

ARBEITSKREIS BAYERISCHER PHYSIKDIDAKTIKER

BEITRAG AUS DER REIHE:

Werner B. Schneider (Hrsg.)

Wege in der Physikdidaktik

Band 3

Rückblick und Perspektive

ISBN 3 - 7896 - 0513 - 1

Verlag Palm & Enke, Erlangen 1993

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.

”Kann Physik bilden?” *)

Erläuterung und Beobachtung

Physik - was ist das? Bilden - was heißt das?

Verständigen wir uns zu Beginn über den Inhalt der wichtigsten Begriffe des Themas: ”Physik” und ”bilden”.

Physik heißt in diesem Vortrag zeitlich ausgedehnte - jahrelange - und intensive Beschäftigung mit jenem Stoff, der während der Ausbildung zum Physiker gelehrt wird.

Wir wollen keine Diskussion um Abgrenzung zu Nachbarwissenschaften wie Astronomie, Physikalische Chemie, Metrologie, usw. führen, auch nicht die Verbindungen zu Ingenieurwissenschaften oder zur Mathematik und Informatik untersuchen. Wie alle deutschen universitären Ausbildungsgänge für Physiker in den letzten Jahrzehnten beschränken wir uns auf den Kanon der klassischen Physik (Mechanik, Akustik, Elektrodynamik, Optik, Thermodynamik) plus Quantentheorie mit den üblichen mathematischen Werkzeugen, so wie mindestens einem vertieft bearbeiteten Spezialgebiet, wie Festkörper- oder Plasmaphysik.

Die Arbeit mit der Theorie steht dabei selbstverständlich gleichberechtigt neben und zusammen mit der häufigeren Konzentration auf experimentelle Physik. Auch die vorwiegend mathematische Fundierung physikalischer Ideen wie wir sie z.B. bei G. Ludwig [L] finden, soll einbezogen werden.

Wenn damit unter Physikern und ernsthaft an Physik Interessierten der Inhalt des Begriffs ”Physik” rasch geklärt und wenig umstritten sein wird, gilt dies nicht ohne weiteres für den Begriff ”bilden”.

Der Gesamteindruck, den ein Mensch hervorruft und den andere von ihm entwerfen, wird geprägt durch die äußere Erscheinung und das Verhalten. Unzweifelhaft wird das Verhalten von Menschen, die sich mit Physik beschäftigen können, durch ihre Gedankenwelt, vor allem ihre Wertvorstellungen wesentlich mitbestimmt. Es umfaßt ihre Gewohnheiten, beruht auf den ererbten Fähigkeiten und wird sichtbar in den erworbenen, eingeübten Fertigkeiten.

Die Änderung des Gesamteindrucks, d. h. der Triade **Erscheinung, Verhalten und Gedankenwelt** soll in diesem Vortrag bilden heißen.

Das Thema des Aufsatzes kann nach diesen Begriffsklärungen noch einmal formuliert werden: Es ist herauszufinden, ob und wie jahrelange intensive Beschäftigung mit Physik die Erscheinung, das Verhalten und die Wertvorstellungen von Menschen ändern kann.

Die äußere Erscheinung wird durch Physik nicht direkt beeinflusst. Die Kosmetik soll schließlich nicht zur Physik gerechnet werden, auch nicht das Bodybuilding, obwohl Physik auch hier wirksam werden mag. Markante Merkmale der äußeren Erscheinung werden vererbt und durch andere äußere Einflüsse, aber kaum durch die geistige Beschäftigung mit

Physik bestimmt. An der Grenze zwischen Erscheinung und Verhalten steht der Stil der Lebensführung - der sich etwa im Auftreten oder in der Kleiderwahl äußert.

Bevor tiefgreifende Erkenntnisse besprochen werden, wenden wir uns der Beschreibung eines unterhaltsamen Beispiels physikalischer Eigenart zu. Beinahe weltweit gilt: "richtige Physiker tragen keine Krawatte".

Wie Sie dem noch aktuellen Aufsatz von Perkowitz ([P], Ende 1991) entnehmen können, wird dieses Stilmerkmal der Mode von Berufsphysikern auf eine Reihe von Ursachen, z.B. auf Nationalität und Einkommen, hauptsächlich jedoch auf tiefgründig verankerte Wertvorstellungen zurückgeführt. "Brillianten Persönlichkeiten auf der Suche nach ewigen Wahrheiten brauchen sich nicht mit modischen Frivolitäten zu langweilen." Zählen wir den Kleidungsstil demnach zum Verhalten.

Anschaulich wird Verhalten charakterisiert durch Gegensatzpaare:

- rasch, entschieden urteilen oder langatmig, vorsichtig zögern;
- gefühlvoll, zartfühlend schwärmen oder verletzend, sachlich agieren;
- schöner, effektvoller, gepflegt auftreten oder schlampig, schmutzig, nachlässig dahintrödeln.

Unterscheiden sich Menschen, die mit Physik, von denjenigen, die ohne Physik leben, in den erwähnten Charakteristika? Sind Physiker liebevoller, heiterer, freundlicher als Nichtphysiker?

