

Didaktik der Physik

Selbstbesinnung über Stand und Perspektiven einer sich findenden Wissenschaftsdisziplin in Forschung und Lehre

Helmut F. Mikelskis

Es kommt weniger darauf an, was in der Schule gelernt wird, als darauf, wie gelernt wird. Ein einziger mathematischer Satz, der von einem Schüler wirklich verstanden wird, besitzt für ihn mehr Wert als zehn Formeln, die er auswendig gelernt hat, und die er auch vorschriftsmäßig anzuwenden weiß, ohne aber ihren eigentlichen Sinn zu verstehen.

Max Planck

Wie alle Fachdidaktiken ist auch die Didaktik der Physik auf der Suche nach ihrem Wissenschaftsparadigma. Nur wenn sie sich selbstbewußt in Forschung und Lehre als komplex-multidisziplinäre Unterrichtswissenschaft begreift, wird sie zwischen Physik und Pädagogik/Psychologie ein eigenständiges Profil entwickeln können.

Didactics of physics stocktaking about status und perspectives of a science discipline beeing found in research and teaching Like all didactics of sciences also the didactic of physics is in search of it's paradigm of science. Only if it comprehends itself self-confidently in research and teaching as a complex-multidisciplinary science of instruction, it will be able to develop an independent profil between physics and pedagogics/psychology.

1. Das Problem der Heimatlosigkeit von Physikdidaktik

Befragt man einen Wissenschaftler nach einer Charakterisierung seiner Disziplin, so wird man in der Regel umgehend eine Darlegung der Gegenstände, Methoden und Ziele seines Tuns erhalten. Der Physiker, der Historiker, der Psychologe, sie alle können ihre Wissenschaft, zum Teil aus langer Tradition, präzise und mehr oder weniger trennscharf definieren. Ganz anders verhält es sich bei einem Fachdidaktiker.

Würde man einen der schätzungsweise 1000 Physikdidaktiker in Deutschland nach seiner Wissenschaft befragen, wäre das Ergebnis gewiß vielfältig und widersprüchlich. Bedingt durch ihre Herkunft oder ihr Tätigkeitsfelder lassen sich zumindest drei Gruppen benennen:

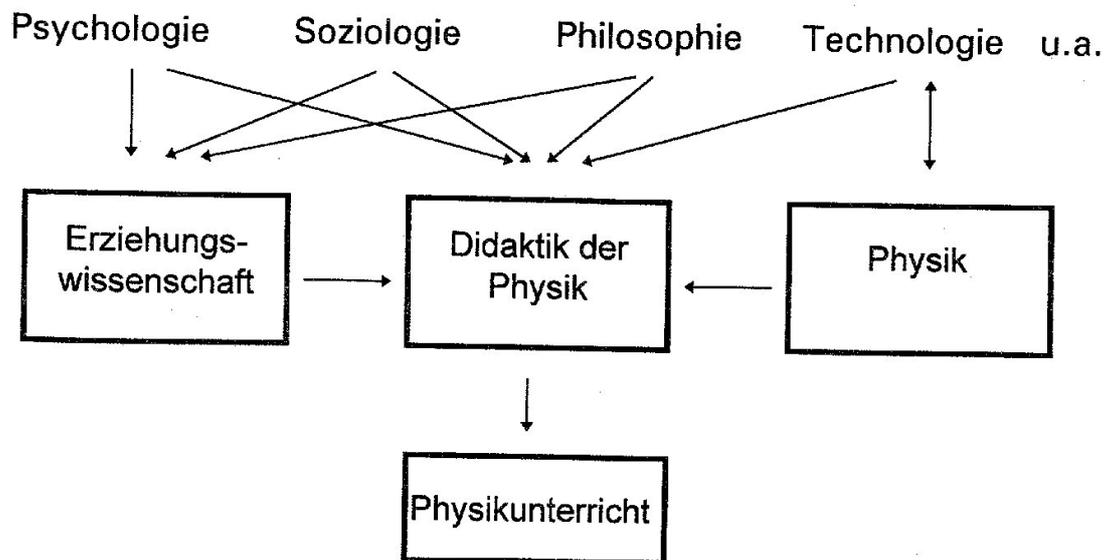
1. Den fachwissenschaftlich orientierten Physikdidaktiker, dem es vorrangig um die Elementarisierung der Physik und die Entwicklung von Lehrexperimenten und sachstrukturbezogenen Unterrichtsmaterialien geht. Seine Qualifikationen sind insbesondere in der Physik erworben. Seine Anerkennung sucht er in der Regel bei seinen Physikerkollegen.

2. Den unterrichtsmethodisch orientierten Physikdidaktiker, dem es vorrangig um die allseitige Optimierung aller Determinanten eines guten Physikunterrichts geht. Oft kommt er selbst aus der Schulpraxis und fühlt sich den Physiklehrern besonders verpflichtet. Häufig vermittelt er über das Medium Schulbuch praxisnah seine Konzepte.

3. Den lernforschungsorientierten Physikdidaktiker, dem es um die Aufdeckung entwicklungs- und denkpsychologischer, sowie didaktischer Bestimmungsfaktoren von Physiklernen geht. Ob Schulpraxis oder Fachwissenschaft entstammend, liegen bei ihm in der Regel fundierte und differenzierte Kenntnisse in Pädagogik insbesondere Didaktik, und Psychologie vor.

Selbstverständlich fallen solche Typisierungen immer holzschnittartig aus und sind in jedem Einzelfall viel differenzierter. So blieben auch naturphilosophische, wissenschaftshistorische oder erkenntnistheoretische Orientierungen unerwähnt. Und doch offenbart diese

Kategorisierung das fundamentale Dilemma der Heimatlosigkeit der Fachdidaktiker (Klingberg 1995, S.142). Solange die Suche nach einem einheitlichen Wissenschaftsparadigma andauert, bleibt etwa die Physikdidaktik bedroht, zum Anhängsel der Physik oder der Allgemeinen Didaktik zu verkommen oder als dilettierende Lernpsychologie belächelt zu werden. Das hätte dann auch ganz praktische fatale Folgen. Wozu eigenständige fachdidaktische Lehrstühle, wenn erfahrene Oberstudienräte oder der Schule gegenüber aufgeschlossene Physiker den Job der Lehrerausbildung auch übernehmen könnten? Welcher physikdidaktische Drittmittelantrag, etwa bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft, könnte den Fachkriterien der Physik, der Psychologie oder der Erziehungswissenschaft genügen, oder gar allen dreien gleichzeitig? Wer offensichtlich als Community heimatlos ist, muß sich anstrengen, seine Wissenschaft so zu entwickeln und zu praktizieren, daß ein eigenständiges Paradigma entsteht. Dazu sollen im Folgenden einige Überlegungen angestellt werden, die sich allerdings zunächst vorrangig auf die Entwicklung in Deutschland beziehen. International betrachtet ist die Situation noch wesentlich komplizierter und in gewisser Weise verfahrener, was Physics Education betrifft. Die internationale Lage erleichtert im übrigen den Selbstfindungsprozeß bei uns nicht gerade. Auch wäre es verkürzt, die Physikdidaktik als bloßen Empfänger und Sammler von Ergebnissen aus anderen Disziplinen wie Physik, Erziehungswissenschaften, Psychologie usw. aufzufassen, die all dies nach einer Art Fermentationsprozeß für den Physikunterricht aufbereitet (Siehe dazu Bleichroth 1990):



