

Lind, Gunter

Physikunterricht und formale Bildung

Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 2 (1996) 1, S. 53-68



Quellenangabe/ Reference:

Lind, Gunter: Physikunterricht und formale Bildung - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 2 (1996) 1, S. 53-68 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-314685 - DOI: 10.25656/01:31468

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-314685>

<https://doi.org/10.25656/01:31468>

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

GUNTER LIND

Physikunterricht und formale Bildung

Zusammenfassung:

Die Diskussion um den Bildungswert der Physik wurde im 19. Jahrhundert unter Gegenüberstellung von formaler und materialer Bildung geführt. Materiale Bildung meint die Vermittlung bestimmter Inhalte; sie ist lehrstoffzentriert. Formale Bildung zielt demgegenüber auf die Entwicklung von Fähigkeiten, auf das Einüben selbständigen Denkens, Urteilens und Handelns. Je nach den Standpunkten vom Zweck der Gymnasialbildung überhaupt, wurden beide Aspekte eher als Gegensätze oder als einander ergänzend aufgefaßt. Mit dem Wandel der psychologischen Theorie von der Vermögens- zur Vorstellungspsychologie änderten sich die Anschauungen über den Charakter der formalen Bildung und ihre unterrichtliche Verwirklichung. Stand anfangs die Mathematisierung im Vordergrund, so später die Vermittlung von Forschungsmethoden und die Ausbildung von Persönlichkeitsmerkmalen eines „objektiven Naturwissenschaftlers“.

Summary:

The discussion on the educational value of physics was carried out in the 19. century by contrasting formal and material education. Material education means the impartation of certain contents: it is oriented towards instruction material. In comparison to this, formal education aims at the development of skills, at practising independent thinking, deciding and behaving. According to the position on the aims of secondary school education in general, both aspects are regarded either as contrasts to or as complementary to each other. With the change of psychological theory from faculty psychology to Herbartian psychology of ideas the views on the character of formal education and their realisation in class changed. Mathematisation was originally given priority, and later emphasis was devoted to the impartation of research methods and the training of personality features of „an objective scientist“.

1. Einleitung

Der Begriff der formalen Bildung geht auf den Berliner Gymnasialdirektor Friedrich Gedike zurück. Er unterschied in einem unterrichtsmethodischen Aufsatz (1781) zwischen dem „formellen“ und dem „materiellen Nutzen“ des Unterrichts. Der unmittelbare bildungspolitische Anlaß war die Neubestimmung des Bildungswerts des Lateinunterrichts. Solange das Lateinische die allgemeine Wissenschaftssprache gewesen war, war seine dominierende Stellung innerhalb des Gymnasialcurriculums unbestritten gewesen.

Nachdem im Universitätsunterricht und in der Fachliteratur jedoch die Muttersprache weitgehend an seine Stelle getreten war, war sein materialer Nutzen geschwunden. Den dadurch entstehenden Legitimationsdruck versuchte Gedike durch die Postulierung eines formalen Nutzens aufzufangen. Die lateinische Sprache zu lernen, sollte, unabhän-

gig von deren Bedeutung für die Berufsausbildung und das spätere Leben, nützlich sein zur Ausbildung übergreifender, nicht an einen bestimmten Gegenstandsbereich gebundener Fähigkeiten des Geistes. Es ging also um eine allgemeine Entwicklung geistiger Anlagen und speziell um die Denkerziehung.

Gedikes Unterscheidung stand durchaus in der Tradition der Pädagogik des 18. Jahrhunderts, was darin zum Ausdruck kommt, daß er vom formellen und materiellen „Nutzen“ sprach. Die Aufzählung der verschiedenen Arten des Nutzens eines Faches oder Gegenstandsbereiches war im 18. Jahrhundert der dominierende Typ curricularer Legitimation. Der Begriff des Nutzens war dabei sehr breit: er umfaßte alles, was für das Individuum und die Gesellschaft als wünschenswert gerechtfertigt werden konnte, wobei meist vorausgesetzt wurde, daß der individuelle und der gesellschaftliche Nutzen im wesentlichen übereinstimmen können. Was dem geistlichen

Wohl des Menschen diene, was zur Verbesserung seiner Lebensverhältnisse beitrug, was die Annehmlichkeit und das (moralisch akzeptable) Vergnügen erhöhte, war „nützlich“. Auch was Gedike als formellen Nutzen bezeichnete, gehört in diese Liste und wurde insbesondere zur Legitimation des Mathematikunterrichts angeführt.

Die Unterscheidung materiell-formell bzw. material-formal war zunächst keineswegs zentral für das Bildungsverständnis, geschweige denn bildungspolitisch brisant. Das wurde sie erst, nachdem die neuhumanistische Bildungsreform das Ideal einer am praktischen Nutzen und am gesellschaftlichen Fortschritt orientierten, enzyklopädischen Gelehrsamkeit durch das Ideal einer auf individuelle Vollkommenheit zielenden Allgemeinbildung ersetzt hatte, die sich an einer idealisierten Antike orientierte.

Dies war bei Gedike bereits angelegt, ohne daß allerdings die beiden Bildungsideale polemisch gegeneinander ausgespielt wurden, wie es später oft geschah, nachdem der Begriff des Nutzens durch denjenigen der Bildung abgelöst worden war. Materiale und formale Bildung wurden damit zu wertenden Begriffen und standen für unterschiedliche Bildungskonzeptionen, die sich wenigstens der Intention nach ausschlossen. Materiale Bildung galt als nützlichkeitsorientiert; sie sollte sich der selbstsüchtigen Abwehr der Not verdanken und konnte auf das Prädikat „bildend“ im Vollsinn der Wortes keinen Anspruch erheben. Formale Bildung hingegen sollte, indem sie die Entwicklung der geistigen Anlagen zu möglicher Vollkommenheit erstrebte, Menschenbildung im eigentlichen Sinne sein.

Von manchen Autoren wurde „formale Bildung“ synonym verwendet mit „Allgemeinbildung“ oder auch mit „humanistischer Bildung“. In diesem Sinne wurde der Begriff für einige Jahrzehnte zum Markenzeichen der von der Mehrheit der Philologen vertretenen Bildungskonzeption des Gymnasiums und zum Kampfinstrument gegen die Realschule und gegen die Aufnahme der Realien in den gymnasialen Fächerkanon.

2. Die mathematische Methode als Mittel der Denkerziehung

In der scholastischen Lehrtradition, die Anfang des 18. Jahrhunderts noch an den Schulen und Universitäten in Deutschland dominierte, war die Aufgabe der formalen Bildung einem Fach zugewiesen, der Logik, die zugleich die wissenschaftliche Methodenlehre umfaßte. In der peripatetischen Philosophie galt die Logik als Formulierung der Gesetze des Denkens, die als unabhängig von dessen Gegenständen betrachtet wurden. Die wissenschaftliche Methode sollte sich vom Alltagsdenken nur dadurch unterscheiden, daß sie die Denkgesetze bewußt und systematisch handhabt. Denken und Sprache waren für die peripatetische Logik eng miteinander verwandt; man glaubte, die Gesetze des Denkens in der Sprache fassen zu können. Daher konnte auch die Analyse der Sprache, insbesondere die lateinische Grammatik, als eine logische Propädeutik angesehen werden. Der eigentliche Logikkurs stand dann am Beginn des wissenschaftlichen Studiums. Formale wissenschaftliche Bildung wurde also als Voraussetzung der materialen betrachtet. Die Physikvorlesung wurde nach der Logik gelesen.

Die Vertreter der neuen Philosophie/Naturwissenschaft haben an der Scholastik vor allem ihre Methode kritisiert. Sie sollte für die Fehler in den philosophischen/physikalischen Lehren verantwortlich sein. Und da die scholastische Methode Erkenntnismethode und Lehrmethode zugleich war, betraf diese Kritik auch die Lehre. Der Logikkurs sollte nicht geeignet sein, richtiges wissenschaftliches Denken zu lehren, vielmehr traute man dies jetzt eher der Mathematik zu.

Das methodologische Programm der neuen Philosophie/Naturwissenschaft hat Descartes formuliert. Für ihn galt die Mathematik als Muster sicherer Erkenntnis. Ihre Theorien waren systematisch geordnete Aussagensysteme, in denen jeder Satz durch Zurückführung auf klare und deutliche, für jedermann einsichtige Axiome bewiesen werden konnte. Descartes glaubte, mathematische Gewißheit auch auf anderen Gebieten der Erkenntnis

erreichen zu können, wenn nur dort auch die Methode der Mathematik befolgt würde. Es galt, der mathematischen Methode ein möglichst breites Anwendungsfeld zu erarbeiten – auch außerhalb der Mathematik, insbesondere in der Philosophie.