Zunächst kann man sich an einfache Beobachtungen halten. Der physikalisch nicht gebildete Volksmund behauptet, daß Physiker in größeren Gemeinschaften von Menschen auffallen - wie etwa in Armeen, Parteien oder unter den Insassen eines Zugs. Sie handeln angeblich weniger spontan, scheinen weniger gefühlsgesteuert als der Durchschnitt ihrer Gruppenmitglieder. Sie überlegen scheinbar mehr und wirken dadurch oft langsamer oder schwerfälliger. Sie gehen sehr oft methodisch vor und werden von anderen deshalb nicht selten als berechnend oder gefühllos empfunden.

Derartige Behauptungen werden allerdings nicht nur gegenüber Physikern geäußert, sondern allgemein über Menschen mit hohem Bildungsniveau. Mindestens Juristen, andere Naturwissenschaftler oder Philologen erfahren eine ähnliche Charakterisierung.

Es darf aber schon jetzt festgehalten werden, daß mehrjährige konzentrierte Arbeit mit Physik offenbar zu Verhaltensänderungen führt, die deutlich wahrgenommen und beschrieben werden können.

Gehen wir ins Detail und sehen von Verhaltensänderungen ab, die ganz allgemein von längerer intensiver geistiger Schulung herrühren. Verfolgen wir, wie Physik ganz speziell bildet. Blicken wir zurück, wie die Frage nach dem **Bildungspotential der Physik** und dem **präzisen Inhalt der Bildung durch Physik** in früheren Untersuchungen beantwortet wurde.

Physiker zur Bildung durch Physik

Eberhard Buchwald (1886-1975) ist vielen Physikern und Physikinteressierten durch seine Schriften und Reden bekannt geworden. Die "Kleine Einführung in die Kristalloptik" (Sammlung Göschen Bd. 619/619a), die in fünf Auflagen bis 1963 erschien, gehört zu seinen weiter verbreiteten Fachpublikationen. Über das Fach hinaus greifen zahlreiche Publikationen, die von tiefreichender Kenntnis und Verehrung für Goethes Werk zeugen. Buchwald wurde in Breslau geboren, studierte in seiner Heimatstadt, Würzburg, Bonn und München. 1923 folgte er einem Ruf nach Danzig auf den Lehrstuhl für Theoretische Physik der Technischen Hochschule. 1945 bis zu seiner Emeritierung 1954 lehrte er in Jena theoretische Physik.

In seinem Bändchen "Bildung durch Physik" [B] verrät Buchwald, daß er zu diesem Thema durch Fragen an einem Gymnasium hingeführt wurde. Einige Eltern waren unbefriedigt von der Aschenputtelrolle der Naturwissenschaften im Stundenplan gegenüber den alten Sprachen; das Lehrstundenverhältnis betrug 1:11. Sie riefen den Physiker Buchwald auf, die Bildungswerte der Physik vorzustellen.

Schon die Schul- und Anfängerphysik vermittelt nach Buchwald eine Vertiefung positiver Verhaltensweisen wie:

- Nüchternheit und Sachlichkeit

Beispiel: Buchwald beschreibt aus eigenem Erleben den Beifall der Anfängerstudenten bei einem einfachen Fallversuch im Jahr 1945. Auf die Frage, weshalb hier gejubelt werden mußte, kam die Antwort: "endlich einmal keine Propagandaphrase, sondern pure Sachlichkeit".

- Durchhaltevermögen oder Beharrlichkeit

Beispiel: jede längerfristige physikalische Arbeit. Wer wüßte aus seiner eigenen Physiker-Geschichte nicht um die Probleme, die während der Bearbeitung von Diplom- und Dissertationsthemen auftauchen und nur durch geduldiges Probieren, Hinzulernen und Weiterarbeiten beseitigt werden können. Berühmt sind die Schilderungen des Ringens um die Entdeckung und Formulierung der Quantentheorie, die Diskussionen zwischen Bohr, Born, Dirac, Oppenheimer, Jordan, Heisenberg, Schrödinger und anderen.

- Aufmerksamkeit

Beispiel: Erkennen von feineren Unterschieden, etwa bei Regenbogen, Glorie und Heiligenschein und ihren Charakteristika, oder auch von den feineren Details von Ebbe und Flut an verschiedenen Stränden.

- Präzision

Beispiel: Kommastellen, wie sie in Feinstrukturen von Spektren etwa zur Bestimmung der Vakuumpolarisation und damit zur Prüfung der Quantenelektrodynamik benötigt werden, oder wie sie beim Vergleich von träger und schwerer Masse für die Prüfung unterschiedlicher Gravitationstheorien erforderlich sind. Präzise Angaben entsprechen einem gut Teil Vorsicht vor Verallgemeinerungen oder vorschnellen Extrapolationen. Das beinah sprichwörtliche Schaf, das mindestens auf der sichtbaren Seite geschoren war, gehört hier zu den

Standard-Anekdoten.