Vielmehr kann Physikdidaktik nur dann ein eigenständiges Wissenschaftsparadigma entwickeln, wenn man ihren Stellenwert in einer komplexeren Vernetzung begreift und ihr eine aktive Rolle zur Rekonstruktion von Physik, zur Weiterentwicklung auch der Allgemeinen Didaktik und zur Beförderung lernpsychologischer Theorien zuweist.

2. Didaktik der Physik: eine komplex - multidisziplinäre Unterrichtswissenschaft

Bei der Suche nach einem Ursprung von Physikdidaktik wird man zu keiner allgemein akzeptierten Auffassung gelangen. So mag man Aristoteles, Galilei, Newton oder Euler für

erste Physikdidaktiker halten. Auch die von Lind (1992) untersuchten physikalischen Lehrbücher der vergangenen beiden Jahrhunderte in Deutschland ließen sich unter Physikdidaktik subsumieren, aber kaum unter einem wissenschaftsrelevanten Gesichtspunkt (Vergl. hierzu auch Bruhn 1992).

Als ein erster ernst zu nehmender Ursprung kann Friedrich Poskes (1915) "Didaktik des physikalischen Unterrichts" betrachtet werden, der im Einklang mit Grimsehl's Lehrbüchern, eine erste vorsichtige Theoretisierung des Physikunterrichts an Gymnasien, auf der Grundlage der Meraner Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Naturforscher und Ärzte von 1905 versuchte.

Wegweisend, wenn auch zunächst von der Schulpraxis weniger, oder reserviert aufgenommen, erscheint Martin Wagenscheins (1962) "Die pädagogische Dimension der Physik". Hier werden erstmalig alle Facetten von Physiklernen konzeptionell und praxisbezogen zusammengebunden. Eine ähnliche Schlüsselrolle, wenngleich für die DDR um ein vielfaches verbindlicher, kommt Kurt Haspas, "Die Methodik des Physikunterrichts" (1969) zu. Dabei muß angemerkt werden, daß der Begriff der Methodik in der DDR eher im Sinne einer umfassenderen Didaktik zu interpretieren ist (Vgl. zum Verhältnis zwischen Wagenschein und Haspas den Vortrag von Mikelskis (1988) auf einem Kolloquium der Karl-Marx-Universität Leipzig).

Für die BRD kann der Beginn der 70er Jahre insofern als die Geburtsstunde der Wissenschaftsdisziplin Physikdidaktik bezeichnet werden, als hier erstmalig explizit Dissertationen und Habilitationen auf diesem Gebiet angenommen wurden. An den Universitäten wuchs die Anzahl der Professuren von praktisch 0 auf über 50. Die Professoren für Physik und ihre Didaktik an den Pädagogischen Hochschulen, die es bereits seit den 50er Jahren gab, lehrten schon immer auch das Fach und traten in der Regel weniger forschend in Erscheinung, was die Herausbildung einer eigenständigen Wissenschaftsdisziplin nicht gerade förderte. Sie entstammten der ersten, manchmal der zweiten Gruppe von Physikdidaktikern.

An den Universitäten der BRD jedoch bildeten sich nunmehr Wissenschaftlergruppen, die physikdidaktische Forschungsvorhaben auch größeren Umfangs bearbeiteten. Besonders hervorzuheben scheinen mir dabei die Universitäten in Kiel (mit dem IPN), Bremen, Frankfurt, Berlin, Oldenburg, Dortmund und Hamburg. 1973 wurden die Zeitschrift *physica didactica* und die Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik GDCP gegründet.

In der DDR waren die Physikmethodiker an 9 Hochschulen und Universitäten, mit einer gewissen Regie der Akademie der Pädagogischen Wissenschaften, arbeitsteilig mit Forschungsfragen, insbesondere im Rahmen von Aspiranturen, befaßt. Im Mittelpunkt stand dabei die Erarbeitung, Evaluation und Umsetzung der Lehrpläne, sowie die Entwicklung daran angepaßter Schulbücher und Lemmittel.

Besondere Forschungsvorhaben wurden durchgeführt in: Berlin, Potsdam, Güstrow, Dresden und Chemnitz. 1967 fand in Berlin die erste Konferenz aller Physikmethodiker der DDR statt. Die Rolle des Experiments im Erkenntnisprozeß, einschließlich der historischen Entwicklung, fand immer eine besondere Beachtung. Eine differenzierte Ausarbeitung von Erkenntnistätigkeiten beim Bilden physikalischer Begriffe sollte die Wirksamkeit des Physikunterrichts verbessern. Die Behandlung einzelner Stoffkomplexe ist in der Zeitschrift "Physik in der Schule" seit 1951 dokumentiert.

So blicken wir heute insgesamt auf eine zumindest 25-jährige Forschungstradition der Physikdidaktik in Deutschland zurück (Duit 1994). Wie läßt sie sich zusammenfassend beschreiben, insbesondere im Hinblick auf Entwicklungsperspektiven?

Fassen wir eine definitorische Umschreibung von Didaktik der Physik in eine These:

Didaktik der Physik ist eine komplex-multidisziplinäre Unterrichtswissenschaft, d.h.

- sie bezieht sich auf den Unterricht (Lehren und Lernen) vor Physik auf allen Stufen und in allen Kontexten,
- entsprechend ihres Charakters als Wissenschaft sozialer Prozesse ist ihr methodischer und wissenschaftstheoretischer Status zu bestimmen,
- ihrer Natur nach verweist sie auf unterschiedliche andere Disziplinen, wie Psychologie, Pädagogik, Physik, aber auch Technologie, Geschichte und Soziologie und integriert Aspekte davon zielgerichtet und zweckmäßig in komplexer Weise.