Der Anspruch der Allgemeingültigkeit der mathematischen Methode, und damit ihre Tauglichkeit als Mittel zur formalen Bildung, war zunächst weder psychologisch gerechtfertigt noch durch überzeugende Beispiele belegt. Was bei der Logik wegen ihrer Nähe zum Alltagsdenken unmittelbar einleuchtete, mußte für die Mathematik erst begründet werden. Dies hat Christian Wolff versucht, indem er mathematisches und logisches Denken in Beziehung zueinander setzte und die Transferhypothese psychologisch fundierte.

Das erste von Wolffs vielen Lehrbüchern, und wohl auch sein populärstes, waren die „Anfangs-Gründe aller mathematischen Wissenschaften“ (1710), deren Kurzfassung fürs Gymnasium bis zum Ende des 18. Jahrhunderts in Gebrauch war. Es war zugleich das einzige Lehrbuch, zu dem er auch ein didaktisches Begleitbuch für den Lehrer verfaßte (1747).

Darin ging es ihm vor allem um die Analyse der formalbildenden Möglichkeiten der Mathematik, was schon im Titel programmatisch zum Ausdruck kommt: „Vernünftige Gedancken von der nützlichen Erlernung und Anwendung der mathematischen Wissenschaften, insonderheit wie dadurch der Verstand zu allen Verrichtungen vollkommener zu machen und zu einer gewissen Erkenntniß auch ausser der Mathematik zu gelangen sey.“ Wolff war überzeugt, daß die Mathematik die besten Möglichkeiten zur Schulung des jugendlichen Verstandes bot, und zwar wegen „der accuraten Lehrart, in der dieselben Wahrheiten vorgetragen werden“, und er meinte, dies sei der wichtigste Grund für die Einführung des Mathematikunterrichts an den Schulen.

Um dies zu begründen, war zweierlei nötig. Zunächst mußte gezeigt werden, daß formale Bildung überhaupt möglich ist, daß also der Geist gegenstandsunabhängige Fähigkeiten

erwerben kann. Danach mußte dargelegt werden, daß dies am besten durch die mathematische Methode erreicht werden könnte.

Das erste sollte die Vermögenspsychologie leisten, die durch Wolffs Lehrbuch (1732) in Deutschland zur herrschenden psychologischen Richtung wurde und dies ein Jahrhundert lang blieb. Für Wolff war, wie für Leibniz, die Welt aus ursprünglichen Kraftereinheiten aufgebaut. Auch die Seele war ein solcher ursprünglicher Kraftträger, dessen Tätigkeiten im Vorstellen und im Verarbeiten von Vorstellungen bestanden. Die Seelenkräfte wurden in Analogie zu den Körperkräften gedacht und sollten wie diese geübt und durch Unterricht in gezielter Weise ausgebildet und modifiziert werden können. Um insbesondere den Verstand zu üben, also formal zu bilden, mußte das Bilden von Begriffen, Urteilen und Schlüssen geübt werden. Dies sollte geschehen, wenn methodisch gelernt wurde, besonders wenn das Wissen nach der mathematischen Methode organisiert war. Der Schüler sollte bereits beim Kenntniserwerb die Bildung von Begriffen, Urteilen und Schlüssen lernen, indem er richtig gebildete Begriffe, Urteile und Schlüsse nachvollzog.

Warum sollte nun gerade die mathematische Methode besonders geeignet sein, formale Bildung zu vermitteln? Für Wolff war sie die „allernatürlichste Art zu denken“, die sich „genau nach den Gesetzen und Regeln der Seele richtet“ (1747). Er nahm damit für die mathematische Methode dasselbe in Anspruch wie die scholastische Tradition für die Logik. Wodurch unterschied sich dann aber seine mathematische Methode noch von der scholastischen Methode? Wolff kritisierte an dieser die Begriffs- und die Urteilsbildung. Die Mathematik gehe von klaren, deutlichen und vollständigen Begriffen aus, die entweder a priori einleuchten oder sich auf unmittelbare Erfahrung zurückführen lassen. Die Begriffe eines Systems sind widerspruchsfrei und hierarchisch geordnet. Auf der Grundlage dieser Begriffe werden durch logische Schlüsse Sätze bewiesen. Mathematische Urteilsbildung geschieht also durch den Beweis. Nur so könne Gewißheit erreicht werden.

Wolff hat die formalbildenden Möglichkeiten der Mathematik sicher überschätzt. Sie ergaben sich für ihn aus seiner Überzeugung vom universellen Charakter der mathematischen Methode. Tatsächlich erwies sich die Übertragung derselben auf andere Wissenschaften jedoch als weitgehend unmöglich oder unfruchtbar. Von seiner Vermögenspsychologie her war die Koppelung der formalen Bildung an die mathematische Methode keineswegs zwingend. Saubere Begriffs- und Urteilsbildung konnte man auch den hermeneutischen Wissenschaften nicht prinzipiell absprechen. Im Prinzip sollte jedes Fach zur Denkschulung geeignet sein, wenn es in entsprechender Weise unterrichtet wurde.

Die mathematische Physik, die für Wolff der für formale Bildung bedeutsame Teil der Physik war, wurde damals im Mathematikunterricht gelehrt. Sie galt als wichtigstes Anwendungsgebiet der Mathematik, und Wolff widmete ihr in seinem Mathematiklehrbuch breiten Raum.

Im Vorwort, in dem er auf den Bildungswert des Faches eingeht, wird man allerdings nur relativ wenig zur formalen Bildung finden. Hingegen wird der materiale Aspekt, die Bedeutung des Faches zur Beförderung der Glückseligkeit des Menschengeschlechts, ausführlich gewürdigt. Für Wolff war formale Bildung stets nur Mittel zur Verbesserung der materialen. Formale Bildung sollte dazu führen, die Wahrheit besser zu erkennen, und diese wiederum sollte helfen, die menschlichen Verhältnisse zu verbessern. Er hat deshalb auch nie einer einseitig formalen Bildung das Wort geredet, sondern vielmehr vieles, das ihm unter dem formalen Gesichtspunkt wertlos erscheinen mußte, wegen seines materialen Nutzens in seine Lehrbücher aufgenommen, z. B. auch die Experimentalphysik.

Als sich der Physikunterricht in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts an den Gymnasien etablieren konnte, wurde dort zunächst vor allem die Experimentalphysik gepflegt. Zwar wurden die Gebiete der mathematischen Physik (Mechanik, Hydrostatik, Aerostatik, Optik) aus dem Mathematikunterricht in den

Physikunterricht übernommen, aber sie wurden dort kaum mathematisch behandelt, sondern experimentell. Und dementsprechend spielte formale Bildung bei den Zielen des Physikunterrichts kaum eine Rolle. Der Physikunterricht legitimierte sich durch seinen praktischen Nutzen und lag damit ganz im bildungspolitischen Trend.

3. Formale Bildung als Ziel des Gymnasiums

Neue Aktualität für die höhere Bildung und zugleich eine neue Interpretation erhielt der Begriff der formalen Bildung durch die neuhumanistische Bildungsreform. Auf deren Ursachen und Ziele soll hier nicht eingegangen werden. Es seien nur durch einen Vergleich zweier typischer Positionen (Villaume, 1785 und Niethammer, 1808) die charakteristischen Unterschiede der Bildungsauffassung dargestellt, insoweit sie für den Begriff der formalen Bildung wesentlich sind.

Villaume und Niethammer stellten beide die gleiche Frage an den Anfang ihrer pädagogischen Überlegungen: „Ob und inwieweit bei der Erziehung die Vollkommenheit des einzelnen Menschen seiner Brauchbarkeit aufzuopfern sei?“ (Villaume) bzw. „Ob das Kind zum Menschen oder zum Bürger zu erziehen sey?“ (Niethammer), wobei die unterschiedliche Wortwahl die konträren Antworten schon ahnen läßt.

Villaume betrachtete in der Tradition des 18. Jahrhunderts den Menschen zunächst als gesellschaftliches Wesen. Erziehung sollte von den bestehenden gesellschaftlichen Verhältnissen ausgehen und zu ihrer Verbesserung beitragen. Der Gesellschaft wurde ein Recht auf den Einsatz der Kräfte aller ihrer Mitglieder zugebilligt, und deshalb war bürgerliche Brauchbarkeit die erste Richtschnur pädagogischen Handelns. Das schloß das Streben nach individueller Vollkommenheit nicht aus, beschränkte es aber auf den Spielraum, den die gesellschaftlichen Verhältnisse ihm ließen. Niethammer betonte umgekehrt die Rechte des Individuums gegenüber den Ansprüchen der Gesellschaft. Erziehung hatte zuerst die

Individualität des Schülers zu respektieren und zu fördern und durfte bürgerliche Brauchbarkeit nur in dem dadurch vorgegebenen Rahmen erstreben. Förderung der Individualität war für Niethammer Bildung für die höhere Welt des Geistes. Alle über die Geistesbildung an sich hinausgehenden Zwecke wurden dem Aspekt der Brauchbarkeit zugeordnet und wenn nicht abgelehnt, so doch für sekundär erklärt und oft auch des Utilitarismus verdächtig: Berufsbildung, staatsbürgerliche Erziehung, Übung der praktischen Urteilskraft und der handelnden Lebensbewältigung.