Buchwalds Schriften zeugen von enormer Detailkenntnis und Belesenheit, von sicherem Blick für einprägsame Bilder.

Er bleibt nicht bei plattem Lob stehen, sondern untersucht Gefahren, die im Banne der Physik drohen. Jede Übertreibung der tugendhaften Eigenschaften führt zur Verbildung der Physik-Eleven: Nüchternheit und Sachlichkeit pervertieren zu trockener Phantasielosigkeit, Präzision zur Kleinigkeitskrämerei, Beharrlichkeit mündet in Starrsinn und sogar die konzentrierte Aufmerksamkeit kann in engstirnigen Scheuklappen enden.

Denn Physik ist stets "Transformation in eine ... mathematisch formulierte ... Modellwelt" ([B], S. 23), d.h. gegenüber der Wirklichkeit verarmte Abstraktion. Es fehlt Farbe, erhebendes Gefühl und menschliche Wärme. Im goethisch-buchwaldschen dreidimensionalen Lebens-Bezugssystem von Ratio/Verstand, Ästhetik/Gefühl und Ethik/Verantwortung wirkt die Physik zunächst nur eindimensional.

Wer mit Buchwald Lebensfülle und Lebenstüchtigkeit anstrebt, wird auch als Physiker nicht unfähig werden, Schönheit und Ehrfurcht zu empfinden, Kunst und Religion zu erfassen. Buchwald ruft dafür den von ihm besonders verehrten Goethe zum Zeugen: "Religion, Kunst und Wissenschaft befriedigen das dreifache Bedürfnis des gottbegünstigten Menschen: anzubeten, hervorzubringen und zu schauen" ([B], S. 36).

Die notwendige Ergänzung der wissenschaftlichen Spezialwelt durch die ästhetische und ethische Dimension kann nach Buchwald durchaus von der Physik gefördert werden oder aus der Physik heraus wachsen.

Ästhetisch anregende Farbmuster, Lichtwirkung an Wasserglocken oder Kristallbildungen sind nach Buchwald Beispiele dafür, daß die "Schaffung ästhetisch wirksamer Gebilde oder wenigstens die Freude daran" in der Physik möglich ist. "Sie kann fast jedem angebildet werden, der sich mit der Physik beschäftigt" ([B], S. 31). Buchwald selbst hat mit seinen fachspezifischen Arbeiten auf dem Gebiet der Farbenlehre eine Fülle von Beispielen bearbeitet und beschrieben.

In die dritte Dimension - bestimmt durch Ethik, Religion und menschliche Verantwortung - gelangt Buchwald ebenfalls durch die Physik. Die mit größerem Wissen stets weiter wachsende Fülle offener Fragen - am Beispiel der Suche nach Elementarteilchen über Jahrhunderte zu verfolgen -, der mühsame Erkenntnisprozeß, der nach großen Erfolgen wieder zu neuen Geheimnissen führt, sind bei Buchwald Gründe für die Schlußfolgerung, "auch heute läßt sich aus einer ethisch vertieften Physik heraus ein das ganze Wesen durchdringendes Gefühl einer dogmenlosen Frömmigkeit gewinnen" ([B], S. 39).

Vor allem aber trieb ihn die ernüchternde Tatsache, daß jede und erst recht jede neue weittragende Kenntnis auch zum Schaden aller Menschen - wie Kernwaffen demonstrieren - mißbraucht werden kann, zur Forderung an die Physiker, sich der ethischen Dimension des Lebens und Wirkens bewußt zu werden. Nicht nur der Wissenschaft sind Physiker verantwortlich, sondern sie tragen höhere Verantwortung vor der gesamten Menschheit.

Mit dem Augenmerk auf die Gefahren der Verbildung oder Mißbildung durch Physik und

vor allem auf die Verantwortung eines Physikers für die Folgen seiner Arbeit gelangen wir zu einer Ergänzung unserer ursprünglichen Themenstellung:

Kann Physik nicht nur den Einzelmenschen, sondern etwa auch Menschengruppen, Gemeinschaften, oder - mit anderen Worten - die Gesellschaft bilden?

Das Problem der Verantwortung von Physikern für das Gemeinwesen entsteht vor allem, wenn wir Technik als Funktion vorher erforschter Physik ansehen. Buchwald zitiert in diesem Zusammenhang Novalis: "Wenn die Menschen einen einzigen Schritt vorwärts tun wollen zur Beherrschung der äußeren Natur durch die Kunst der Organisation und der Technik, dann müssen sie vorher drei Schritte der ethischen Vertiefung nach innen getan haben" ([B], S. 45).

Die Aufmerksamkeit, die Buchwald diesem Aspekt der Bildung durch Physik widmet, teilen und vertiefen auch andere Zeugen der Erforschung und Anwendung der Kernenergie sowie der erstmaligen globalen Bedrohung der Menschheit durch die Kombination Weltraumtechnik und Kernwaffen. Die Gefahren durch beschleunigten Wandel im technischen Umfeld der Menschen und die Erfahrung der Verführbarkeit großer Menschenmassen beunruhigen Physiker besonders seit dem zweiten Weltkrieg.