Aus dieser definitorischen Bestimmung ergeben sich im Negativschluß:

- Didaktik der Physik ist nicht eingegrenzt auf Schulunterricht und auf die Tätigkeit des Unterrichtens,
- die Methode von Didaktik der Physik ist nicht jene der Physik, sie ist neu zu generieren, genau wie ihre wissenschaftstheoretische Fundierung, aber auch ein Selbstverständnis als rein erziehungswissenschaftliche Teildisziplin (Klingberg 1995, S.133f) scheint problematisch,
- die Gegenstände von Didaktik der Physik sind nicht abbildhaft identisch mit denen anderer relevanter Disziplinen, sondern sie konstituieren sich im Zuge der Integration neu.

Eine solche Beschreibung von Physikdidaktik mag den Gegenstand für vielfältige Diskussionen aller Beteiligten abgeben. Mein Ziel ist es vielmehr im folgenden, auf dieser Basis schlüssige Konsequenzen für Forschung und Lehre aufzuzeigen. Damit will ich fachdidaktische Kollegen anregen, in einen Diskussionsprozeß einzutreten, der 80 Jahre nach Poske und 40 Jahre nach Wagenschein dringlicher denn je ist. Mein selbstkritischer Impetus sollte dabei nicht als Resignation mißverstanden werden. Vielmehr glaube ich an eine positive Aufbruchstimmung, die es selbstbewußt zu gestalten gilt. Möglicherweise sollte eine solche Debatte auf der 25. Jahrestagung der GDCP 1997 in Potsdam aufgegriffen werden!

3. Physikdidaktische Forschung

Im Übersichtsband "Didaktiken der Physik: Synopse und Kritik" (Mikelskis 1982) wurden acht Gesichtspunkte zur Beurteilung von physikdidaktischen Ansätzen von 1915 bis 1979 vorgestellt. Sie erscheinen mir, obwohl seinerzeit primär analytisch eingesetzt, in modifizierter Form geeignet, um die heutige Diskussion, mit der 15 Jahre fortgeschrittenen Entwicklung, konzeptionell zu strukturieren. Sie sind als Aspekte eines einheitlichen Forschungsparadigmas gemeint, das nur als Ganzheit einen Sinn macht.

So reicht es nicht aus, die Gegenstände fachdidaktischer Forschung in einer Liste unverbunden aufzuzählen, wie es Dahncke (1985) in zwölf Punkten tut, sondern "Fachdidaktik hätte die Aufgabe, das Konglomerat von Kriterien für die Bestimmung von Zielen und Inhalten des Physikunterrichts zu einer fachdidaktischen Theorie des Physikunterrichts zusammenzubinden und auf der Basis dieser Kriterien Curriculumentwicklung zu betreiben" (Lenzen 1982).

1. Physikdidaktik betreibt Rekonstruktion von Fachsystematik

Die Physik gehört zu den systematisiertesten und historisch traditionsreichsten Wissenschaften, wohl nur vergleichbar mit Mathematik und Chemie. Im Gegensatz dazu sind Disziplinen wie Geschichte oder Biologie offener strukturiert. Diese vermeintlich sicheren Fundamente der Physik erweisen sich nur auf den ersten Blick als Vorteil für fachdidaktisches Arbeiten. Das Kondensat jahrhundertelanger physikalischer Forschungsanstrengungen von Experten offenbart sich als sperrig für jenen, der ja stets als Laie lernend, das Stadium des Verstehens erreichen will.

Lange Zeit waren insbesondere Lehrpläne und Lehrbücher für das Gymnasium und auch jene der DDR gleichsam abbildhaft an der Fachsystematik orientiert: "Der logische Aufbau und die Struktur der Wissenschaft Physik bilden das Leitprinzip bei der methodischen Anordnung des Lehrstoffs." (Haspas 1969, S. 15).

Unvoreingenommene Untersuchungen zur Effizienz, Akzeptanz und Relevanz der Wirkungen solch wissenschaftspropädeutischer Ansätze haben zu deren Kritik geführt. So stellt Muckenfuß (1995) auf der Grundlage empirischer Befunde eine Mißerfolgsbilanz des Physikunterrichts auf. Fachdidaktik als reine Abbilddidaktik oder auch nur als Elementarisierungsagentur von Hochschulphysik auf Schulphysik wurde fragwürdig. Darüber hinaus erscheint die Gesetz- und Ordnungsmethodologie der Physik selbst in diesem Jahrhundert wissenschaftstheoretisch ins Wanken geraten zu sein, denn "der Gesamtzusammenhang der Naturerscheinungen ist mit den Methoden der exakten Naturwissenschaften nicht zu fassen. Die Rekonstruktion des Gesamtzusammenhangs aus den aus ihm isolierten partikularen Zusammenhängen, die nur unter der Bedingung dieser Isolierung reproduzierbar sind, stößt auf unüberwindliche Schwierigkeiten." (Bulthaup 1973, S.22). Zudem sind nach Habermas (1973, S.105) "der Chemiker, der Physiker... Bewohner einer von Grund auf verschiedenen Welt - nicht des Universums gegebener Erscheinungen, sondern der Welt quantifizierter Regelmäßigkeiten." Aus der Pädagogik ist die Kritik an der Fachdidaktik als "bloße Adaptions- und Vereinfachungsinstanz" (Hentig, 1968, S. 85) seit langem bekannt. Aber selbst die vom Erziehungswissenschaftler Blankertz (1973) initiierte fachdidaktische Entwicklungsforschung endete in einer Sackgasse. Auch hat die meisten Physikdidaktiker Klafkis (1963, S.47) Rat, daß "die Fachdidaktiken ihre Prinzipien nicht durch Ableitung aus bestimmten Fachwissenschaften gewinnen können", zunächst wenig in ihrer Arbeit beeinflusst.

Das änderte sich jedoch um 1970 auch in der Didaktik der Physik mit dem Einsetzen der Curriculumentwicklung in der BRD (Frey 1975). Beispielhaft seien vier Ansätze für rekonstruktive Physikdidaktik angeführt:

- Spreckelsen (1971) strukturiert sein physikalisches Grundschulcurriculum nach, durchaus physiknahen, "basic concepts": Teilchenstruktur, Wechselwirkung und Erhaltung
- Falk und Herrmann (1977) stellen ihren gesamten Physikkurs unter das strukturtheoretische Konzept der Energie. Die Betrachtung von Energieströmen durchzieht alle Teilgebiete der Physik.
- Nachdem das IPN-Physikcurriculum 5-8 an den Leitlinien Energie, Steuerung und Regelung sowie elektrischer Stromkreis entwickelt wurde, waren für die Stufen 9/10 gesellschaftlich relevante Problemfelder Strukturprinzipien: Arbeitswelt, Konsumwelt und Umweltfragen. Die Struktur der Disziplin wurde aufgebrochen (IPN-Projektgruppe Physik 9/10, 1 975).
- Unter Bezug auf die kulturhistorische Psychologie entwickeln Wolze und Walgenbach (1992) einen tätigkeitstheoretischen Ansatz, dessen Ziel eine systemtheoretische Rekonstruktion auch von Physik zum Ziel hat.

