

Physik als Sprachnatur

Über die fachliche Verstellung der Wirklichkeit im naturwissenschaftlichen Unterricht¹

Rainer Brämer

Natur subjektiv

Daten und Fakten
zur Natur-Beziehung
in der Hightech-Welt

natursoziologie.de 4/1982
sprachnatur

Naturunterricht und Sprache	2
Der Vokabelaspekt: Physik vor Fremdsprachen	3
Der stilistische Aspekt: Fachspezifische Disziplinierung	5
Der didaktische Aspekt: Natur auf den Kopf gestellt	6
Professionelles und alltägliches Naturbild.....	8
Der soziologische Aspekt: Fachsprache als Statussymbol	10
Die Schülerwirklichkeit: Formelfragmente und Satztrümmer	13
Verbalismus und Vergessen	15
Faktor sozialer Auslese.....	16
Literatur	17

¹ Erstfassung unter dem Titel "Wesen und Erscheinung – Über die sprachliche Verstellung der Wirklichkeit im naturwissenschaftlichen Unterricht" erschienen in Der Deutschunterricht H1/1982, S. 27ff. Nachdruck in Redaktion Soznat (Hg.): Naturwissenschaftlicher Unterricht in der Gegenperspektive. Braunschweig 1982, S.54-73. Für www.natursoziologie.de zeitgemäß modifiziert.

Ein im strengen Stil errichtetes Gebäude kann gleichwohl bald nach der Besichtigung im Moor versinken"

Martin Wagenschein (1970)

Naturunterricht und Sprache

Was gibt es eigentlich nach *Wagenschein* noch zum Thema „Naturwissenschaftlicher Unterricht und Sprache“ zu sagen? Niemand hat uns eindringlicher klargemacht als er, daß das „Verstehen“ der Natur durch eine allzu frühe und beckmesserische Verwendung der „exakten“ Kunstsprache der Naturwissenschaften nur Schaden leiden kann. Niemand hat die Einsicht in brillantere Metapher gekleidet, daß diejenigen Naturwissenschaftslehrer, denen es allzu sehr um das Polieren der Sprache geht („Sprich im ganzen Satz! Drück Dich exakt aus!“), letztlich nur leere Worte und schlechte Nachahmer züchten. Und niemand schließlich hat so klar erkannt, daß jene „Rumpelkammern“ von „Formelfragmenten“ und „Satztrümmern“, die vom herkömmlichen Kanon schulischen Naturwissens in den Köpfen der Betroffenen übrigbleiben, nicht zuletzt dem hohen Ross der Wissenschaftlichkeit geschuldet sind, auf dessen Sprachsattel sich die Naturwissenschaftsdidaktik immer wieder zu vergaloppieren pflegt.²

Die zahlreichen Aufsätze und Reden, in denen *Martin Wagenschein* seit nunmehr fast einem halben Jahrhundert diese und ähnliche Thesen zumeist unter großem Anklang bei seinen Lesern und Zuhörern verfochten hat, dürfen indes nicht darüber hinwegtäuschen, daß sich am Gegenstand seiner Kritik, dem wissenschaftsfixierten Naturunterricht, im Prinzip nichts geändert hat. Im Gegenteil: In den letzten zwei Jahrzehnten scheint alles nur noch schlimmer geworden zu sein. Mit der Ausbreitung der Naturwissenschaften an unseren Schulen orientierte sich nicht nur der Gymnasialunterricht immer verbissener am (sprachlichen) „Niveau“ der Bezugsdisziplinen, auch die Naturlehre der ehemaligen Volksschule ist heute in „wissenschaftsorientierte“ Teildisziplinen aufgefächert, die die Natur auf das dürre Wort-, Formel- und Modellgeklapper der akademischen „Fachsystematik“ verkürzen. So sehr *Wagenschein* mit seinem „exemplarischen Prinzip“ die allgemeinpädagogische Diskussion prägen konnte, so sehr blieb er in seiner eigentlichen pädagogischen Heimat, der Naturwissenschaftsdidaktik, ein geradezu klassisches Beispiel des Rufers in der Wüste.

Wie ist dieses augenfällige Mißverhältnis von überzeugender Argumentation und absoluter Wirkungslosigkeit zu erklären? Spielte *Wagenschein* nur die Rolle eines Feigenblattes, eines schlechten Gewissens der Naturwissenschaftsdidaktik, dessen bloße Artikulation allein schon entlastend wirkte? Was aber treibt dann die Fachdidaktikerzunft trotz aller einsichtigen Warnungen in immer schülerfernere Gefilde? Wie erklärt sich die offenkundige Zwanghaftigkeit, mit der die Fachvertreter angesichts der mannigfachen Chancen zur Intensivierung ihres Unterrichts immer nur zu jenen Mitteln griffen, die ihre allseits beklagte Erfolglosigkeit nur betonten?