Weit gespannt in den Themen und tiefreichend in den Gedanken werden Fragen der individuellen und gesellschaftlichen Bildung durch Physik in Schriften von **Walther Gerlach** (1889-1979) behandelt. Gerlach, der zusammen mit Stern (Stern-Gerlach-Versuch, 1921) die Richtungsquantelung entdeckte, zählt zu den wissenschaftlich bedeutenden deutschen Physikern der Zeit zwischen den beiden Weltkriegen. Er lehrte seit 1929 Experimentalphysik in München und wurde nach 1945 durch sein politisches Engagement gegen die Bewaffnung der Bundeswehr mit Kernwaffen in breiten Bevölkerungskreisen bekannt.

So wie Buchwald eine ungewöhnlich intensive Beziehung zum Werk Goethes entwickelte, engagierte sich Gerlach für die Erschließung der Gedanken Keplers. Darüber hinaus war er stets bemüht, naturwissenschaftliche Ergebnisse und Haltungen in die Öffentlichkeit zu tragen. Er suchte nach Wegen, die Gesellschaft durch Physik und Naturwissenschaft zu beeinflussen.

Gerlach betont besonders die Dynamik der Wissenschaft und ihrer Anwendung. Der wissenschaftliche Fortschritt speist sich aus der ewigen Unvollkommenheit unserer Kenntnisse und erweist nach Gerlachs Ansicht die zwingende Notwendigkeit von Offenheit, Beweglichkeit und Weiterentwicklung in Wissenschaft und Gesellschaft.

Physik zu treiben, die fortschreitende Verfeinerung unseres Wissens und die stetige Modifizierung unserer wissenschaftlichen Vorstellungen zu erleben, das ist für Gerlach unausweichlich mit der Ablehnung der Existenz scheinbar unaufgebarbarer Prämissen oder angeblich absolut sicherer Annahmen verbunden. Es scheint, daß die persönlichen Erfahrungen während der revolutionären Änderung der Physik durch die Quantentheorie für Gerlach einen neuen Maßstab setzten.

Die völlig unanschauliche, unerwartete Relativierung von Partikel- und Wellenbildern schied innerhalb der Physikergemeinschaft die Lernfähigen und Lernbereiten von den un-

beweglichen Dogmatikern. Die menschlichen Probleme und Spannungen in dieser Zeit charakterisierte Max Planck indirekt aber deutlich mit der Bemerkung, die unbelehrbaren älteren Physiker stürben aus, die jungen wüchsen mit der neuen Physik auf.

Die Erfahrung aus dieser Zeit führt bei Gerlach zur Vorstellung, rationale Betrachtung von Sachverhalten in Physik und Naturwissenschaft strahle aus in Toleranz und Kompromißfähigkeit auch außerhalb der Wissenschaft. Für jeden wahrhaft gebildeten Menschen seien diese Merkmale unverzichtbar und untrennbar mit der modernen naturwissenschaftlichen Weltanschauung verbunden. Beharren auf überkommenen Standpunkten, Verzicht auf forschendes Fragen sind für Gerlach gleichbedeutend mit nichtrationaler Betrachtung, Intoleranz und Dogmatik.

Es entsteht sogar manchmal der Eindruck, Gerlach vertraue weitgehend einer Art Automatismus beim Übergang von rationaler Methode in Physik und anderen Naturwissenschaften zu Offenheit, Toleranz und Kompromißfähigkeit bei Personen, die sich durch wissenschaftliche Beweisführung beeindrucken und belehren lassen. In schlagwortartiger Verkürzung: Wer recht physikalisch gebildet ist, der sei auch tolerant.

Gerlach - wie auch Buchwald - sieht die fortschreitende Pflege von Physik, Naturwissenschaft und Technik als unverzichtbar an, um einige der Hauptprobleme der Menschheit in unserer Zeit zu lösen. Dabei sind unter Hauptproblemen etwa Fragen wie die aus reichende Grundversorgung einer explosiv wachsenden Zahl von Menschen bei gleichzeitiger Bewahrung einer menschenfreundlichen Umwelt zu verstehen.

Bildung mit Hilfe der Physik (Naturwissenschaft) für die gesamte Gesellschaft ist danach eine Notwendigkeit. "Denn der durch Naturwissenschaft und Technik geschaffene Lebensraum ist eine künstliche Natur, in der zu leben gelernt werden muß" ([G], S. 39).

Damit ist Gerlach ausgesprochen modern. Er formuliert schon zu Beginn des Zeitalters der Umweltzerstörung und atomaren Bedrohung das Thema des Umdenkens, das wir bei C. F. v. Weizsäcker pointiert ausgearbeitet finden, und das Thema der Abkehr vom "gesunden Menschenverstand", das uns in der jüngeren Generation bei E. P. Fischer begegnen wird.

