf, und es sind viele Inhalte, die in einer Stufe bewältigt werden müssen, damit man sinnvoll in die nächste Stufe aufsteigen kann. Angesichts dieser Tatsache ist es nicht verwunderlich, wenn die häufigste Klage, die ich in vielen Gesprächen mit Schülern immer wieder gehört habe, die ist, „man schaue da nicht durch“, es gebe keinen erkennbaren roten Faden u.ä.m. mehr. Dazu kommt natürlich die Schwierigkeit mit der Mathematik, die häufig genannt wird und die ich hier nur erwähne.

Insgesamt komme ich zu dem Schluß, daß es die Komplexität der Einwirkungen der Physik auf das „Leben“ – verkürzt gesagt – und die Undurchschaubarkeit der innerphysikali-

schen Systemzusammenhänge ist, die Physiklernen schwer machen. Ich meine, der bedeutendste demotivierende Faktor beim Lernen ist das wachsende Gefühl nichts richtig zu verstehen und verstehen zu können (Jung, Wiesner & Engelhardt, 1981). Aber der Ausweg daraus darf nicht die Bastelstunde sein. Vielmehr besteht er in Bemühungen, durch methodische Maßnahmen und durch Verlagerung von Schwerpunkten Verstehen leichter möglich zu machen. Wie kann das geschehen? Es gibt sicher kein Patentrezept, aber doch Ansätze, die ernsthaft weiterentwickelt werden sollten und die nicht darin bestehen, statt Physik etwas anderes zu unterrichten, wie es in den letzten 20 Jahren immer wieder versucht worden ist.

(1) Wir müssen ernstmachen mit dem Exemplarischen. Das ist schon aus Zeitgründen unvermeidlich. In durchschnittlich zwei Wochenstunden hat der Unterricht keine Chance, Physik in großer Breite verständlich und als dauerhaften Besitz zu vermitteln. Die Hinwendung zum Exemplarischen wird sich aber nur durchsetzen, wenn wir systematisch nach exemplarischen Lehrgängen suchen, die von den Lehrern auch angenommen und übernommen werden können.

Die Vorstellung, jeder Lehrer müsse ein genialer und produktiver Extemporierer sein, wie Wagenschein es war, muß aufgegeben werden, wie manche spezielle Färbungen, die Wagenschein dem Exemplarischen gegeben hat, etwa durch seine Sprache und seine ästhetisch-philosophischen Vorlieben. Ich verlange das nicht, weil ich diese Seite des Wagenscheinschen Werks ablehne, sondern weil ich es für etwas sehr Persönliches halte, das nicht von jedem Lehrer zu verlangen ist und das viele daran gehindert hat, es ernstlich mit dem Exemplarischen zu versuchen. Die Beschränkung auf Exemplarisches muß Zeit zur eingehenden Beschäftigung mit einem Thema lassen; Zeit, sich an die Begriffe und Denkweisen zu gewöhnen; zu erforschen, was einen hindert, sie zu akzeptieren und zu benutzen. Der Unterricht heute huscht zu rasch über alles hinweg, kaum etwas wurzelt

sich ein, um einen anderen Lieblingsausdruck des späten Wagenschein zu verwenden.

(2) Wir müssen weg von der Dominanz des Formelwissens. Neuere Forschungen in der Problemlösepsychologie, gerade auch im Bereich der Physik (Jung, 1984), haben die große Bedeutung qualitativer Schemata gezeigt. Zum gleichen Ergebnis kommen auch wissenschaftstheoretische Untersuchungen. Wir müssen die grundlegenden Ideen vermitteln, die die mathematischen Theorien erst sinnvoll handhabbar machen.

Wir haben exzellente Beispiele dafür, wie weit man mit qualitativen Schemata kommen kann (Guinier, 1984). Ich will damit natürlich keineswegs bestreiten, daß Physik wesentlich eine mathematische, quantitative Wissenschaft ist. Aber dieser Aspekt ist in der Schule auch nur exemplarisch vermittelbar, und das glücklicherweise auf sehr unterschiedlichen Anspruchsniveaus.

Insbesondere ist mit einer Verschiebung des Akzents vom Quantitativen zum Qualitativen die Aufgabe verbunden, mit den qualitativen Schemata Erfahrungen zu erschließen und damit auch Instrumente zu vermitteln, die neue Wahrnehmungen möglich machen (Mann, 1981).

Auch müssen wir Anstrengungen unternehmen, für unterschiedliche Schüler variable Zugänge zu erkunden und dann anzubieten. Ich möchte aber abschließend noch einmal zurückkommen auf das Verhältnis von Physik und Technik. Physik, so hatte ich ausgeführt, entstand als Theoretisierung von Mechanismen, in dem allgemeinen Sinn funktionaler, deterministischer Zusammenhänge von Variablen.

In der Physik haben sich bedeutsame Wandlungen in dieser Hinsicht vollzogen, denen sich, soweit ich sehe, im technischen Bereich Vergleichbares nicht an die Seite stellen läßt. Es läßt sich generell als Abkehr vom Mechanismus beschreiben.

Hierher gehört sowohl das Weltbild der Quantentheorie, als auch die neuere Wendung zur Thermodynamik weit ab vom Gleichgewicht, als auch das Interesse an der Chaosforschung.