Beide Positionen führten zu unterschiedlichen Auffassungen von formaler Bildung. Für die eine war formale Bildung Hilfsmittel der materialen. Für die andere waren formale und materiale Bildung der Intention nach entgegengesetzt, wenn auch im Erziehungsgeschäft nicht voneinander zu trennen. Niethammer gestand der Gegenpartei, die er im Philanthropinismus repräsentiert sah, folgerichtig nicht einmal zu, überhaupt formale Bildung zu vermitteln, obwohl doch die Philanthropisten das Gegenteil behaupteten. Was auf praktische Anwendbarkeit, auf die Übung des Geistes zu materiellen Zwecken zielte, dem mochte er den Ehrentitel formaler Bildung nicht zuerkennen. Formale Bildung sollte kontemplativ bleiben, auf den Umgang mit geistigen Gegenständen beschränkt. Zwar ist Niethammers Position hier extrem, aber sie zeigt die Tendenz.

Wenn formale und materiale Bildung einander entgegengesetzte Intentionen verfolgten, war es konsequent, sie unterschiedlichen Bildungsgängen zuzuweisen. Es sei besser, die Schule der allgemeinen Geistesbildung sorgfältig von den Schulen zu trennen, die eine bestimmte Ausbildung intendieren. Nur so könne jede Schule ihrem Zweck optimal gerecht werden (Stephani, 1828). Damit wurde formale Bildung zum Kennzeichen des Gymnasiums und unterschied dieses von allen anderen Bildungsgängen. Das Gymnasium wurde als reine Vorbereitungsschule für die Universität betrachtet. Gymnasialbildung mußte auf Berufsvorbereitung oder die Ver-

mittlung praxisbezogener Kenntnisse keine Rücksicht nehmen, da sie nur propädeutischen Charakter hatte.

Wie breit der Konsens über die Aufgabe des Gymnasiums als Schule formaler Bildung war, zeigt die Haltung derjenigen, die dadurch benachteiligt wurden. Die Vertreter der naturwissenschaftlichen Fächer am Gymnasium wendeten sich zwar öfter dagegen, formale und materiale Bildung gegeneinander auszuspielen, erkannten aber doch den formalen Aspekt als den höherwertigen und als erste Aufgabe des Gymnasiums an. Die Vertreter der Realschule, für Niethammer der exemplarisch materiale Bildungsgang, vertraten nicht etwa selbstbewußt die ihnen zugedachte Rolle, sondern reklamierten formale Bildung auch für ihre Schulform und knüpften daran die Forderung nach Gleichberechtigung mit dem Gymnasium.

Das wichtigste Kriterium für curriculare Maßnahmen zur Erreichung einer auf individuelle Vollkommenheit gerichteten formalen Bildung war die „harmonische Ausbildung der Seelenkräfte“. Auch dies war nicht neu, sondern war von der philanthropinistischen Gegenpartei in gleicher Weise gefordert worden (Campe, 1785). Der Unterschied liegt in der Interpretation des Topos von der „harmonischen Ausbildung der Kräfte“.

Zum einen wurden die zu übenden Kräfte jetzt umfassender bestimmt. Das 18. Jahrhundert hatte fast ausschließlich die verschiedenen Aspekte des Erkenntnisvermögens betont, daneben eventuell noch das Begehungsvermögen (der Wille). Jetzt sollte der Unterricht auch „die formelle Bildung des Gefühls und die Gesinnung“ (als auf die sittliche Seite bezogenes Gefühl) fördern (Bernhardi, 1815). Man wollte „Männer von hellem Kopfe, von adlem Herzen und heiligen Willen bilden“ (Stephani, 1828). Wenn Gefühl und Gesinnung als Seelenkräfte aufgefaßt wurden, konnte man sie auch formal bilden. Es ging zunächst also nicht um bestimmte Gefühle oder Gesinnungen, sondern um die Tiefe des Gefühls, den Adel der Gesinnung. Die psychologische Grundlage war dabei immer noch die Wolffsche Vermögensideolo-

gie, und die einzelnen Vermögen können noch in derselben Weise beschrieben sein wie bei ihm.

Der zweite Unterschied bei der Verwirklichung der „harmonischen Ausbildung der Kräfte“ war, daß diese nicht mehr, wie in der enzyklopädischen Bildungskonzeption der Philanthropisten, mit einer möglichst breit angelegten Schulung aller Seelenvermögen erreicht werden sollte. Das Ideal der Vollkommenheit machte einen solch umfassenden Zugriff praktisch unmöglich. Die Schule konnte „nicht die formelle Bildung erschöpfen, sondern dieselbe nur repräsentieren“ (Bernhardi, 1815).

Es ging darum, einen irgendwie gearteten Fokus zu finden, der Einheit in das Vielerlei möglicher Bildungsinhalte bringen konnte. Die Kräfte sollten so entwickelt werden, daß sie „auf das Wesen des Geistes im Ganzen bezogen bleiben“ (Tenner, 1829). Dies leistete allein die Philosophie (Tenner, 1829; Deinhardt, 1837; Weiß, 1841; Bernhardi, 1815). Philosophisches Denken wurde als Kern aller Wissenschaft betrachtet und insofern seine Vermittlung als Kern der Aufgabe des Gymnasiums als Vorbereitung auf die Universität und Vorschule der Wissenschaft. Die Schule sollte nicht selbst Philosophie betreiben, und auch keine Wissenschaft, sie sollte vielmehr den philosophischen Geist vermitteln und damit die Befähigung, Wissenschaft zu betreiben.

„Da nun aber die Philosophie auf der einen Seite von der Schule ausgeschlossen, auf der andern Seite jedoch der höchste Punkt des Strebens ist, so ist klar, daß alle formelle Bildung der Schule nichts ist als Entwicklung des philosophischen Sinnes“ (Bernhardi, 1815).

Mit der Gleichsetzung von formaler Bildung, philosophischem Sinn und Humanität war die Bildungskonzeption des Gymnasiums charakterisiert. Deinhardt (1837) kennzeichnete sie durch die Gegensatzpaare Wissenschaft - Leben, Theorie - Praxis, Erkenntnis - Wille, Idealität - Realität und ordnete jeweils den ersten Begriff der Gymnasialbildung, den zweiten der Realschule zu. Dem lag ein bestimmtes Wissenschaftsbild zugrunde, das

das Aufblühen der Erfahrungswissenschaften und die Verwissenschaftlichung der Technik nicht zur Kenntnis nahm oder sogar gering-schätzig betrachtete. Der technische und praktische Ertrag der reinen Wissenschaft war dann „nichts als ihr Abfall“ (Axt, 1840). Als höchste Aufgabe der Wissenschaft wurde die philosophische Durchdringung ihres Gegenstandes betrachtet, und auch diese sollte nicht primär mit dem Ziel der Verbesserung des Lebens geschehen, sondern die überzeitlichen geistigen Werte entbergen. Der Wissenschaftler sollte „außer seiner Zeit denken und leben gelernt“ haben, um „geistig über ihr zu stehen“ (Weiß, 1841). In diesem Wissenschaftsbild liegt ein Hauptunterschied zur Bildungskonzeption Christian Wolffs, der auch formale Bildung mit wissenschaftlichem, respektive philosophischem Sinn gleichsetzte, die Wissenschaft jedoch in den Dienst des gesellschaftlichen Fortschritts gestellt sehen wollte.

4. Die formalbildenden Möglichkeiten der einzelnen Fächer

Als wichtigste didaktische Frage im Zusammenhang mit der Umsetzung der neuen Vorstellungen von formaler Bildung erschien die Festlegung der Fächerstruktur des Gymnasiums. Die wohl verbreitetste Auffassung war, daß zwei Fächer hier die besten Möglichkeiten böten, die Mathematik, die ihren Ruf als Schule formaler Bildung seit Wolff weitgehend unangefochten behaupten konnte, und die alten Sprachen, deren Förderung den Neuhumanisten besonders am Herzen lag.

„Sprachen und Mathematik enthalten nun zusammen die formalen Gesetze alles Daseyns, und mithin müssen beide die Grundpfeiler jeder formalen Bildung seyn; jedes der beiden entwickelt auf eigenthümliche Weise die abstracte Denkhätigkeit, jedes repräsentirt eine eigene Welt, die ihre besondern Rechte hat, und erst beide im Verein geben dem Geiste die allumfassende formale Vorbereitung, die ihn zur Aufnahme des ganzen Gebietes der Wahrheit kräftigt und befähigt“ (Snell, 1833).