So mag man weiter auf neue mehr oder weniger radikale Rekonstruktionen der Physik als Wissenschaft hoffen (Kattmann/Duitl/Gropengießer/Komorek 1996). Das umfaßt mehr als eine klassische didaktische Sachanalyse. Echte Rekonstruktionen werden immer sowohl innerphysikalische Entwicklungen wie Vereinheitlichung von Theorien, Systemkonzepte oder neue Strömungen wie die Chaostheorie aufnehmen, sowie gleichzeitig bildungs- und gesellschaftsrelevante Determinanten beachten müssen. Solche physikdidaktischen Rekonstruktionen dürfen auch an den traditionellen Fachgrenzen nicht halt machen. Die moderne Physik ist ohnehin transdisziplinär. Wer sonst als Physikdidaktik könnte diese wissenschaftstheoretisch notwendige Aufgabe leisten und damit auf Physik zurückwirken?

2. Physikdidaktik bearbeitet das Verhältnis des Menschen zur Natur Physik ist eine Naturwissenschaft. So selbstverständlich das auch zu sein scheint, muß es angesichts ihrer mathematisch-rechnenden Schulrealität, insbesondere in Klausuren zur Leistungskontrolle, immer wieder wachgerufen werden. Indem wir das Verhältnis des Menschen zur Natur als zentralen Gegenstand von Physikunterricht begreifen, sind wir als Physikdidaktiker zwangsläufig in einen naturphilosophischen, wissenschaftshistorischen Kontext gestellt. Der Prozeß der menschlichen Naturaneignung und Naturbewältigung, wie ihn die neuzeitliche Physik, in der Tradition von Galilei, Newton und Descartes darstellt, ist kritisch aufzuarbeiten. Dabei finden wir Wurzeln bei Thales, Demokrit, Pythagoras und Platon. Allerdings führen verschüttete Spuren auch zu Aristoteles, dessen Naturphilosophie in gewandelter Form beim Newton-Kritiker Goethe wieder auftauchen. Dessen Aktualität ist bei Böhme (1989) und Muschg (1986) ausführlich dargelegt.

Eine kritische Rezeption und Weiterentwicklung des physikalischen Naturbildes und des Subjekt-Objekt-Verhältnisses bleibt Auftrag jedes Physikdidaktikers. Dabei mag man sich einen Kronzeugen, wie Werner Heisenberg (1977) wählen:

“Wir stellen uns eine Welt vor, die in Raum und Zeit existiert und ihren Naturgesetzen folgt, unabhängig von jedem beobachtenden Subjekt... Unsere Versuchsanordnungen sind lediglich dazu geschaffen, sie (neue Phänomene) zu isolieren und zu erforschen.... Es hat einen Versuch gegeben, ein völlig anderes Verfahren zu entwickeln. Der deutsche Dichter Goethe versuchte, zu einer deskriptiven Wissenschaft zurückzukehren....

Er war dagegen, die Erscheinungen in eine objektive und eine subjektive Seite aufzuspalten, und er fürchtete sich vor der Zerstörung der Natur.... Wir, die wir heute die Verschmutzung von Luft und Wasser, die Vergiftung des Bodens durch chemische Düngemittel und die Atomwaffen kennen, verstehen Goethes Befürchtungen besser, als seine Zeitgenossen es konnten." (Vergl. auch Mikelskis, 1990)

Auf der Suche nach der Blochschen Naturallianz bleibt diese Debatte um die zwei Naturzugänge, im Angesicht der ökologischen Krise heute, keine abstrakte Naturphilosophie. Es geht um Umweltbildung im Physikunterricht, um “ökologische Physik” und um eine “Ökologisierung des Physikunterrichts” (Vergl. dazu ausführlich Mikelskis, 1996).

3. Physikdidaktik setzt sich mit technischen Entwicklungen auseinander

Physik und Technik sind zunächst eigenständige Disziplinen. Ihre Methoden sind von unterschiedlicher Natur. Vereinfacht ausgedrückt: der Physiker entdeckt und der Techniker (bzw. Ingenieur) erfindet. So ist Technik auch nicht einfach, wie vielfach fälschlich angenommen, eine Anwendung von Physik.

Vielmehr finden wir heute ein komplexes Wechselverhältnis zwischen technischer Entwicklung und physikalischer Forschung, welches wiederum bezogen ist auf die Produktionssphäre und getrieben von ökonomischen Verwertungsinteressen.

Heutige physikalische Forschungslaboratorien lassen schon rein äußerlich die Grenzen zwischen Technik und Physik zerfließen.

Auch der ursprünglich der Technik eigene Zweckcharakter findet sich selbst in der physikalischen Grundlagenforschung. Insbesondere ökotechnologische Entwicklungen der letzten Jahre sollte im Hinblick auf Unterricht besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden (Bünder/Häussler/Lauterbach/Mikelskis 1987).

In der Physikdidaktik finden wir alle Schattierungen der Behandlung von Technik und eine ewige Debatte darum.

Im Sinne Wagenscheins sollten das technische Gerät und die Maschine didaktisch als ein Zugang zur Physik aufgefaßt werden, neben jenem Einstieg mit dem Staunen über das Naturphänomen. Ferner gilt es, die gesamte gesellschaftliche Sphäre von Naturwissenschaft -

Technik - Produktion unter Bildungsaspekten zu analysieren. Dabei sind Bezüge zur Naturauffassung (2.) und zur gesellschaftlichen Realität (4.) einzubeziehen.

4. Physikdidaktik reflektiert gesellschaftliche Entwicklungen

Unsere gesellschaftliche Realität ist von Physik bestimmt und durchwoben und das nicht nur in der globalen Bedrohung durch die Atombombe. In der hochentwickelten Industriegesellschaft gelangt die Wissenschaft Physik in den Rang einer Produktivkraft, sie wird ökonomischer Faktor. Ob Mikroelektronik oder Raumfahrt, ob Energieversorgung oder technologisch bedingte Rationalisierungseffekte, physikalische Grundlagen- und Anwendungsforschung sind stets von großer Relevanz.