Literatur

- Adolph, G. (1984a). Die Begriffe Energie, Arbeit und Leistung als kognitive Instrumente des Verstehens technischer Zusammenhänge. In Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufspädagogen der Fachrichtung Elektrotechnik (Hrsg.), Beiträge zur Fachtagung Elektrotechnik 3.- 6. 10. 1984 an der Technischen Universität Berlin.
- Adolph, G. (1984b). Vermittelt die Fachtheorie überhaupt Theorie? Reihe Berufliche Bildung, Band 3. Wetzlar: Werner von Siemens Schule.
- Böhme, G., van den Daele, W. & Krohn, W. (Hrsg.) (1977). Experimentelle Philosophie. Frankfurt a. Main: Suhrkamp.
- Clark, G. (1970). Science and social welfare in the age of Newton. Oxford: Clarendon Press.
- Driver, R. (1985). Kognitive Psychologie und begriffliche Rahmen von Schülern in Mechanik. *physica didactica* 12, Heft 2, 17-33.
- Goldberg, F. & McDermott, L. (1987). An investigation on student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror. *American Journal of Physics* 55, 108-119.
- Guinier, A. (1984) The structure of matter - from the blue sky to liquid crystals. London: Arnold.
- Jung, W. (1982). Über die Schwierigkeiten, Physik zu lernen. *physica didactica* 9, 135-157.
- Jung, W. (1983). Anstöße. Frankfurt a. Main: Diesterweg.
- Jung, W. (1984). Neuere Ansätze der psychologischen Forschung: Helfen sie der Fachdidaktik? *Schriften der MNU*, Heft 31.
- Jung, W. (1985a). Untersuchungen zur elementaren Optik. Arbeitsbericht. Institut für Didaktik der Physik. Universität Frankfurt a. Main.
- Jung, W. (1985b). Untersuchungen zur Methode des lauten Denkens im Bereich der Physik. Forschungsbericht. Institut für Didaktik der Physik. Universität Frankfurt a. Main.
- Jung, W. & Voss, H.P. (1986). Zum Verständnis der elementaren Elektrizitätslehre. In W. Kuhn (Hrsg.), Vorträge. Physikertagung 1986. Gießen: Deutsche Physikalische Gesellschaft Fachausschuß Didaktik der Physik, 257-263.
- Jung, W. & Wiesner, H. (1985). Verständnis-schwierigkeiten beim physikalischen Kraftbegriff. *Physik und Didaktik* 9, 111-122.

- Jung, W., Wiesner, H. & Engelhardt, P. (1981). Vorstellungen von Schülern über Begriffe der Newtonschen Mechanik. Bad Salzdetfurt: Franzbecker.
- Karrenberg, U. & Schererz, E. (1980). Zeitgemäße Grundbildung im Berufsfeld Elektrotechnik. Pädagogisches Institut der Landeshauptstadt Düsseldorf.
- Krohn, W. (1979). Intern-extern, sozial-kognitiv, zur Solidität einiger Grundbegriffe der Wissenschaftsforschung. In B. Burrichter (Hrsg.). Grundlegung der historischen Wissenschaftsforschung. Basel, Stuttgart, 123-148.
- Mann, A. (1981). Hermeneutische Physik. *physica didactica* 8, 99-106.
- Nachtigall, D. (1985). Vorstellungen im Bereich der Mechanik. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie* 34, 114-118.
- Nielsen, H. & Thomsen, P.V. (1987). Krisen im Physikunterricht. *physica didactica* 14, Heft 3, 31-38.
- Schlichting, H.J. & Backhaus, U. (1981). *Physikunterricht* 5-10. München: Urban & Schwarzenberg.
- Shipstone, D.M., Rhöneck, Ch. v., Jung, W., Kärrquist, C., Dupin, J.J., Joshua, S. & Licht, P. (1988). A study of students' understanding of electricity in five European countries. *International Journal of Science Education* 10, 303-316.
- Solymar, L. & Walsh, D. (1984). *Lectures on the electrical properties of materials*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Strack, D. (1985). *Verständnis von elektrotechnischer Grundlagentheorie bei Auszubildenden aus lerntheoretischer Sicht – eine empirische Untersuchung*. 1. Staatsexamensarbeit für das Lehramt an beruflichen Schulen. Universität Hamburg.
- van den Daele, W. (1977). Die soziale Konstruktion der Wissenschaft. In G. Böhme, W. van den Daele & W. Krohn (Hrsg.). *Experimentelle Philosophie*. Frankfurt a. Main: Suhrkamp, 129-182.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education* 1, 205-221.
- Warren, J.W. (1979). *Understanding force*. London: Murray.
- Weingart, P. (1974). Wissensproduktion und soziale Struktur. In P. Weingart (Hrsg.), *Wissenssoziologie II – Determinanten wissenschaftlicher Entwicklung*. Frankfurt a. Main: Athenäum, Fischer.
- Zilsel, E. (1976). *Die sozialen Ursprünge der neuzeitlichen Wissenschaft*. Frankfurt a. Main: Suhrkamp.

Dr. h.c. Walter Jung ist emeritierter Professor für Didaktik der Physik an der Universität Frankfurt.

Professor Dr. Walter Jung
Am Grundweg 27
64342 Seeheim-Jugenheim