Die detaillierte Begründung hierfür hat Bernhardi (1815) geliefert, auf dessen Einfluß es

wohl auch zurückzuführen ist, daß Süverns Unterrichtsverfassung für Preußen von 1816 diesen Standpunkt übernahm.

Für Bernhardi wäre die Philosophie der einzige Unterrichtsgegenstand, der für sich allein in der Lage wäre, alle Formen des Wissens zu repräsentieren und alle Vermögen der Seele zu beschäftigen. Sie sei jedoch aus entwicklungspsychologischen Gründen für die Schule ungeeignet, weil sie die Harmonie der Seelenkräfte bereits voraussetze, die es doch im Kinde erst herzustellen gelte. Formale Bildung erfordere deshalb mehrere Fächer, die so auszuwählen seien, daß sie die Gesamtheit der Seelenvermögen repräsentieren. Bernhardi betrachtete das philosophische Denken als eine Synthese von mathematisch-naturwissenschaftlichem und philologisch-historischem Denken. Ersteres sei auf die Konstruktion überzeitlicher Systeme, letzteres auf das Verständnis der der Zeit angehörigen Einzelercheinungen gerichtet. In der Mathematik und in den Sprachen sollten diese beiden Denkweisen paradigmatisch zum Ausdruck kommen. Diese beiden Fächer seien hinsichtlich der formalbildenden Möglichkeiten einander entgegengesetzt. Sie repräsentierten die Gesamtheit formaler Bildung, könnten aber die Harmonie der Kräfte, den vollständig entwickelten philosophischen Sinn, nur ahnen lassen. Bernhardi faßte das Resultat seiner Überlegungen so zusammen:

„Wollen wir im allgemeinen das Resultat hinstellen, so würde subjectiv die Mathematik die Stärke des Geistes, die Sprachen die Geschicklichkeit desselben, jene die Tiefe, diese die Behendigkeit und Vielseitigkeit glücklicher ausbilden, objectiv aber die Mathematik die Auffassung eines Ganzen als solches, die Sprachen aber die Einzelheit und ihre Beziehung begünstigen.“

Bernhardi wußte, daß formale und materiale Bildung miteinander verbunden sind, und wenn auch das Ziel des Gymnasiums einzig in der Förderung der ersten bestehen sollte, so folgte aus der notwendigen Interdependenz beider doch, daß auch dem materialen Aspekt gebührende Aufmerksamkeit gewidmet werden mußte. Der Mathematikunterricht umfaßte deshalb auch die angewandte Mathema-

tik, insbesondere Mechanik und Physik, und zum Sprachunterricht gehörte auch die Lektüre und Interpretation literarischer und geschichtlicher Texte. Manche Autoren, namentlich Vertreter der naturwissenschaftlichen Fächer, betonten den materialen Aspekt noch stärker, indem sie den beiden schwerpunktmäßig formal bildenden Gegenständen Mathematik und Sprachen zwei schwerpunktmäßig material bildende zuordneten, die Physik und die Geschichte.

„Wie sich nun die Sprache zur Geschichte verhält, so verhält sich die Mathematik zur Naturwissenschaft. Dieß ist die große Tetralogie aller Mittel reiner Geistesbildung, das höchste ausgenommen, das alle durchdringt und umfaßt und ins Centrum alles Geisteslebens, zu Gott führt: die Religion. Von diesen vier Factoren ächter Geistesbildung bietet Sprache und Mathematik vorzugsweise die f o r m e l l e, Geschichte und Naturkunde die materielle oder r e a l e Bildungsseite dar; doch haben letztere ebenso nothwendig auch formell bildenden Einfluß, als erstere ohne Stoff sich weder zu äußern noch wirksam zu werden vermögen“ (Blochmann, 1847).

„Es enthält die Mathematik den allgemeinen Inhalt der Naturwissenschaft und ist ein Schlüssel zur Naturwissenschaft, die Sprache ist die erste menschliche Offenbarung und der allgemeine Inhalt alles Menschlichen ... Das ideale Studium der Mathematik hat somit sein reales an der Naturwissenschaft und das ideale Studium der Sprachen und ihrer Producte sein reales an der Geschichte“ (Deinhardt, 1837).

Die formalen Unterrichtsmittel verhalten sich zu den materialen wie die Lehre zum Beispiel; beides gehört zusammen. Wird der Geist zu einseitig formal beschäftigt, so neigt er zu „Dürre und Sprödigkeit“ (Snell, 1833), die Denktätigkeit bleibt abstrakt und wird den Inhalten entfremdet.

Die Einteilung des Gymnasialcurriculums in zwei charakteristische Fächergruppen, eine philologisch-historische und eine mathematisch-naturwissenschaftliche, war gängig (z. B. Hohoff, 1840; Hoffmann, 1867; Snell, 1833). Manchmal wurde als dritter unverzichtbarer Bereich noch der Religionsunterricht angeführt. Die beiden Fächergruppen

sollten nach Inhalten und nach Methoden wesentlich verschieden sein, so daß nicht eine die andere ersetzen konnte. Die Begründung für die Einteilung hob manchmal mehr auf die Methoden ab (wie bei Bernhardi), manchmal mehr auf die Inhalte. Ein Beispiel hierfür ist Blochmann (1847), der im Anschluß an die romantische Naturphilosophie zwei Bereiche der Manifestation des Geistes unterscheidet, eine bewußte in der Geschichte und eine unbewußte in der Natur.

Die aus dieser Bildungskonzeption hervorgehende enge Orientierung des Physikunterrichts an der Mathematik hat wesentlich zu einer Veränderung des Physikunterrichts beigetragen, die sich am Anfang des 19. Jahrhunderts vollzog. Noch um die Jahrhundertwende wurde im Physikunterricht die Verwendung der Mathematik so gut es ging vermieden, um den Schülern das Verständnis möglichst leicht zu machen. Der Stoff wurde (wo die Geräteausstattung es ermöglichte) experimentell entwickelt, die Phänomene wurden qualitativ erklärt. Bereits einige Jahrzehnte später war der Physikunterricht wesentlich weniger unterhaltend. Man bevorzugte die Gebiete und Themen, die sich mathematisch elementar und doch exakt behandeln ließen. Das Moment der Übung spielte eine große Rolle. Gesetze wurden auf viele besondere Fälle angewendet, um schlußfolgerndes Denken zu üben. Übungsaufgaben sollten den Schüler zu eigener geistiger Tätigkeit anregen. Dies war die später vielgeschmähte Kreidephysik des 19. Jahrhunderts. Typisch hierfür war die Haltung Drobischs (1832):

„Gar leicht geht das Experimentiren, das Benutzen von Instrumenten, in zwecklose unterhaltende Spielerei über. Populär darf auf der Gelehrtschule gar nichts gelehrt werden.“

Vielmehr müsse auch im Physikunterricht stets das „Strengtheoretische“ die Oberhand behalten. Das Experiment vermittele eher „mechanische Fertigkeiten“, die er gering-schätzt. Wichtig war ihm am Experimentieren nur der „philosophische Gedankengang“ der experimentellen Methode. Insgesamt solle man jedoch vor allem reine Mathematik leh-

ren und nicht zu viel Zeit auf die physikalischen Anwendungen verwenden.

Wenn auch der Einfluß dieser Haltung auf die Methodik des Physikunterrichts wenig günstig war, so hat er sich doch positiv auf die Stellung des Faches im Gymnasialcurriculum ausgewirkt. Während der Naturgeschichtsunterricht zurückgedrängt wurde und die Anfänge des Chemieunterrichts abgeschnitten wurden, konnte die Physik sich trotz ihrer Affinität zum realistischen Bildungswesen im Curriculum des Gymnasiums relativ unangefochten behaupten. Stellungnahmen gegen die Aufnahme der Naturwissenschaften in das Curriculum des Gymnasiums hatten meist primär die Naturgeschichte im Auge und nahmen manchmal die Physik explizit aus (Großmann, 1834). Die Verbindung des Physikunterrichts mit der Mathematik wurde auch von staatlicher Seite gefördert. Im preußischen Cirkularreskript von 1837 wird gefordert, „die Mathematik und Physik zueinander ... in ein näheres Verhältnis zu bringen“ (Giese, 1961). In der Lehrerbildung wurde Mathematik/Physik zur üblichen Fächerkombination.