Bis Ende der 60er Jahre war Physikunterricht in der BRD weitgehend frei von jedem Gesellschaftsbezug. Auch die Physik-Lehrpläne der DDR drängten die gesellschaftlichen Fragen in Grundsatzklärungen, auf der Grundlage von Parteitagbeschlüssen, in Präambeln oder beschränkten sich auf technische und historische Bezüge:

“Die erzieherischen Komponenten, die in der dialektischen Verbindung von historischen und fachlichen Fakten liegen, sind durch Betonung des Zusammenhangs von Wissenschaft und Politik, von Forscherpersönlichkeit und Gesellschaft, von Lehrstoff und Weltanschauung organisch zu entwickeln und fruchtbar zu machen.”(Haspas 1969, S.115)

Auch Wagenschein hat sich im Grunde der Frage der gesellschaftlichen Bedeutung von Physik nie ernsthaft zugewandt. Ein Mangel im übrigen, den es, aus meiner Sicht, bei seiner Rezeption heute zu überwinden gilt. In seiner Kategorie des ”Aspektcharakters“ liegt jedoch der Keim zur Einbeziehung von Fragen der gesellschaftlichen Verantwortung in den Physikunterricht:

”Sogar im Fachunterricht muß der Lehrer den physikalisch-technischen Aspekt verlassen können....

Ein bildender - nicht nur informierender - Physik- und Technikunterricht ist gar nicht möglich, wenn der Lehrer dieser - bewußten und betonten Grenzüberschreitung nicht fähig ist.” (Wagenschein 1962,5.44)

In den 70er Jahren gab es dann einen heftigen Disput um die Berücksichtigung gesellschaftlicher Entwicklungen im naturwissenschaftlichen Unterricht generell. Maßgeblich beteiligte sich daran die IPN-Projektgruppe Physik 9/10 (1975) mit Themen wie Kernkraftwerke (Mikelskis 1979), Elektronik, Automatisierung der Produktion und Verkehrssysteme.

Seither haben Rahmenpläne mit Bezug auf Klafki Schlüsselfragen der Zeit aufgegriffen und Schulbücher für den Physikunterricht umfassen jene über die reine Physik hinausgehenden Themen. Dabei gerät man von der notwendigen Grenzüberschreitung aus dem Fach selbst zu den ”Und-Themen“: Physik und Medizin, Physik und Sport, Mechanik und Verkehrssicherheit usw. Ferner werden damit auch Fragen zum fachüberschreitenden und fächerintegrierenden Unterricht angesprochen, was eine gewisse Herausforderung für die Didaktik der Physik darstellt.

So bleibt für die physikdidaktische Forschung, die Dialektik von Rekonstruktion des Faches und Integration von gesellschaftlichen Fragen konstruktiv zu entwickeln.

5. Physikdidaktik stellt Lebenswelt- und Alltagsbezug her

Trotz aller Lippenbekenntnisse zu einem lebensnahen Physikunterricht, ist dessen Realität auch heute noch weitgehend abgehoben von den Alltagsproblemen der Schüler und deren Lebenswelt. Das Abwahlverhalten in der Sekundarstufe II sowie Untersuchungen über das Physikinteresse von Mädchen (Mikelskis 1995) belegen die Lebensferne immer wieder.

Der Alltags- bzw. Lebensweltbegriff hat seinen Ursprung in der philosophischen Phänomenologie, etwa bei Husser (1952), sowie in der genetischen Psychologie und der Wissenssoziologie (Berger/Luckmann 1974).

Der epistemologische Bruch zwischen alltagsweltlichen und naturwissenschaftlichen, hier physikalischen, Erfahrungen erfordert, daß Physikunterricht nicht als Abschaffung und Überwindung von Alltagsvorstellungen angelegt werden darf, sondern als deren Bewahrung, Erhellung und Systematisierung.

Unter pädagogischer Perspektive stellt Lebenswelt einen primären Konstitutionszusammenhang dar und somit wäre der "erste Schritt erziehungswissenschaftlicher Analyse die theoretische Rekonstruktion von Lebenswelten" (Mollenhauer 1974, S.35).

In seinem vielzitierten Modell stellt Robinsohn (1967) die Analyse von Lebenssituationen an den Anfang der Curriculumrevision. Bis heute blieb dies jedoch für die Praxis ohne größere Bedeutung. Das mag am deduktionistischen Charakter des Robinsohn-Ansatzes liegen oder an der Begrenztheit der unternommenen Analysen. Zumindest lohnte es sich, daran anzuknüpfen, um im Rahmen physikdidaktischer Forschung und Entwicklung zu einem alternativen didaktischen Ansatz zu gelangen, der sich an Vielfalt und Reichtum der Alltagswelt orientiert.

Labuddes "Alltagsphysik" (1989) und "Erlebniswelt Physik" (1993) stellen erste praxisnahe Konkretisierungen dar. Sie reflektiert weiterzuentwickeln erscheint mir sinnvoll für physikdidaktische Forschung. Die konstruktivistische Lernforschung sowie die Kognitionspsychologie setzen sich intensiv mit dem Brückenschlag zwischen wissenschaftlicher Theorie und lebensweltlichen Erfahrungen auseinander (Mandl/Gruber/Renkl 1993).

6. Physikdidaktik und Bildungsziele

Ziele von Physikunterricht lassen sich nicht aus fachdidaktischen Überlegungen selbst gewinnen. Vielmehr bedarf es eines gesellschaftlich akzeptierten Curriculumprozesses, bei dem Lehr-, Lern- und Unterrichtsziele auf verschiedenen Ebenen der Konkretion generiert werden können. Allerdings ist zu fordern, daß alle Entwickler von Lehrplänen, Schulbüchern und Curricula ihre Ziele explizieren und legitimieren. Selbstverständlich werden Physikdidaktiker sich an einem solchen Gesamtprozeß beteiligen.

7. Physikdidaktik entwickelt ein spezifisches Methodeninventar

Unterrichts-, Lehr- und Lernmethoden aller Art zu beschreiben, zu entwickeln und zu evaluieren ist das Feld der allgemeinen Didaktiker. Allerdings ist das Methodeninventar, im Sinne des Implikationszusammenhangs von Ziel, Inhalt und Methode, physikunterrichtsspezifisch zu entwickeln. Dabei sind naturwissenschaftsspezifische Erkenntnismethoden zu berücksichtigen, ohne daß diese vollkommen determinierend werden. Bei der Durchsicht physikdidaktischer Ansätze fällt auf, daß das Experiment durchweg eine zentrale Rolle im Methodenspektrum spielt. In besonderer Weise stellt sich dabei Methode selbst als Inhalt dar:

"Daß nämlich ein naturwissenschaftliches Ergebnis gar nicht verstanden werden kann ohne Kenntnis auch des Weges, der zu ihm führte" (Wagenschein 1962, S.99).