Bei den letzten Fragen fällt auf, daß *Wagenschein* selber sie nie gestellt hat. So klarsichtig er immer wieder die Misere des herkömmlichen Naturunterrichts beschrieb, so wenig fragte er nach den Ursachen ihrer beständigen Verschärfung. In seiner Beschränkung auf das pädago-

² Metapher größtenteils nach Martin Wagenschein (1970,1971).

gische Verhältnis blieben ihm darüber hinaus gehende Aspekte seines Gegenstandes verschlossen.

Das wird nicht nur in seinem autonomisierten Lehrerbild deutlich. Auch die Schüler erscheinen bei ihm nur als unbeschrieben-neugierige Wesen ohne soziale Interessen und Vorprägungen. Selbst die bei Jugendlichen dominierende Nutzenperspektive gegenüber ihrer Umwelt, ihr von *Carl Schietzel* so eindringlich beschriebenes technisch-praktisches Handlungsinteresse gegenüber der Natur (*Schietzel 1978*), bleibt bei *Wagenschein* im Vergleich zum vorrangig unterstellten „kindlichen Forscherdrang“ im Hintergrund. Daß ihm aus dieser Sicht die sprachliche Gestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts nur als pädagogisches und nicht als soziales Problem erscheint, ergibt sich dann von selbst.

Damit wäre also doch noch ein Ansatzpunkt gefunden, unter dem das Thema Naturunterricht und Sprache erneut angegangen werden könnte. Wie dringlich eine solche Fortsetzung der *Wagenscheinschen* Kritik ist, das zeigen die eingangs referierte Ergebnisse einer Fachvokabelanalyse. Die daran anschließenden Überlegungen über die sozialen Hintergründe und Folgen der konstatierten Zustände haben lediglich heuristischen Charakter, sie verweisen, den Intentionen der Marburger Arbeitsgruppe *Soznat* illustrierend, auf die Notwendigkeit einer über die bloße pädagogische Kritik hinausgehenden soziologischen Hinterfragung der gesellschaftlichen Determinanten von naturwissenschaftlichem Unterricht.

Der Vokabelaspekt: Physik vor Fremdsprachen

Blättert man eines der gängigsten unter den Physiklehrbüchern für die Sekundarstufe I der allgemeinbildenden Schulen (*Kuhn 1975*) durch, so stößt man nach einer ebenso umfassenden wie buntbebilderten Darstellung der klassischen und neueren Physik am Ende auf ein Register, das nicht weniger als 1500 Begriffe umfaßt. Zwar erweisen sich diese Begriffe bei näherem Hinsehen nicht allesamt als ausgesprochene Fachtermini, also als physikspezifische Begriffe, die der Form oder dem (zumeist eingeschränkten) Sinn nach in der Umgangssprache so nicht geläufig sind. Dennoch war der bemerkenswerte Registerumfang für die Arbeitsgruppe *Soznat* Anlaß genug, das erwähnte Lehrbuch des Gießener Fachdidaktikers *Wilfried Kuhn* einmal Seite für Seite auf den Gebrauch physikalischer Fachbegriffe hin durchzugehen.

Was dabei herauskam (*Clemens 1979*), war noch erschreckender als das Register selber: Nicht weniger als 2 000 verschiedene Fachvokabeln mutete *Kuhn* seinen jugendlichen Lesern zu, von den zahlreichen Namen großer Physiker und den über 150 normierten Fachsymbolen ganz zu schweigen. Damit erreicht der *Kuhnsche* Lehrgang zumindest von der „Lexik“ her das Niveau eines ausgewachsenen Fremdsprachenkurses für die Sekundarstufe I. Bezogen auf die verfügbare Unterrichtszeit erweist er sich sogar als noch anspruchsvoller: Während eine Fremdsprache von bundesdeutschen Schülern das Erlernen von (je nach Schulform) 70 bis 200 Vokabeln pro Wochenstunde abverlangt, erfordert das vollständige Durcharbeiten des *Kuhnschen* Kurses etwa in den 8 Wochenstunden Physik der hessischen Sekundarstufe I im Mittel die Kenntnisnahme von 250 neuen Vokabeln pro Wochenstunde. Und das zusätzlich zum Begreifen des eigentlichen Fachinhaltes mit all seinen unbekanntem Phänomenen, Gesetzen, Theorien, Geräten, Verfahren und Formeln.