Die Verbindung der Physik mit der Mathematik hat sich recht lange gehalten, auch nachdem die aus der Vermögenspsychologie abgeleitete Auffassung, einige wenige zur Übung bestimmter Vermögen besonders geeignete Fächer könnten zusammen eine umfassende formale Bildung vermitteln, längst unhaltbar geworden war. Pietzker (1875) meinte noch, die Mathematik sei „eins der wesentlichsten Mittel formaler Bildung“ und dies werde „kaum von irgend einer Seite bestritten“. Richter (1891, 1891, 1900) mußte die im folgenden Kapitel zu behandelnde vorstellungspsychologische Auffassung von formaler Bildung noch um die Jahrhundertwende gegen die alten Auffassungen verteidigen. Allerdings waren sich manche Lehrer, die die mathematisierte Physik wegen ihres angeblich besonders formal bildenden Wertes pflegten, der psychologischen Grundlagen ihrer Anschauungen wohl gar nicht mehr bewußt. Sie war zu einer Unterrichtspraxis geworden, die keiner Begründung

mehr zu bedürfen schien. Noch für die „Mera-ner Vorschläge“ der Unterrichtskommission der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (Gutzmer, 1905) war die Überwindung dieser Praxis das erste Anliegen der Unterrichtsreform: „Die Physik ist im Unterricht nicht als mathematische Wissenschaft, sondern als Naturwissenschaft zu behandeln“, lautete ihr erster Grundsatz.

5. Die Bereichsspezifität formaler Bildung und ihre Konsequenzen

Einen neuen, für lange Zeit wirksamen Anstoß zur Interpretation formaler Bildung erhielt die Physikdidaktik durch die Vorstellungspsychologie. Eine besondere Bedeutung kam dabei Benekes „Erziehungs- und Unterrichtslehre“ (1835/36) zu, die bei Lehrern verbreitet war.

Beneke warf der Vermögenspsychologie vor, sie entbehre einer empirischen Grundlage. Die von ihr postulierten Vermögen seien logische Fiktionen. Sie bezeichneten lediglich Verhaltensklassen und seien zur Erklärung psychischer Phänomene unbrauchbar. Wer in den Vermögen eine Art selbständiger, voneinander unabhängiger Wesenheiten sehe, verdingliche nur Begriffe der Umgangssprache. Für Beneke waren die Vorstellungen das Primäre. Begriffe waren nicht angeboren oder irgendwie in der Seele schon vorgebildet, sondern sie entstanden durch Abstraktion aus Vorstellungen, und vor dem ersten Abstraktionsprozeß hatte der Mensch noch keinen Verstand.

Die Entwicklung der sinnlichen Auffassung, des Verstandes, der Einbildungskraft etc. waren nicht unabhängig voneinander, sondern hingen zusammen und verliefen parallel. Von dieser Position aus bestimmte Beneke das Verhältnis von materialer und formaler Bildung neu. Wenn jeder Begriff nur so weit reichte wie sein Vorstellungsinhalt, mußten Transferhypothesen mit Vorsicht betrachtet werden.

„Die formelle Bildung reicht zunächst und unmittelbar nur so weit, als sich die Entwicklungen, durch welche sie gewonnen worden ist, ihrem In-

halte oder ihrem Materialien nach erstrecken; und wir müssen also auch diesem letzteren den Umfang geben, welchen wir für die erstere bezwecken.“

„Die formale oder Kräftebildung ist stets zugleich eine materiale, d. h. an einen gewissen Vorstellungsinhalt geknüpft; eine unmittelbar rein formale oder allgemeine Kräftebildung giebt es nicht für die menschliche Seele“ (Beneke, 1835/36).

Formale Bildung sollte demnach nur bereichsspezifisch möglich sein. Dem Glauben an einen uneingeschränkten Transfer wurden die entgegenstehenden Erfahrungen vorgehalten. Nur bei gleichen oder ähnlichen Vorstellungselementen konnte ein Begriff oder eine Regel übertragen werden. Eine Übertragung auf ganz andere Gebiete hielt Beneke nur bei Metakognitionen für möglich, die sich nicht mehr auf bestimmte Vorstellungselemente beziehen, also etwa bei Normen. Maßstäbe für Vollkommenheit, Schönheit, Sittlichkeit etc. können gewissermaßen zu Persönlichkeitseigenschaften werden und reichen dann über das Gebiet hinaus, in dem sie ursprünglich erworben wurden.

Was die curricularen Folgerungen angeht, blieb Beneke noch eng der Tradition verhaftet. Auch er unterschied vier Hauptgruppen des Unterrichts mit je eigenem didaktischem Charakter: Sprachen, Geschichte, Mathematik und Naturwissenschaften (und fügte noch die Handfertigkeiten als fünfte hinzu). Weiterhin sollten der Sprachunterricht und der Mathematikunterricht vor allem der formalen Bildung der Jugend dienen. Die Realien hielt er für weniger bildend, da sie oft nur Mengen von Vorstellungsmaterial lieferten, das sich bloß als Gedächtnisstoff eigne.

„Eine Ausnahme hiervon machen allerdings diejenigen Naturwissenschaften, welche eine Anwendung der Mathematik zulassen, ... namentlich die Astronomie und manche Theile der Physik.“

Beneke hatte mit seiner Einsicht, daß kein Fach geeignet sei, ganz allgemein den Verstand auszubilden oder denken zu lehren, daß vielmehr die an einem bestimmten Gegenstandsbereich gewonnene formale Bildung im wesentlichen auf diesen beschränkt bleibe, den Fachdidaktiken eine Aufgabe gestellt. Es

galt, die formalen Bildungswerte herauszuarbeiten, die der Arbeit mit den Inhalten des Faches immanent sind. Die Forderung des Neuhumanismus nach allseitiger, harmonischer Ausbildung der geistigen Anlagen des Schülers konnte nun nur noch als Aufforderung an alle Fächer verstanden werden, dazu ihren charakteristischen Beitrag zu leisten.

Die Physikdidaktiker haben den formalen Bildungswert ihres Faches durchweg in diesen Methoden lokalisiert.

Als ein Beispiel von vielen sei hier eine Denkschrift über den naturwissenschaftlichen Unterricht an Gymnasien angeführt, die der Dresdener Medizinprofessor Hermann Eberhard Richter 1847 im Auftrage der Gesellschaft „Isis“ verfaßte. Richter unterschied zwei „formale Aufgaben des naturwissenschaftlichen Unterrichts“.

1. Die erste sah er in der „Weckung, Schärfung und Einschulung der Sinnesauffassung“. Die sinnliche Wahrnehmung sei Grundlage der Naturwissenschaft, ihre Schulung also die erste Aufgabe des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Die Schule habe dies bislang sträflich vernachlässigt, obwohl doch Geistesbildung ohne Betätigung der Sinne gar nicht denkbar sei.
2. Den zweiten und, wie er meint, höheren Aspekt formaler Bildung sah Richter in der „exakten Methode der jetzigen Naturforschung“, deren Kern für ihn - den methodologischen Auffassungen seiner Zeit gemäß - die induktive Methode darstellt. Diese sei, wenn auch modifiziert, allen Naturwissenschaften gemeinsam.

Beide Aspekte der formalen Bildung gehörten zusammen. Die Sinnesschulung bezweckte die Ausbildung der Anschauung. Sie sollte zu Sicherheit und Klarheit bei der Bildung von Vorstellungen führen.

Diese wiederum waren die Grundlage des methodischen Denkens. Die beiden Aspekte haben eine gewisse Affinität zu den beiden Stufen des Physikunterrichts: auf der Unterstufe bezweckte der Unterricht vor allem die Ausbildung des Beobachtungsvermögens, auf der Oberstufe sollte er vor allem die wissenschaftliche Methode lehren.

Richter legte Wert darauf, den spezifischen Beitrag der Naturwissenschaften zur formalen Bildung von demjenigen der Sprachen abzugrenzen. Er meinte, daß beide sich ergänzten und keine die andere vertreten könne.

„Daß nun eine solche Methode, ..., ein wichtiges formales Bildungsmittel für den Unterricht und eine treffliche Schule der praktischen Logik, welche noch für das ganze Leben nachwirkt, sein müsse: dieß kann keinem Zweifel unterliegen. Ebenso gewiß ist aber auch, daß diese Verstandesübung durch die jetzige aprioristische sprach- und schriftgelehrte Bildungsweise nicht ersetzt werden kann, sondern daß sie gerade diejenige Lücke ausfüllt, welche bei Letzterer, ..., notwendigerweise unausgefüllt, ..., bleibt“ (Richter, 1847).

Diese Konzeption von formaler Bildung fußte auf der für die Wissenschaftstheorie des 19. Jahrhunderts gängigen Auffassung, daß es überhaupt eine für naturwissenschaftliche Forschung typische, unwandelbare Methode gäbe, die der Garant des wissenschaftlichen Fortschritts sein sollte.

Richters Argumentation steht für viele andere in der 2. Hälfte des 19. und am Beginn des 20. Jahrhunderts. Der formalbildende Wert der Physik wurde zu einem wichtigen Argument im Kampf um die Gleichberechtigung des Faches neben den Sprachen. Dabei wurde dieser Wert stets in erster Linie in der Methode gesehen, die meist induktivistisch aufgefaßt wurde. Wie sehr diese Auffassung von formaler Bildung den Physikdidaktikern zur Selbstverständlichkeit geworden war, zeigt die Methodik von Bastian Schmid (1907), in der unter der Überschrift „Der formale Bildungswert der Naturwissenschaften“ ohne weitere Erklärung und ohne den Begriff formale Bildung noch einmal zu erwähnen, ein Kolleg über die induktive Methode gegeben wird.