Gerlach geht auch auf praktische Fragen ein und verbindet die Bildung des Einzelmenschen mit der Bildung der Gesellschaft, wenn er das "Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts in unserer Zeit", ([G], S. 74), behandelt. Es liegt nicht in der "Berufsvorbildung", sondern in der "Bedeutung für die Erziehung zum Denken, die Übung des Gedächtnisses und als Grundlage der Bildung allgemein".

"Denn alle entscheidenden Probleme unseres heutigen und zukünftigen Lebens, ja sogar die Vorbedingung für seine Fortexistenz, beruhen auf Konsequenzen aus den naturwissenschaftlichen Erkenntnissen" ([G], S. 75).

Er warnt vor dem "Wort von den unbegrenzten Möglichkeiten der Technik" und der "These, der Mensch müsse alles machen, was er kann". Beides sei bei rationaler Betrachtung falsch und unheilvoll. Wenn für Gerlach in den ersten Jahrzehnten nach dem zweiten Weltkrieg die Bedrohung der Welt durch Kernwaffen auch im Vordergrund stand, so ging sein Blick durchaus über diesen Spezialfall hinaus, und wir stellen achtungsvoll fest, daß er

sich schon mit den mutmaßlichen Folgen der Gentechnik (Molekularbiologie) beschäftigt hat.

Es verwundert nicht, daß für Gerlach die Ursachen der Mißachtung rationaler Denkweise und des Mißbrauchs von Physik und Technik meist außerhalb der Naturwissenschaften liegen: "Auf Leidenschaften, auf Unverstand und Unvernunft beruhend", ([G], S. 66). Ein Gesichtspunkt, den wir heute viel kritischer betrachten. Oder er beschreibt präziser: "Außerhalb der Naturwissenschaften liegende Rücksichten, wirtschaftliche, nationale, politische Prinzipien tragen die Schuld, weil sie zur Behandlung materieller Fragen Denkweisen beibehalten wollen, welche dem geistigen Entwicklungsstand, dem Wissen und Können nicht mehr adäquat sind, geradezu ein Rückfall ins Mittelalter!" ([G], S. 29). Gerlach sieht mit dem "Problem der Ideologien" ([G], S. 34) die meisten Schwierigkeiten verbunden, weil diese von axiomatischen Grundlagen und Dogmen ausgehen, die unveränderlich und starr erhalten bleiben sollen.

Es ist hier hervorzuheben, daß Gerlach in der Bundesrepublik aktiv an der Diskussion gegen die Ausrüstung der Bundeswehr mit Kernwaffen teilgenommen hat. Die Enttäuschung über mangelnde physikalische Bildung bei Politikern, die Erfahrung von Hartnäckigkeit und Engstirnigkeit auf der Gegenseite ist bei Gerlach stets zu spüren.

Ich bin nicht sicher, ob er mit dieser verallgemeinernden Haltung ausreichend fair gegenüber den Politikern war. Wenn wir an die politischen Ansichten berühmter Physiker wie Philip Lenard oder Johannes Stark denken, schützt auch glänzende naturwissenschaftliche Bildung nicht vor abstrusen bis verbrecherischen politischen Überzeugungen. Die rationale Bildung kann offenbar nur begrenzte Wirkungen haben, und es ist nicht auszuschließen, daß ein Physiker im Problem 1 rational entscheidet, während er das Problem 2 irrational behandelt.

Wir werden uns den Ursachen für die mangelnde Durchschlagskraft physikalisch-naturwissenschaftlicher Bildung noch intensiv zuwenden. Gerade in diesem Zusammenhang ist erwähnenswert, daß sich bei Gerlach 1964 neben der Betonung der Bildung durch Naturwissenschaften schon ein zweiter Begriff findet, der uns erst bei den jungen, den fünfzig Jahre jüngeren Physikern wieder begegnen wird: die Evolution. "Das Wesen der Naturwissenschaft seit 1600 ist die - im Prinzipiellen stetige - Evolution." ([G], S. 56).

Bescheidenheit und Demut bei (Goethe und) Buchwald, Offenheit und Wandel bei (Kepler und) Gerlach. Gerlach zitiert Kepler: "Die ganze Philosophia (Naturwissenschaft)" ist "nichts anderes als eine dauernde Erneuerung der alten Unwissenheit" ([G], S. 1).

Physik bildet - in welchen Grenzen?

Buchwald und Gerlach, die beiden Physiker, die wir zitiert haben, entstammen ungefähr der gleichen Generation. Sie erlebten den Aufbruch in die moderne Physik, die Euphorie der Entdeckung von Relativitätstheorie und Quantenwelt, und sie erfuhren den Schock der ersten Kernexplosionen. Ihre Gedanken aus den Jahren nach dem zweiten Weltkrieg zeugen von der Spannweite der Physikerleben im zwanzigsten Jahrhundert: von der privaten

Atmosphäre der stillen Gelehrsamkeit zu Beginn des Jahrhunderts bis zu den globalen Vernetzungen des physikalischen Betriebs und der Verbindung der Physik mit Machtpolitik und Massenorganisationen.