Dabei wird der Anspruch auf Schülerexperimente fast überall erhoben. Eine schlüssige Theorie zur Rolle des Experiments im Physikunterricht in all seinen Variationen liegt jedoch nicht vor und verbleibt als vordringliche Forschungsaufgabe.

Insbesondere international hat sich die Lernforschung für den Physikunterricht in den letzten Jahren erheblich weiterentwickelt. Neuere physikdidaktische Dissertationen und Projekte haben das auch in Deutschland befördert. Ausgehend von der Debatte um Schüler- und

Alltagsvorstellungen und geprägt vom konstruktivistischen Forschungsansatz liegen mittlerweile wichtige weiterführende Ergebnisse vor (Duit/Goldberg/Niedderer 1992, Pfundt/Duit 1994). Es wird notwendig sein, durch Replikations- und Metastudien einen reproduzierbaren Forschungsstand zu erreichen und diesen konsequent weiterzuentwickeln. Dabei erscheint eine enge Kooperation über Aneignungsweisen und Lehrstrategien (Lompscher 1991) mit der empirischen Pädagogik für beide Seiten fruchtbar.

8. Physikdidaktik entwickelt, analysiert und kritisiert Medien

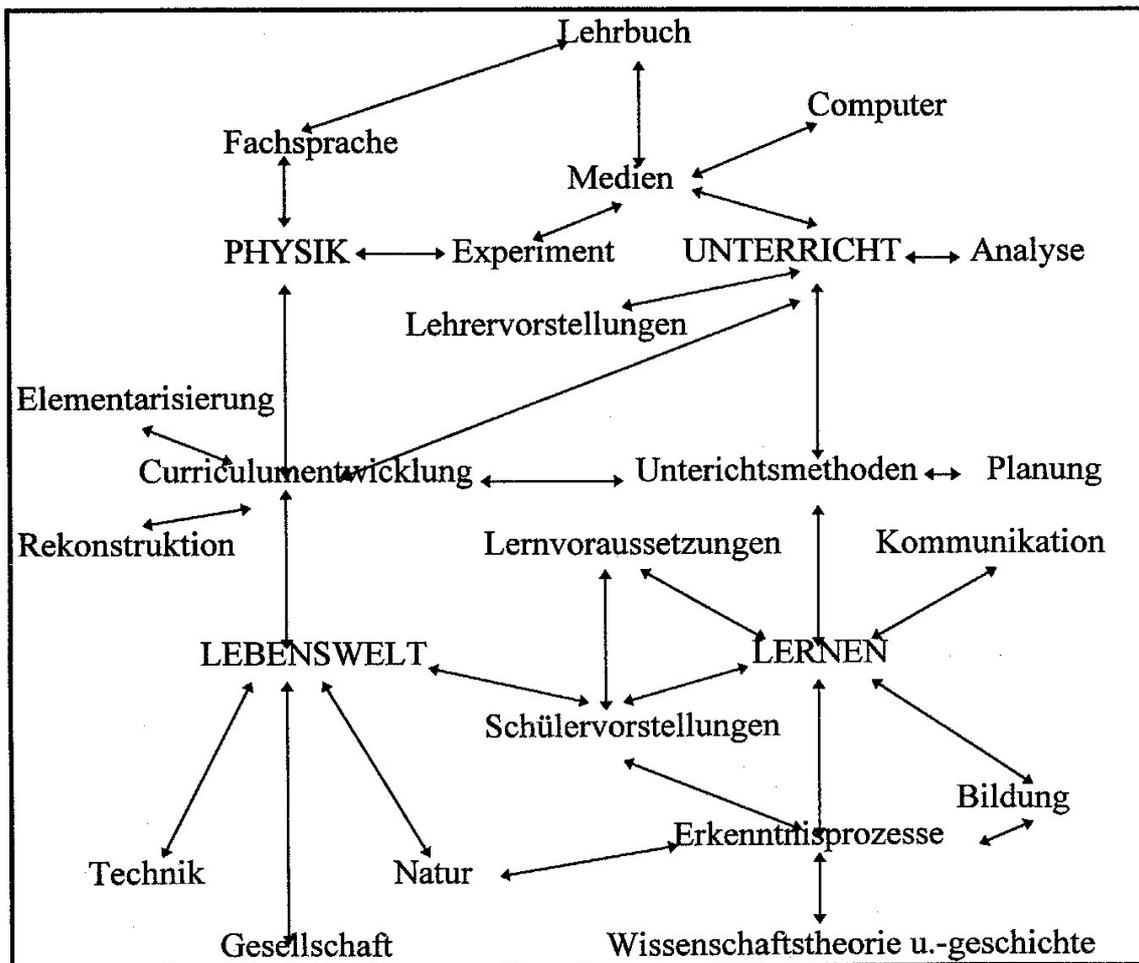
Medien aller Art stellen bedeutsame Unterrichtsmittel für jeden Physikunterricht dar. Man sollte dabei nach Haspas (1969, S.214) unterscheiden zwischen der Steuerungs- und Stimulationsfunktion, der Mitteilungsfunktion, der Erkenntnisfunktion und der Übungsfunktion.

Die Medienentwicklung steht unter einem starken Innovationszwang konkurrierender Anbieter. So ist die pluralistische Vielfalt nicht nur ein Gewinn für den Praktiker, sondern führt zu verwirrender Resignation, insbesondere angesichts der Haushaltslage vieler Schulen. Mit den Multi- und Hypermediawellen erscheinen revolutionäre Umbrüche denkbar. Sie zu gestalten und zu steuern bleibt eine dringende Aufgabe auch für Physikdidaktik. Es besteht die objektive Gefahr einer Überfrachtung der Schüler mit hochentwickelten, perfekt gestalteten Experimentieranordnungen, Computersoftware und anderen Materialien, die den direkten Zugang der Lernenden zum eigentlichen Phänomen verstellen. Häufig hat nur der bereits Wissende einen wirklichen Nutzen davon.

Die Entwicklung einer naturwissenschaftsspezifischen Mediendidaktik im weitesten Sinne steht noch an. Es fehlt auch an nachvollziehbaren, weithin akzeptierten Beurteilungskriterien. Die acht dargestellten Facetten physikdidaktischer Forschung verstehe ich eingebettet in ein Netz, in dem sich die komplex-multidisziplinäre Unterrichtswissenschaft Physikdidaktik bewegt (In Anlehnung an Sumfleth 1994).

Nur auf der Grundlage einer solchen systemischen Vielfalt ist eine zukünftige Forschungspraxis von Didaktik der Physik zu entwickeln, in dessen Prozeß sich ein eigenständiges Wissenschaftsparadigma generiert.