Die Konsequenzen dieser Auffassung von formaler Bildung für die Unterrichtsmethoden waren einschneidend. Die Maxime war die Orientierung der Methode des Unterrichts an der Methode der Wissenschaft. „Die rechte Lehrmethode ist überall die Methode der Wissenschaft selbst, um deren willen sie,

wenn sie formalen Zwecken dient, als Bildungsmittel gewählt wurde“ (Kirschbaum, 1866). Besonders gefördert wurde dies durch die „Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht“, in deren erstem Heft der Herausgeber dies zum Programm machte: „Die Methode des physikalischen Erkennens muss auch die Methode des physikalischen Unterrichts sein“ (Poske, 1887).

Eine wichtige praktische Folgerung hieraus war, daß man der Wissenschaftsgeschichte eine große didaktische Bedeutung einräumte. Die historischen Forschungsprozesse sollten das Muster guten methodischen Vorgehens abgeben. Besonders Ernst Mach hat in verschiedenen Aufsätzen in der genannten Zeitschrift dafür plädiert, den Unterrichtsgang eng am historischen Gang der Wissenschaft zu orientieren, und dies auch an praktischen Beispielen durchgeführt.

Eine andere Folgerung betraf das Unterrichtsexperiment. War es bisher (jedenfalls im Oberstufenunterricht) eher selten und eher zu Übungszwecken eingesetzt worden, so wurde es jetzt zum Zentrum des Unterrichts. Zunächst war es das Demonstrationsexperiment, das gepflegt wurde, und man hoffte, das eigene Anschauen werde die gewünschte Beherrschung der Methode gewährleisten.

Die Vorstellungspsychologie forderte zur Erlangung formaler Bildung zwar geistige Selbsttätigkeit, nicht jedoch eigenes praktisches Handeln. Später setzte sich die Auffassung durch, eine wirkliche Beherrschung der Methode sei nur durch eigene Praxis zu gewährleisten, und demnach erwartete man einen größeren Erfolg von Schülerübungen. Die Verbindung geistiger Selbsttätigkeit mit der manuellen bei der Laborarbeit galt als bestes Mittel zur formalen Bildung (Dannemann, 1907; Jensen, 1910). Kerschensteiner (1914) schließlich hat darauf hingewiesen, daß auch ein stark gelenkter Schülerübungsunterricht kaum geeignet sei, formal zu bilden und forderte eine eigenständige Auseinandersetzung mit physikalischen Problemen.

Obwohl man der Vorstellungspsychologie gemäß von der im Physikunterricht erworbenen

formalen Bildung eigentlich auch nur eine Bewährung bei der Lösung physikalischer Probleme erwarten konnte, wurden doch von manchen Fachdidaktikern weitergehende Transferannahmen formuliert. Dies wurde allerdings in der Regel nicht psychologisch begründet, sondern wissenschaftstheoretisch. Die Methode der Physik galt als beispielhaft für alle Erfahrungswissenschaften, ja für wissenschaftliches Denken überhaupt. „Das Verfahren der Physik ist aber seiner Natur nach nicht von demjenigen des wissenschaftlichen Denkens im allgemeinen verschieden“ (Poske, 1887).

Manche Autoren gingen noch weiter und betrachteten die physikalische Methode als eine verfeinerte Form des gesunden Menschenverstandes (Kollbach, 1888; Kerschensteiner, 1914). Dann waren weitgehende Transferannahmen naheliegend, weil es nur um eine Verfeinerung aus dem Alltag bereits bekannter Vorstellungen ging. Für die Physikdidaktiker war das eine recht attraktive Position, sicherte sie dem Fach doch seine Stellung als die paradigmatische Naturwissenschaft am Gymnasium, die es schon unter der Vermögenspsychologie gehabt hatte. Allerdings wurde die hier zugrunde gelegte, recht allgemeine Methodenvorstellung der Subtilität tatsächlicher Forschungsprozesse kaum gerecht.

6. Bildung des Charakters durch Physik

Ein Kernpunkt der neuhumanistischen Bildungsreform war die Abkehr von einer einseitig intellektualistischen Interpretation von formaler Bildung. Zur allseitigen, harmonischen und naturgemäßen Ausbildung der geistigen Anlagen sollte nicht nur die Bildung der Sinne und des Verstandes gehören, sondern auch die Bildung des Gefühls, der Gesinnungen, des Willens. Allerdings hatte man die Möglichkeiten der Physik für diesen Teil der formalen Bildung als gering eingeschätzt. Zur Bildung der Kräfte des Gemüts und des Willens schien der literarische und der religiöse Unterricht geeigneter.

Auch unter der vorstellungspsychologischen Interpretation der formalen Bildung behielt die Gemütsbildung ihre bedeutende Stellung. Sie war jetzt allerdings nicht mehr der intellektuellen Bildung gleichgeordnet, sondern sollte sich mittelbar als deren mögliche Folge ergeben. Auch das Gemüt sollte an Vorstellungen gebildet werden. Ohne sie gäbe es nur blinde Triebe und Begierden. Ethische und ästhetische Grundsätze seien an Vorstellungen und an Einsichten gebunden. Die Befähigung zu und das Bestreben nach einer Betätigung unter ethischen oder ästhetischen Grundsätzen setzte intellektuelle formale Bildung voraus und konnte nur im Zusammenhang mit ihr erworben werden. Und wenn man mit Herbart ein vielseitiges Interesse als Ziel der Erziehung ansah, so war hier jedes Fach im Rahmen seiner spezifischen Möglichkeiten gefordert.

Die Physikdidaktiker gingen durchweg davon aus, daß es zur Charakterschulung durch den Physikunterricht keiner besonderen unterrichtsmethodischen Maßnahmen bedürfe, daß diese vielmehr mit der Einübung und Praktizierung der Methode der Physik verbunden sei. Man solle im Physikunterricht nur auf die formale Geistesbildung achten, meint Hesse (1876): „Die Frucht für die Gemütsbildung reift dann unmerklich später wohl von selbst.“ Als Beleg für die charakterbildende Wirkung der physikalischen Methode wurde gern auf die Physikgeschichte verwiesen. Die großen Forscher wurden auch als charakterlich beispielhafte Menschen hingestellt und manchmal geradezu heroisiert.

Es ist bereits erwähnt worden, daß Beneke für ethische und ästhetische Normen weitergehende Transferannahmen machte als für unmittelbar auf bestimmte Vorstellungen bezogene Kognitionen. Sie sollten sich durch intensive Praxis vom ursprünglichen Vorstellungsinhalt lösen und gewissermaßen zu Persönlichkeitseigenschaften werden können. Dies wurde von den Physikdidaktikern aufgegriffen. Die Charakterschulung durch die Physik sollte den ganzen Menschen prägen und sich auf allen Gebieten des Lebens äußern. Kerschensteiner (1913, 1914) hat dies

schließlich als Charakteristikum der formalen Bildung überhaupt betrachtet. Die Charakterschulung durch die Naturwissenschaften bewirke vor allem eine strenge Gewöhnung zum logischen Denken, und diese sei der eigentliche Zweck formaler Bildung durch die Naturwissenschaften. Um dies zum Ausdruck zu bringen, ersetzte er den Begriff der formalen Bildung durch denjenigen der geistigen Zucht.

Damit ist bereits diejenige Charaktereigenschaft angegeben, die in den Aufzählungen der vielen positiven Wirkungen, die man von der Beschäftigung mit der Physik erwartete, mit Abstand am häufigsten genannt wird. Sie sollte zu Objektivität und Wahrheitsliebe erziehen und den Schüler motivieren, die Wahrheit um ihrer selbst willen zu suchen.

Ein anderer, oft genannter Punkt war, daß die Physik zur Anerkennung von Ordnung und Gesetzmäßigkeit erziehen könne. Die Erkenntnis, daß überall in der Natur Ursächlichkeit, Gesetzmäßigkeit herrsche, führe zu der Überzeugung, daß auch im gesellschaftlichen Leben eine Ordnung notwendig sei. Die Naturwissenschaften seien deshalb eine Stütze für die staatliche und sittliche Ordnung.