Nun könnte man freilich einwenden, daß *Kuhns* Physikbuch lediglich den Charakter eines Angebotes habe, aus dem vom Lehrer jeweils mehr oder weniger große Abschnitte auszuwählen sind. Wir haben uns deshalb nach einem Vergleichsobjekt umgesehen, das einem tatsächlich gehaltenen Physikunterricht ein Stückchen näher kommt. Im deutschen Sprachraum

nehmen in dieser Hinsicht zweifellos die DDR-Physikbücher eine besondere Stellung ein, sind sie doch nicht nur in der Stoffabfolge auf einen bis ins Stundendetail gehenden Lehrplan abgestimmt, sondern stehen darüber hinaus auch hinsichtlich des Umfangs ihrer Stoffkapitel mit durchschnittlich zwei Druckseiten pro Planstunde in einem festen Verhältnis zum Lehrplan. Gewiß wird der Physikunterricht in sozialistischen Schulstuben deshalb noch lange nicht sklavisch diesen Lehrbüchern folgen, doch markieren sie einen im Detail intendierten Unterrichtsverlauf, dem insbesondere die zahlreichen fachfremd eingesetzten Lehrer dankbar folgen dürften.

In diesem erheblich praxisnäheren Curriculum fanden wir immer noch 1900 Fachvokabeln, unter Einschluß des mit einer Wochenstunde in Klasse 10 zwar gesondert ausgewiesenen, aber inhaltlich der Physik zuzurechnenden Astronomieunterrichts waren es sogar 2 200. Allerdings steht für deren Vermittlung in der 10klassigen polytechnischen Oberschule der DDR mit insgesamt 14 Jahreswochenstunden erheblich mehr Zeit zur Verfügung als in der hiesigen Sekundarstufe I, sodaß die wöchentliche Vokabelquote mit knapp 160 erheblich unter der Kuhnschen liegt. Doch auch die entsprechenden Fremdsprachenquoten liegen in der DDR-Pflichtschule niedriger, was unter anderem damit zusammenhängt, daß die „Zehnklassige allgemeinbildende polytechnische Oberschule“ von rund 90 % aller Jugendlichen ohne nennenswerte Differenzierung durchlaufen wird. Lediglich die 2. Fremdsprache ist fakultativ, und das dürfte auch schon ihre wesentlich höheren Vokabelansprüche von durchschnittlich knapp 130 „lexikalischen Einheiten“ pro Wochenstunde im Vergleich zur obligatorischen 1. Fremdsprache Russisch mit durchschnittlich knapp 70 Vokabeln pro Wochenstunde erklären.

Diese Durchschnittszahlen, und das ist ein weiterer Vorteil des DDR-Beispiels, lassen sich überdies nach einzelnen Schuljahren aufschlüsseln. Danach nehmen die jährlichen Quoten der neu zu erlernenden Physik-Vokabeln im Gegensatz zum Fremdsprachenunterricht von Klasse zu Klasse zu - im eigentlichen Physikunterricht von 100 auf 200, unter Einbeziehung des Astronomieunterrichts sogar auf 300 Fachbegriffe pro Wochenstunde. Angesichts derart „astronomischer“ Vokabeldichten haben uns praktizierende Lehrer immer wieder vorgehalten, unsere Zahlen seien schon deshalb rein fiktiv, weil sie im konkreten Schulalltag gar nicht realisierbar seien. Dem steht allerdings entgegen, daß die Berliner Bildungsforscher *Peterson und Schimansky* bei der Auswertung von Tonbandkontrollen sogar auf noch höhere Zahlen kamen (*Peterson/Schimansky 1973*). Ihnen zufolge hatten die Berliner Gymnasiasten im Physik-Anfangsunterricht durchschnittlich 12 neue Fachtermini pro realer Schulstunde zu verdauen, was auf über 400 Vokabeln pro Wochenstunde hinausläuft.

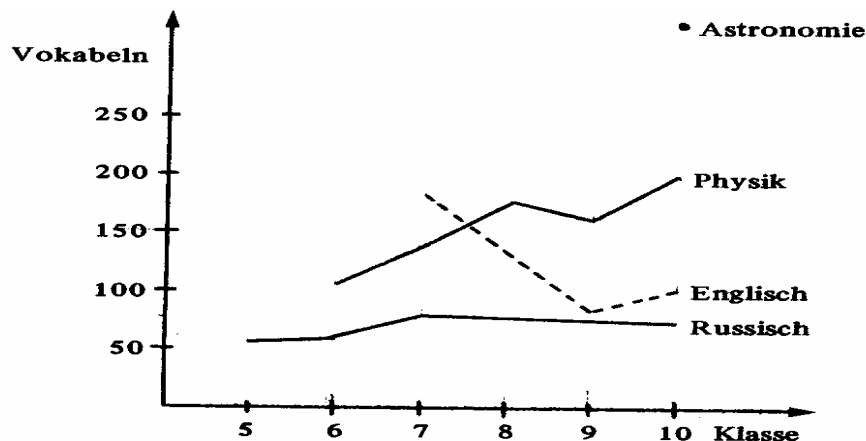


Abb. 1: Zahl der in der DDR-Oberschule pro Wochenstunde neu eingeführten Fach- bzw. Fremdsprachenvokabeln in Abhängigkeit von der Klassenstufe.