In den letzten Jahrzehnten ist nicht nur von Vorsicht bei Anwendungen der Physik die Rede. Die wissenschaftliche Physik selbst hat sich entscheidend geändert. Großforschung, "big science" beansprucht Staatshaushalte mit Summen in beachtlicher Stellenzahl vor dem Komma. Weshalb soviel Aufwand? Wer hat den Nutzen, die Groß-Industrie? Werden kleine Steuerzahler ausgebeutet zum Vorteil des Kapitals?

Physik als Grundlage der Technik gerät in den Verdacht, über die unerwünschten Technikfolgen eine wesentliche Quelle von Gefahren für die natürliche Umwelt zu sein. Wäre hier nicht ein langsames Fortschreiten zu Neuem angebracht oder besser vielleicht ein vollkommenes Stillehalten und ein kontrollierter Rückwärtsgang? Wie dringlich ist der Einstieg in den Ausstieg?

Diese und ähnliche Fragen werden nicht nur in verschiedenen politischen Interessengruppen diskutiert, sondern sind Gegenstand von Publikationskampagnen, Wahl- und Werbefeldzügen.

Sie werden vereinfacht, popularisiert, stilisiert und verfälscht. Sie werden auch innerhalb der Physikergemeinschaft unterschiedlich gewichtet und beantwortet. Für unser Thema ergibt sich daraus im Blick zurück: Waren die Fragen nach den Grenzen der Bildung durch Physik ausreichend beantwortet?

Buchwald benennt als Ursache der Verbildung des Physikers die Übertreibungen, die sich aus der Übersteigerung positiver Tendenzen ergeben, etwa hypertrophes Genauigkeitsstreben anstelle gebotener Präzision. Gerlach sieht in wirtschaftlichen oder politischen Prinzipien, aber auch in Leidenschaft, angeborenem Unverstand und egoistischer Unvernunft die Gründe für fehlende Wirkung der physikalischen oder naturwissenschaftlichen Bildung im Rahmen der Gesellschaft.

Damit sind zwei Ursachenbündel für die begrenzte Wirkung der Bildung durch Physik aufgezeigt.

1. Maßlosigkeit

Übersteigerte, übermäßige, unmäßige Wirkung. Die Einzelmerkmale der physikalischen Arbeit werden Selbstzweck; beispielsweise wird Präzision um der Präzision willen erhöht und verschlingt Zeit plus materielle Reserven, oder in der Technik gilt die Größe eines Kraftwerkblocks als Gütemerkmal, unabhängig von den erdrückenden sozialen Wirkungen der Infrastruktur, der Gefahrenkonzentration usw. Buchwald würde das als eindimensionale Physik beklagen.

2. Außerphysikalische Einflüsse

Die von Gerlach bedauerten politischen oder wirtschaftlichen Prinzipien, Ideologien und ihre Dogmen wirken ihrerseits auf Physiker und Nichtphysiker, auf Einzelpersonen und Gruppen, und sie werden in der Öffentlichkeit beachtet. Sie wirken wider bessere Vernunft, überlagern sich den rationalen Argumenten und geben häufig den Ausschlag für irrationale

Entscheidungen.

Die letzten Sätze stellen jedoch eher eine Beschreibung der Mißerfolge unseres Bildungstrebens dar als eine Erklärung. Weshalb werden physikalische und naturwissenschaftliche Erkenntnisse so langsam und unwillig akzeptiert? Können oder wollen die Nichtphysiker unsere Wahrheiten nicht aufnehmen und anwenden?

Vielleicht finden wir bei den jüngeren Physiker-Generationen Antworten auf die offengebliebenen Fragen. **Ernst Peter Fischer** ([F], 1947-), Physiker und Biologe (Schüler von Max Delbrück), der Ideengeschichte in Konstanz lehrt, sieht Grenzen des Begreifens durch die Evolution des menschlichen Erkennens vorgegeben.

Unsere Entwicklungsgeschichte, die biologische Evolution des Menschen, führte nach Fischer über Jahrtausende zuerst zum "gesunden Menschenverstand", jener direkten intelligenten Folge der häufigsten Erlebnisse und Sinneseindrücke. Die aristotelische Physik (Aristoteles, 384 - 322 v. Chr.), die dem gesunden Menschenverstand sehr nahe steht, wurde formuliert.

Beispielsweise bewegen sich nach den Gesetzen der aristotelischen Physik Körper nur, solange Kräfte auf sie wirken. Leichte Körper fallen langsamer als schwere - wie die erste unkritische Erfahrung lehrt. Erst ganz allmählich konnten wir mit Hilfe unserer Denkfähigkeiten hinter die "Wirklichkeit der Sinneseindrücke" vorstoßen und in Gedanken, in der Theorie, die "Realität" erkennen.