Des weiteren wurde häufiger darauf hingewiesen, angesichts der Grenzen des Wissens, die der exakten Forschung gesetzt seien, werde der Schüler zu Demut und Bescheidenheit erzogen und vor Selbstüberhebung bewahrt. Durch die Mühen des Forschens sollten Ausdauer und Gewissenhaftigkeit gefördert werden, besonders durch die Schülerübungen. Auch zur Bildung der Phantasie sollte der Physikunterricht geeignet sein. Die Natur als die größte Künstlerin sollte im Schüler den Sinn für Schönheit wecken und so zur ästhetischen Bildung beitragen. Nur selten wurde auf die Weckung des sittlich-religiösen Gefühls hingewiesen, was in der ersten Jahrhunderthälfte der einzige Punkt dieser ganzen Liste war, der ab und zu erwähnt wurde. Gegen Ende des Jahrhunderts tauchte dann und wann die Weckung der Liebe zur Heimat und zum Vaterland auf.

Es ist deutlich, daß diese Liste nicht durch irgendwelche psychologischen Vorannahmen

motiviert war, und wahrscheinlich verdankte sie sich auch kaum der Unterrichtserfahrung. Sie ist vielmehr eine Beschreibung des Wunschbildes, das man sich von dem idealen Naturforscher machte und das man aus idealisierten Biographien der großen Entdecker herauslas. Dem sollte der Schüler nacheifern. Und so konnte denn die ganze Liste zu der einen Aussage zusammengefaßt werden: der Schüler solle das Bewußtsein erhalten, berufen zu sein zur Mitarbeit an den Kulturaufgaben der Menschheit und die Überzeugung, dies auch leisten zu können, so daß das Bewußtsein sich in tätigem, pflichterfültem Streben manifestierte (Baenitz, 1883; Steinriede, 1902).

Die Überzeugung von der Wirksamkeit des Physikunterrichts für die Charakterbildung muß unter den Fachdidaktikern sehr verbreitet gewesen sein. Jedenfalls finden sich kaum kritische Stimmen in der fachdidaktischen Literatur. Wenn Strodtmann (1914) in einer Auseinandersetzung mit der Position Kerschensteiners „eine Verquickung des naturwissenschaftlichen Unterrichts mit irgendwelchen ethischen Fragen“ völlig ablehnte, so war dies eine Randposition. Man solle lieber zugeben, daß „die Naturwissenschaften auf dem Gebiet der moralischen und ästhetischen Werterzeugung ein Manko haben“, anstatt „den Schülern seine eigenen Dogmen oder die eines anderen“ vorzutragen und damit die „Grenzlinie der Wissenschaft“ zu überschreiten.

Wie recht Strodtmann mit seiner Unterstellung hatte, hier ginge es nicht um Kennzeichen wissenschaftlicher Tätigkeit, sondern um vorgefaßte Meinungen der Fachdidaktiker, sollte sich bald zeigen. Im Ersten Weltkrieg wurde plötzlich der militärische Aspekt der physikalischen Charaktererziehung entdeckt. Hahn (1916) betonte die Wichtigkeit der obengenannten Charaktereigenschaften für die Kriegsführung und stellte befriedigt fest, daß der naturwissenschaftliche Unterricht den neuen Richtlinien für die militärische Vorbildung bestens entspreche: „Wir erziehen arbeitsfrohe und unternehmungslustige Männer der Tat“. Und Kerschensteiner

(1916) wollte seine früheren Schriften jetzt im Sinne deutscher Charaktererziehung interpretiert wissen. Erst recht wurde während der nationalsozialistischen Herrschaft klar, wie leicht die angeblichen Erziehungswerte des Physikunterrichts sich ideologisch instrumentalisieren ließen. Dann mußte Kerschensteiners Begriff der „geistigen Zucht“ es sich gefallen lassen, mit der Weckung des Kampfgeistes im Dienste der nationalsozialistischen Bewegung in Zusammenhang gebracht zu werden (Tiedge, 1933). Allerdings verfehlten derartige Anbiederungsversuche der Fachdidaktiker weitgehend ihre Wirkung. Die nationalsozialistischen Machthaber wußten sehr wohl, daß der Physikunterricht, wie alle intellektuellen Fächer, zur Erziehung des soldatischen, deutschen Charakters nicht viel beitragen konnte.

7. Schluß

Bis gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde in den meisten Zusammenstellungen der Ziele des Physikunterrichts die formale Bildung an erster Stelle genannt und am höchsten gewichtet. Das galt besonders für das Gymnasium. Aber auch das Realgymnasium und die Oberrealschule orientierten sich in ihrem Bestreben, mit dem Gymnasium gleichgestellt zu werden, an dieser Bildungskonzeption. Materiale Bildung wurde keineswegs gering geachtet, blieb aber doch „erwünschte Zugabe“ (Hoppe, 1849).

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts erfuhr der Begriff der materialen Bildung eine Bedeutungsverschiebung: es ging nicht mehr in erster Linie um berufsbezogene Kenntnisse, sondern um die Darstellung der Physik als Kulturfaktor. Zwar wurde die Bedeutung der Physik für Industrie, Handel und Gewerbe gern betont, aber der Unterricht richtete sich wenig nach den Bedürfnissen dieser Abnehmer. Statt dessen wurde die Bedeutung der Physik für die Kultur- und Geistesgeschichte betont. Die Physik beanspruchte, als ein wesentliches Element der abendländischen Kultur gewürdigt zu werden. Die Gründe für diese Entwicklung können hier nicht unter-

sucht werden, jedoch sollen abschließend die Auswirkungen auf den Stellenwert der formalen Bildung angeführt werden.

Die Bildungsaufgabe war danach „nicht die Erhöhung der Erkenntnis des Einzelnen an sich, vielmehr die durch Erweiterung seiner Erkenntnis gesteigerte Fähigkeit, an den menschlichen Kulturaufgaben mitzuarbeiten“ (Pietzker, 1889). Was hier für die materiale Bildung gesagt ist, galt genauso auch für die formale. „Das ausschlaggebende Merkmal eines allgemeinen Bildungsmittels findet die moderne Pädagogik nicht mehr schlechthin in seiner ‘formalbildenden Kraft’, sondern darin, daß dadurch eine der Hauptrichtungen der menschlichen Erkenntnis angebahnt wurde“ (Landsberg & Schmid 1904). Die kulturelle Aufgabe der Physik, ihre Bedeutung als Motor des wissenschaftlichen und damit auch des kulturellen Fortschritts bildeten ein übergeordnetes Moment, in dem die Dialektik von material und formal aufgehoben sein sollte. Das implizierte auch eine Verschiebung der Blickrichtung vom Individuum auf die Kulturgemeinschaft. Die allseitige, harmonische Ausbildung der Fähigkeiten des Schülers behielt durchaus ihre Bedeutung, aber sie war nur noch Mittel zum Zweck der Sicherung des kulturellen Fortschritts, der sich, was die Physik anging, als wissenschaftlicher Fortschritt manifestierte. Damit rückte die Physik selbst stärker in den Mittelpunkt. „Wenn die Naturwissenschaften früher als blosses Mittel zur Erziehung dienten, so sind sie jetzt zum Zwecke geworden“ (Weber, 1877).

Die Betrachtung des Bildungsgeschehens unter der Dichotomie formal-material wurde zunehmend als zu eng empfunden. In Ziellisten tauchen auch andere Kategorien auf. So wurde etwa die Charakterbildung öfter als eigene Kategorie neben der formalen und der materialen geführt. Blath meint (1884), die Umrisse des Begriffs der formalen Bildung würden „allmählig etwas verschwommen“ und bevorzugt statt dessen den Begriff „humanistische Bildung“. Dieser Begriff, der durch Poske und seine „Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht“ zum neuen bildungspolitischen Schlagwort

wurde, drückte das gewachsene Selbstbewußtsein der Naturwissenschaftler aus. Als Träger der naturwissenschaftlichen Kultur sollten ihre Fächer nicht weniger Anspruch auf das Attribut „humanistisch“ haben als die sogenannten Humaniora.

Als Kerschensteiner (1914) versuchte, die formale Bildung noch einmal zum Hauptziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu machen, war dies schon gegen den Trend. Nachdem die großen Erwartungen, die man in die Schülerübungen, gerade auch was die formale Bildung anging, gesetzt hatte, einer realistischen Bewertung gewichen waren, war offensichtlich, daß die Verwirklichung formaler Bildung nur durch große Anstrengung gelingen konnte. Und Kerschensteiners Buch ließ auch keinen Zweifel daran. Es hätte einer Konzentration auf dieses Ziel bedurft und einer Beschränkung des Umfangs der materialen Bildung, sprich: einen Verzicht auf die Vermittlung eines umfassenden physikalischen Weltbildes. Dazu waren die Physiklehrer nicht bereit, zumal die Fragen des Weltbildes durch die umwälzenden Entwicklungen in der Physik in den ersten Jahrzehnten des Jahrhunderts neue Aktualität gewannen.