Eine solche spezifische Landkarte mag zur Orientierung in der physikdidaktischen Forschungslandschaft dienen. Redeker (1995) ist uneingeschränkt zuzustimmen, daß Physikdidaktik dringend der Orientierung bedarf, um sie auf den Weg zu einer Wissenschaft zu bringen. Nur auf einer solchen Basis verwirkt sie übrigens auch nicht ihre adäquate Daseinsberechtigung in der Lehre. Die derzeit anzutreffende Forschungspraxis läßt sich eher als buntes Kaleidoskop, denn als abgestimmtes arbeitsteiliges Forschungsprogramm charakterisieren.



4. Physikdidaktische Lehre

Jene acht unter dem Aspekt physikdidaktischer Forschung explizierten Gesichtspunkte sollen nun, vor dem Hintergrund des Gesamtnetzes, thesenartig im Hinblick auf ihre Berücksichtigung in der Lehre betrachtet werden:

1. Das eigene Lernen von Physik der Studentinnen und Studenten war, bis zum Einsetzen fachdidaktischer Ausbildung, in der Regel frei von wissenschafts- und erkenntnistheoretischen Erwägungen. So kommt es nun darauf an, über das hinaus, was didaktische Analyse, Sachanalyse oder Sachstrukturanalyse zu leisten vermögen, exemplarisch ein "Stück Physik" aufzubrechen, umzubauen oder aus multiplen Blickwinkeln "neu zu denken".

Den einen vermeintlich logischen und einzig möglichen Erkenntnisweg durch Alternativen in neues Licht zu rücken. Dazu wären historische Rückblicke erhellend, etwa der Blick auf die unterschiedlichen Schreibweisen der Quantenmechanik, die Entwicklung der Elektrodynamik oder Zugänge zu den Grundgesetzen der Mechanik. Hierzu eignen sich auch vergleichende Analysen von Teilkapiteln verschiedener Hochschullehrbücher, möglichst aus unterschiedlichen Staaten und Traditionen. Auf einer solchen Grundlage ließen sich dann auch konstruktive Vorschläge ausarbeiten, etwa zum Newtonschen Grundgesetz, zum 2. Hauptsatz der Wärmelehre oder zum elektrischen Feldbegriff.

Für die Planung von Lernprozessen müßte dann der nächste Schritt der intensionalen didaktischen Rekonstruktion exemplarisch erfolgen.

2. Die langjährige Debatte um Umweltbildung hat für den Physikunterricht einige immer wiederkehrende Themenbereiche hervorgebracht: Zahlreiche Aspekte der Energieversorgung, Radio-aktivität, Lärmschutz, Verkehrsfragen, Elektrosmog u.a. Solche Umweltprobleme systematisch physikalisch zu durchdringen und didaktisch umzusetzen, bietet viel Stoff für Seminarvorträge, Praktika und Hausarbeiten (Siehe dazu: Kress u.a. 1984, sowie Mikelskis/Schmarbeck 1993).

In der Bearbeitung des Mensch-Natur-Verhältnisses stecken jedoch auch wissenschaftshistorische und naturphilosophische Grundsatzfragen, die es zumindest ansatzweise zu vermitteln gilt. Hier erscheint mir für die notwendige gründliche Auseinandersetzung allerdings das fachdidaktische Lehrkontingent überfordert. Eine neue Form des philosophicums wäre zu kreieren, und die fachwissenschaftliche Ausbildung müßte daraufhin orientiert werden.

3. Die Auseinandersetzung mit Umweltfragen sowie mit der Wissenschaftsgeschichte ist eng verknüpft mit Problemen der Technik. Hier scheinen mir in der Lehre, abgestimmt mit der Physikausbildung, obligatorische vor- und nachbereitete Exkursionen zu technischen Einrichtungen (Kraftwerke, Bahn, Telefonzentrale, Rundfunkanstalt, Fabrik u.a.) und zum Deutschen Museum München empfehlenswert.

4. Die Grenzüberschreitung zu gesellschaftlich relevanten Entwicklungen erscheint dem Physiklehrer in der Regel noch immer problematisch. Aber die Konsequenz der Behandlung von Umwelt- und Technikfragen führt zwangsläufig hin zu Ökonomie und Politik.

5. Die Vorschläge z.B. von Labudde (1989 und 1993) stellen Studenten immer wieder vor die Situation, daß die Physik im Alltag, im Leben, viel schwieriger ist als in der Physikvorlesung gelernt. Solche selbst erfahrenen Beispiele helfen, ein Verständnis für Lernschwierigkeiten der Schüler aufzubringen. Daraus ergibt sich vor allem auch die Forderung, die Physikausbildung der Hochschulen lebensnäher anzulegen.

6. Hier genügt die intensive Auseinandersetzung mit den Zielkatalogen der Rahmenpläne.

7. Die Spezifizierung des Methodeninventars der Allgemeinen Didaktik auf Physik und vor allem eine erste angeleitete Erprobung in Schulpraktischen Übungen und Schulpraktika erscheint mir unverzichtbar in der fachdidaktischen Ausbildung.

8. Die Medienvielfalt erfordert systematische Überblicke und vor allem die Entwicklung von Auswahlkriterien. Begrenzte eigene Erfahrungen sollten ermöglicht werden, weil: grau ist alle Theorie!

Eine entsprechende Reform der physikdidaktischen Lehre kann nur erfolgreich sein, wenn auch in den fachwissenschaftlichen und erziehungswissenschaftlichen Studienteilen entsprechend abgestimmte stützende Lehrveranstaltungen stattfinden. Dazu muß eine breite Studienreformdiskussion initiiert werden. So bleibt die Hoffnung, daß in naher Zukunft Physikdidaktiker auch in diesem Kontext ihre Disziplin klarer und selbstbewußter charakterisieren werden.

Literatur

Blankertz, H. (1973): Fachdidaktische curriculumforschung - Strukturansätze für Geschichte, Deutsch, Biologie. Essen: NDSV

Berger, P./Luckmann, T. (1974): Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit - eine Theorie der Wissenssoziologie. Frankfurt/M.

Bleichroth, W. (1990): Didaktik der Physik in der Bundesrepublik 1950 - 1990.

In: Physikmethodik (DDR) und Physikdidaktik (BRD) - Bilanz und Perspektiven. Kassel: Tagungsband.

Böhme, G. (1989): Für eine ökologische Naturästhetik. Frankfurt/M.: Suhrkamp.