Fischer unterscheidet die Wirklichkeit, wie sie unseren Sinnen zugänglich ist, von der Realität, die uns erst über sorgfältige wissenschaftliche Untersuchungen erschlossen wird. Nur ganz langsam, mit vielen Fehlschlüssen, entdecken wir nach Fischer schrittweise Naturgesetze und verstehen die Prozesse um uns. Wir lösen uns dabei nur unter großen Schwierigkeiten vom entwicklungsgeschichtlich vertrauten alltäglichen Erfahrungsprofil unserer Sinneswahrnehmungen.

Musterbeispiele für den Abstand der aus Sinneserfahrungen folgenden Schlüsse zur wissenschaftlichen Weltansicht sind:

- Die Relativitätstheorie mit der unanschaulichen Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und den damit verbundenen Folgerungen einer geschwindigkeitsabhängigen, trägen Masse, sowie dem neuen Additionsgesetz für Geschwindigkeiten.
- Die Quantentheorie, deren Objekte - z.B. Elektronen - nicht mehr individualisierbar sind, und die darüber hinaus komplementäre Eigenschaften von Wellen und Partikelaufweisen, je nachdem in welcher experimentellen Umgebung Messungen stattfinden.

Aber nicht nur jenseits der Auflösungsgrenzen unserer Sinnesorgane finden wir "unanschauliche", "schwer begreifbare" Fakten. Unsere stammesgeschichtliche biologische Entwicklung schuf bisher keinen Sinn für die korrekte Wahrnehmung und Beurteilung von Rückkopplung, von nichtlinearen Beziehungen (Chaos, Fraktale), von vernetzten Zusammenhängen und von Wahrscheinlichkeitsgesetzen. Wir müssen uns als Individuen und in der Gemeinschaft das Verständnis für diese Beziehungen mühsam erarbeiten. Die Paralle-

lität zwischen den geistigen Entwicklungsphasen eines heranwachsenden Menschen (etwa nach Piaget) und der Ideengeschichte ist erstaunlich eindrucksvoll. Sie läßt erschrecken und hoffen zugleich.

Erschrecken läßt uns diese moderne Sicht auf unsere Schwierigkeiten mit der Bildung durch Physik, weil wir danach keine rasche Beseitigung von Vorurteilen und Unkenntnis erwarten können. Wir sind so angelegt, daß die wissenschaftliche Gedankenführung mühsam erarbeitet werden muß.

Kein Schulerschluß zwischen Naturwissenschaften und Geisteswissenschaften wird dies ändern, denn die Beschränkung unserer Möglichkeiten gilt allgemein für beide Kulturen. Wenn Heisenberg zitiert wird mit dem Satz "Wissenschaft wird von Menschen gemacht", dann ist es nicht zynisch sondern realistisch, mit E. P. Fischer fortzusetzen "aber die Menschen sind nicht gemacht worden, um Wissenschaft zu machen." ([F.], S. 77).

Hoffen läßt, daß die wissenschaftliche Haltung selbst aus der Entwicklung hervorging und demnach schon bewiesen ist, daß sie sich durchsetzen kann. Wir dürfen sicher sein, daß uns das Potential verfügbar ist, die physikalisch-wissenschaftliche Bildung zu vervollkommen und zu verbreiten. Das Potential muß allerdings genutzt werden, im Selbstlauf entwickelt sich keine Kulturleistung.

Physik wird in der Breite zuerst über die Schul- und Hochschulsysteme wirken. Die Lehrer müssen bereit und in der Lage sein, die Bildungswerte der Physik zu verbreiten. Und die Physiker haben sich auch jenseits der Wissenschaft zu engagieren, damit in der Gesellschaft die Bildungsmöglichkeiten aus der Physik wirksam werden.

Physik kann bilden

Aus unseren keineswegs vollständigen Überlegungen geht unzweifelhaft hervor, daß sich Einzelpersonen und Gemeinschaften durch intensive Übung und Nutzung der Physik "bilden" lassen, d.h. sie wandeln ihre Erscheinung, ihr Verhalten und ihre Gedankenwelt. Es widerspricht dem nicht, daß die Wirkung der Physik meist unvollkommen, häufig unzureichend und einige Male kaum erkennbar ist. Kein Mensch - auch kein Physiker - lebt ausschließlich von und in der Physik. Jedermann ist einer enormen Vielfalt unterschiedlichster Einwirkungen ausgesetzt, deren Einfluß mit den Physik-Wirkungen konkurrieren und sie neutralisieren oder übertreffen kann.

Abschließend wollen wir die Bildungswirkungen der Physik übersichtlich gliedern und zusammenfassen. Wir trennen direkte Wirkungen auf einzelne Personen von den weniger offensichtlichen aber nicht weniger wichtigen indirekten Änderungen, die auf Physik zurückzuführen sind. Physik bildet die Einzelperson im goethe-buchwaldschen dreidimensionalen Lebens-Bezugssystem von Wissenschaft, Kunst und Religion

direkt:

- durch Einüben und Verstärken von positiven Einzelmerkmalen wie Sachlichkeit, Durchhaltevermögen, Präzision, Aufmerksamkeit und ähnlichen Charakteristika,
- durch Ausbilden und Verstärken ästhetischer Maßstäbe,

- durch das Studium mathematisierbarer Zusammenhänge zu erhöhter Sensibilität für Rückkopplungsprozesse, nichtlineare und komplexe Zusammenhänge,
- durch Stellungnahmen über Anwendungen der Physik zu verstärktem Verantwortungsbewußtsein;

indirekt:

- durch Analogie und Übertragen von Methodik und Erfahrung in Kombination mit ethischem Bemühen zu mehr Bescheidenheit, Toleranz und Verantwortung.