Literatur

- Axt, M., (1840). Das Gymnasium und die Realschule. Ein Gutachten, veranlaßt durch den Dilthey-Schachtischen Streit. Darmstadt: Jonghaus.
- Baenitz, C. (1883). Der naturwissenschaftliche Unterricht in gehobenen Lehranstalten. Berlin: Borntraeger.
- Beneke, F. E. (1835/36). Erziehungs- und Unterrichtslehre, 2 Bde. Berlin: Mittler.
- Bernhardi, A. F. (1815). Mathematik und Sprachen, Gegensatz und Ergänzung. Programm des Friedrichs-Gymnasiums Berlin.
- Blath, L. (1884). Die Bedeutung des naturwissenschaftlichen Unterrichts für die Ausbildung auf dem Gymnasium. Programm des Domgymnasiums Magdeburg.
- Blochmann, C. J. (1847). Gutachten. In: Reichenbach, L.; Richter, H. E. (Hrsg.): Der naturwissenschaftliche Unterricht auf Gymnasien. Dresden: Arnoldi.

- Campe, J. H. (1785). Von der nöthigen Sorge für die Erhaltung des Gleichgewichts unter den menschlichen Kräften. In: Allgemeine Revision des gesamten Schul- und Erziehungswesens, Bd. III, Hamburg: Bohn.
- Dannemann, F. (1907). Der naturwissenschaftliche Unterricht auf praktisch-heuristischer Grundlage. Hannover, Leipzig: Hahn.
- Deinhardt, J. H. (1837). Der Gymnasialunterricht, nach den wissenschaftlichen Anforderungen der jetzigen Zeit. Hamburg: Perthes.
- Drobisch, M. W. (1832). Philologie und Mathematik als Gegenstände des Gymnasialunterrichts betrachtet. Leipzig: Cnobloch.
- Gedike, F. (1789). Praktischer Beitrag zur Methodik des öffentlichen Schulunterrichts. In: Gesammelte Schulschriften Bd. 1. Berlin: Reimer.
- Giese, G. (1961). Quellen zur deutschen Schulgeschichte seit 1800. Göttingen: Musterschmidt.
- Großmann (1847). Separatvotum zum sächsischen Gesetzentwurf über die Organisation der Gelehrtschulen von 1834. In: Reichenbach, L.; Richter, H. E. (Hrsg.): Der naturwissenschaftliche Unterricht auf Gymnasien. Dresden: Arnoldi.
- Gutzmer, A. (1905). Bericht der Unterrichtskommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte über ihre bisherige Tätigkeit. Natur und Schule 4, 481 ff.
- Hahn, H. (1916). Physik und Chemie. In: Norrenberg, J. (Hrsg.): Die deutsche höhere Schule nach dem Weltkriege. Leipzig, Berlin: Teubner.
- Hesse, G. H. (1876). Formale Bildung und naturwissenschaftlicher Unterricht. Programm der Realschule 2. Ordnung zu Glauchau.
- Hoffmann, I. C. V. (1867). Inwieweit bildet der Unterricht in den exakten Wissenschaften die nothwendige Ergänzung des sprachlich-geschichtlichen Unterrichts auf dem Gymnasium? Programm des Gymnasiums Freiberg.
- Hohoff, J. (1840). Über die Bildung durch Mathematik und Physik. Programm des Gymnasiums Recklinghausen.
- Hoppe, M. (1849). Über die Stellung der Naturwissenschaften zur Schule und zum Leben. Programm des Fürstlich Hedwigschen Gymnasiums zu Neu-Stettin.
- Jensen, C. (1910). Auswahl und Behandlung des physikalischen Lehrstoffes in der Obertertia. Programm des städt. Realprogymnasiums i. E. zu Gollnow.
- Kerschensteiner, G. (1913). Der Erziehungswert der Naturwissenschaften und ihre Stellung in der Schulorganisation. Monatshefte für den naturwiss. Unterricht 6, 497 ff.
- Kerschensteiner, G. (1914). Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts. 4. Aufl. 1952, München: Oldenbourg.
- Kerschensteiner, G. (1916). Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht. In: Norrenberg, J. (Hrsg.): Die deutsche höhere Schule nach dem Weltkriege. Leipzig, Berlin, Teubner.
- Kirschbaum, C. L. (1866). Artikel „Naturwissenschaften“. In: Schmid, K. A. (Hrsg.): Encyklopädie des gesammten Erziehungs- und Unterrichtswesens. Bd. 5, Gotha: Besser.
- Kollbach, K. (1888). Methodik der gesamten Naturwissenschaft für höhere Lehranstalten und Volksschulen mit Grundzügen zur Reform dieses Unterrichts. Leipzig: Fues.
- Landsberg, B., Schmid, B. (1904). Bemerkungen zu Verworns „Beiträge zur Frage des naturwissenschaftlichen Unterrichts an den höheren Schulen“. Natur und Schule 3, 548 ff.
- Niethammer, F. I. (1808). Der Streit des Philanthropinismus und Humanismus in der Theorie des Erziehungs-Unterrichts unserer Zeit. Jena: Frommann.
- Pietzker, F. (1889). Humanismus und Schulzweck (Entgegnung auf eine Schrift des Professor Paulsen). Braunschweig: Salle.
- Pietzker, F. (1875). Über den Werth des mathematischen Unterrichts für die formale Bildung. Programm der Realschule Tarnowitz.
- Poske, F. (1887). Ziel und Wege des physikalischen Unterrichts. Zeitschr. f. d. physik. u. chem. Unterricht 1, 1 f.
- Richter, A. (1891). Die Irrlehre von der formalen Bildung und ihre Folgen für die Gymnasien, insbesondere für den mathematischen Unterricht. Pädagogisches Archiv 33, 537 ff.
- Richter, A. (1891). Die Mathematik ist auf den höheren Lehranstalten als Hilfswissenschaft der Naturwissenschaft zu behandeln. Programm des Matthias Claudius-Gymnasiums in Wandsbek.
- Richter, A. (1900). Die Entwicklung des mathematischen Unterrichts an den preußischen Gymnasien während des neunzehnten Jahrhunderts. Zeitschr. f. d. mathem. u. naturwiss. Unterricht 31, 261 ff.
- Richter, H. E. (1847). Denkschrift der Gesellschaft Isis. In: Reichenbach, L.; Richter, H. E.

- (Hrsg.): Der naturwissenschaftliche Unterricht auf Gymnasien. Dresden: Arnoldi.
- Schmid, B. (1907). Der naturwissenschaftliche Unterricht. Leipzig: Teubner.
- Snell, K. (1833). Skizze einer philosophischen Begründung des Gymnasialunterrichts. Dresden: Wagner.
- Steinriede (1902). Über Aufgabe, Bedeutung und Methode des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf höheren Schulen. Zeitschr. f. d. mathem. u. naturwiss. Unterricht 33, 313 ff.
- Stephani, H. (1828). Über Gymnasien, ihre eigentliche Bestimmung und zweckmäßige Einrichtung. Erlangen: Palm.
- Strodtmann, S. (1914). Die Naturwissenschaft als Erziehungsmittel. Programm der Realschule Wilhelmsburg/Elbe.
- Tenner, G. W. (1829). Einige Bemerkungen über die Verbindung der Wissenschaften überhaupt mit besonderer Rücksicht auf die Schulen und über die Naturwissenschaften als Gegenstand des Schulunterrichts, besonders auf Gymnasien. Programm des Gymnasiums Merseburg.
- Tiedge, E. (1933). Mathematik und Naturwissenschaften an der neuen deutschen Schule. Unterrichtsblätter für Math. u. Naturwiss. 39, 250 ff.
- Villaume, P. (1785). Ob und in wiefern bei der Erziehung die Vollkommenheit des einzelnen Menschen seiner Brauchbarkeit aufzuopfern sey. In: Campe, J. H. (Hrsg.): Allgemeine Revision des gesammten Schul- und Erziehungswesens, Bd. III. Hamburg: Bohn.
- Weber, K. (1877). Der naturwissenschaftliche Unterricht auf dem Gymnasium. Programm des ev. Gymnasiums A. B. zu Mediasch.
- Weiß, C. (1841). Gymnasien und Realschulen in ihrem gegenseitigen Verhältnisse. Leipzig: Wunder.
- Wolff, C. (1710). Anfangs-Gründe aller mathematischen Wissenschaften. Frankfurt: Renger.
- Wolff, C. (17283). Auszug aus den Anfangs-Gründen aller mathematischen Wissenschaften. Frankfurt: Renger.
- Wolff, C. (1732). Psychologia empirica methodo scientifica pertractata ... Frankfurt: Renger.
- Wolff, C. (1747). Vernünfftige Gedancken von der nützlichen Erlernung und Anwendung der mathematischen Wissenschaften ..., übers. aus dem Lateinischen von Wolf Balthasar und Adolph v. Steinwehr. Halle: Renger.
- Dr. Gunter Lind ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Privatdozent an der Universität Kiel.
- Dr. Gunter Lind
IPN
Olshausenstr. 62
24098 Kiel