- Bruhn, J. (1992): Didaktiken naturwissenschaftlicher Fächer: Physik. In: Riquarts et al. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung in der Bundesrepublik Deutschland Band 3. Kiel: IPN 2, 5. 101-158
- Bünder, W./Häußler, P./Lauterbach, R./Mikelskis, H. (1987): Jugendlexikon Technik - menschengerechte und naturverträgliche Technologie. Reinbek: Rowohlt.
- Bulthaup, P. (1973): Zur gesellschaftlichen Funktion der Naturwissenschaften. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Dahncke, H. (1985): Probleme und Perspektiven fachdidaktischer Forschung - dargestellt aus der Sicht eines Physikdidaktikers. In: Mikelskis, H. (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Alsbach: Leuchtturm, S.13-39
- Duit, R./Goldberg, F./Niederer, H. (Eds.) (1972): Research in physics learning. Kiel: IPN.
- Duit, R. (1994): Empirische Forschung in der Physikdidaktik - Versuch einer Standortbestimmung. In: Behrendt, H.(Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Alsbach: Leuchtturm, S.87-105
- Falk, G./Herrmann, F. (1977): Konzepte eines zeitgemäßen Physikunterrichts. Hannover: Schroedel. Frev, K. (Hrsg.) (1975): Curriculum-Handbuch. München: Piper.
- Habermas, J. (1973): Technik und Wissenschaft als Ideologie. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Haspas, K. (1969): Methodik des Physikunterrichts. Berlin: Volk und Wissen Heisenberg, W. (1977): Tradition der Wissenschaft. München: Hanser. Hentig, H.v. (1968): Didaktik und Linguistik. In: Z.f.Päd. 7, Beiheft. Hussen, E. (1952): Ideen zu einer reinen Phänomenologie und phänomenologischen Philosophie, 1. u. 2. Den Haag.
- IPN-Projektgruppe Physik 9/10 (Härtel, Jaekel, Kircher, Lauterbach, Mie, Mikelskis, Niederer): IPN Curriculum Physik 9/10, Lehrerbegleitheft. Stuttgart: Klett 1975
- Kattmann, U./Duit, R./Gropengießer, H./Komorek, M. (1996): Educational Reconstruction - bringing together issues of scientific clarification and students conceptions. St. Louis: NARST-meeting.
- Klafki, W. (1963): Das Problem der Didaktik. In: Z.f.Päd. 3, Beiheft Klingberg, L. (1995): Lehren und Lernen - Inhalt und Methode: Zur Systematik und Problemgeschichte didaktischer Kategorien. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
- Kress, K./Mikelskis, H./Müller-Arnke, H./Reichenbacher, W. (1984): Energierenerative Energiequellen und alternative Energietechnologien. Frankfurt/Berlin/München: Diesterweg/Sauerländer.
- Labudde, P. (1989): Alltagsphysik in Schülerversuchen. Bonn: Dümmler. Labudde, P. (1993): Erlebniswelt Physik. Bonn: Dümmler
- Lenzen, D. (1982): Die Probleme des Physikunterrichts aus erziehungswissenschaftlicher und fachwissenschaftlicher Sicht. In: Fischler, H. (Hrsg.): Lehren und Lernen im Physikunterricht. Köln: Aulis, S.244-251
- Lind, G. (1992): Physik im Lehrbuch - Zur Geschichte der Physik und ihrer Didaktik in Deutschland. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Lompscher, J. (1991): Aneignungsweisen und Lehrstrategien. In: Empirische Pädagogik, 5(31),211-228
- Mandl, H./Gruber, H./Renkl, A. (1993): Lernen im Physikunterricht Brückenschlag zwischen wissenschaftlicher Theorie und menschlichen Erfahrungen. Forschungsbericht 19, München.
- Mikelskis, H. (1979): Zum Verhältnis von Wissenschaft und Lebenswelt im Physikunterricht - dargestellt am Thema Kernkraftwerke. Bremen: Diss.
- Mikelskis, H. (1982): Didaktiken der Physik - Synopse und Kritik. Bad Salzdetfurth: Didaktischer Dienst
- Mikelskis, H. (1988): Das Verhältnis von physikalischem Wissen zu individuellem wie gesellschaftlichem Handeln - dem Andenken an Martin Wagenschein (1896 - 1988) und Kurt

- Haspas (1907 - 1988) gewidmet. Kolloquium "Zur Vermittlung wissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen im naturwissenschaftlichen Unterricht" Leipzig: Tagungsband.
- Mikelskis, H. (1990): Goethes Farbenlehre heute - Betrachtungen zur Zeitgemäßheit einer vermeintlich veralteten Naturauffassung. Kiel: Goethe Gesellschaft.
- Mikelskis, H./Schmarbeck, D. (1993): Schneller als der Wind - Zur Behandlung des Darrieus-Windrotors im Physikunterricht. In: Physik in der Schule 4.
- Mikelskis, H. (1995): Die „abgeschreckten Entgleisten, meist Mädchen," im Physikunterricht oder Anstöße für einen phänomenorientierten Reformansatz. In: Hempel, M.(Hrsg.): Verschieden und doch gleich - Schule und Geschlechterverhältnis in Ost und West. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Mikelskis, H. (1996): Die Polarität von Umweltbildung im Physikunterricht. In: Naturwissenschaften im Unterricht 3, S.35-40.
- Mollenhauer, K. (1974): Theorien zum Erziehungsprozeß. München.
- Muckenfuß, H. (1995): Lernen im sinnstiftenden Kontext - Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts. Berlin: Cornelsen.
- Muschg, A. (1986): Goethe als Emigrant - Auf der Suche nach dem Grünen bei einen alten Dichter. Frankfurt: Suhrkamp.
- Pfundt, H./Duit, R. (1994): Bibliographie Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht. Kiel: IPN.
- Poske, F. (1915): Didaktik des physikalischen Unterrichts. Leipzig/Berlin: Teubner.
- Redeker, B. (1995): Martin Wagenschein phänomenologisch gelesen. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Robinson, S.B. (1967): Bildungsreform als Revision des Curriculums. Neuwied.
- Spreckelsen, K. (1971): Struktur der Disziplin und Curriculumentwicklung. In: IPN-Symposium über Forschung und Entwicklung naturwissenschaftlicher Curricula. Kiel: IPN.
- Sumfleth, E. (1994): Arbeitspapier zur GDCP-Zukunftswerkstatt.
- Walze, W./Walgenbach, W. (1992): Naturwissenschaftliche Bildung als Systembildung. In: Häußler, P.: Physikunterricht und Menschenbildung. Kiel: (PN).
- Wagenschein, M. (1962): Die pädagogische Dimension der Physik. Braunschweig: Westermann.