In die Meinungsbildung und Entscheidungsfindung von Gruppen und Gemeinschaften bringen die von Physik gebildeten Einzelpersonen ihr Verhalten und ihre Ansichten ein. Physikalische Bildung und naturwissenschaftliche Erkenntnisse sind umso stärker wirksam, je breiter und tiefer die physikalische Ausbildung und Übung in der Gesellschaft vorangeschritten ist. Daher scheinen uns die fachübergreifenden Bemühungen um mehr und besseren physikalischen Unterricht (s. z.B. Raufuß [R]) und um stärkere Beachtung des Erscheinungsbildes der Physik in den Medien und der Öffentlichkeit (s. z.B. Mayer-Kuckuk [MK], Fiebiger [NF]) jeder Unterstützung wert.

Der positive Einfluß der Physik ist gefährdet durch:

- Übersteigern der physikalischen Sekundärtugenden, d.h. durch übermäßige Ausbildung jener ursprünglich positiven Merkmale wie Sachlichkeit, Durchhaltevermögen, Präzision usw. Dem entspricht die Beschränkung auf die rationale Ebene unserer Existenz und die Deformation unserer Beziehung zur gefühlsbestimmten, ästhetischen Daseinskomponente im kurzsichtigen Nützlichkeitsfanatismus.
- Mißbrauch und Pervertierung physikalischer Erfahrung, d.h. durch Beharren auf zeitbedingten, aber verabsolutierten Erkenntnissen, sowie durch leichtfertige oder zynische Verantwortungslosigkeit gegenüber der Anwendung physikalischen Wissens.

Der Einfluß physikalisch induzierter Bildung wird außerdem begrenzt durch die Konkurrenz anderer Einflüsse. Diese sprechen häufig unmittelbar unsere Anlagen an, die aus der Evolution heraus zu eher gefühlsbestimmtem Verhalten führen.

Wir physikalisch Gebildeten sind aufgerufen, Bildung durch Physik positiv zu gestalten und einzusetzen. Wie sollten unsere Diskussionsbeiträge gegenüber Schülern und Studenten aussehen, was ist mitteilenswert?

- Wir haben die positiven Wirkungen der Physik auf unser eigenes Leben und Denken festzustellen und weiterzugeben.
- Physik ist als Teil unseres Lebens und unserer Gesamtkultur zu erkennen. Wir haben Bescheidenheit zu üben, tolerant gegenüber Toleranten zu bleiben und mit unserem physikalischen Wissen Verantwortung auch außerhalb der Wissenschaft zu übernehmen.

Unsere Hoffnung auf ein positives Ergebnis der "Bildung durch Physik" wird durch die Erfahrung bekräftigt. In Analogie zur goetheschen Erkenntnis "Wär nicht das Auge sonnenhaft, die Sonne könnt es nicht erblicken", gilt unzweifelhaft: Wären wir nicht bildbar zu objektivem, rationalem, bescheidenem und verantwortlichem Verhalten, wir blieben von der Physik unberührt.

Literaturverzeichnis:

- [L] Günther Ludwig: "Einführung in die Grundlagen der Theoretischen Physik",
Band 1 - 4, Düsseldorf 1974
- [P] Sidney Perkowitz: "Real physicists don't wear ties",
New Scientist 21/28 December 1991, p. 22-24
- [B] Eberhard Buchwald: "Bildung durch Physik",
Vandenhoeck und Ruprecht, Göttingen 1956
- [G] Walther Gerlach: "Physik in Geistesgeschichte und Pädagogik",
Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1964
- [BP] Eberhard Buchwald: "Physik. Gleichung und Gleichnis",
Physik Verlag, Mosbach 1967
- [F] Ernst Peter Fischer: "Kritik des gesunden Menschenverstandes",
Rasch und Röhring Verlag, Hamburg 1989
- [R] Dietmar Raufuß: "Technik und Bildung",
Barbara Franzbecker Verlag, Bad Salzflun 1991
- [MK] Theo Mayer-Kuckuc: "Das Erscheinungsbild der Physik",
Physikalische Blätter 47/4 (1991) S. 299-303
- [NF] Nikolaus Fiebiger: "Physik im Spiegel der öffentlichen Wahrnehmung",
Physikalische Blätter 47/4 (1991) S. 303-305

*) Überarbeitete Fassung eines Vortrags im Seminar für Didaktik der Physik an der Universität Erlangen-Nürnberg am 3.2.1992