Daß der Physikunterricht zugleich ein Sprachunterricht von hohem „Niveau“ ist, dürfte nach alledem unbestreitbar sein. Dabei vereint er kultur- und fremdsprachliche Aspekte. Denn die physikalischen Fachvokabeln zeichnen sich nicht nur durch eine spezifische Sinnggebung im Rahmen der physikalischen Wissenschaftskultur aus, sie sind darüber hinaus zur knappen Hälfte (bei *Kuhn* wie in den DDR-Büchern) auch Fremdwörter.

Der stilistische Aspekt: Fachspezifische Disziplinierung

Es ist indes nicht nur die Fülle der Fachvokabeln, die dem Physikunterricht das Gepräge eines Sprachunterrichts gibt. Darüber hinaus wird den Schülern im physikalischen Umgang mit der Natur auch ein bestimmter Sprachstil auferlegt. *Wagenschein* beschreibt diesen Stil als bildlos-erstarrt, spröde, kalt und unpersönlich. Die Physiklehrer *Bösser* und *Klingelhöfer* fanden im Rahmen ihrer Staatsexamensarbeit, daß sich die Sprache westdeutscher Physiklehrbücher durch die Bevorzugung linearer Ketten von einfachen Hauptsätzen auszeichne, die einen hohen Grad an Stereotypie aufweisen: Mehr als ein Fünftel von ihnen seien simple Schlußfolgerungen, ein rundes Drittel sogar schablonisierte Definitionen (*Bösser/Klingelhöfer* 1977). Nimmt man noch jene Merksätze hinzu, von denen *Wagenschein* behauptet, die Schüler könnten sie bestenfalls „apportieren“, so entsteht das Bild einer trockenen Amts- oder Automaten-sprache, die in der mathematischen Formel ihre eigentliche Erfüllung findet.

Auch wenn die hierin deutlich werdende fachspezifische Disziplinierung der Sprache gelegentlich als Verarmung beklagt wird, so ist sie doch nur die konsequente Folge des „Exaktheits“-Anspruchs einer allzu wissenschaftsorientierten Physikdidaktik. Das wird wiederum besonders deutlich am Beispiel der DDR, deren Physikdidaktiker schon länger als ihre hiesigen Kollegen unter dem „fortschrittsorientierten“ Wissenschaftlichkeitsverdikt stehen und daher von keinerlei Zweifel an der Notwendigkeit eines regelrechten Fachsprachendrills geplagt zu sein scheinen. In kaum einem richtungsweisenden Artikel der Volksbildungsfunktionäre zu „Stand und Aufgaben“ des naturwissenschaftlichen Unterrichts fehlt die Forderung nach einem „einwandfreien“, „sauberen“, „klaren“, „sicheren“, „genauen“ usw. Gebrauch der Fachsprache. Die Fähigkeit, „Beschreibungen und Erklärungen physikalischer Objekte, Erscheinungen und Vorgänge sowie technische Anwendungen in logisch geordneter und grammatikalisch einwandfreier mündlicher und (orthographisch richtiger) schriftlicher Ausdrucksform darzustellen“, ist ein Standardziel des DDR-Physikunterrichts (*Liebers* 1978, S. 23), gelegentlich zu „unnachgiebigen Forderungen an Klarheit und Genauigkeit in mündlicher und schriftlicher Form“ gesteigert (*Holz u. a.* 1978, 1980).

Derartige Absolutheitsansprüche erweisen sich als völlig unsensibel gegenüber dem schulisch Machbaren wie pädagogisch Sinnvollen. Das gilt insbesondere für *Kurt Haspas*, bis in die 70er Jahre führender Physikdidaktiker der DDR, maßgeblich an der Ausarbeitung der derzeit gültigen Lehrpläne beteiligt und Doktor- bzw. Habilitationsvater einer ganzen Generation von Jungdidaktikern. In Anlehnung an die vom Kybernetikphilosophen *Georg Klaus* in seiner „Formalen Logik“ (*Klaus* 1979) entwickelten Gedankengänge war für *Haspas* Lernen schon Ende der 60er Jahre „im wesentlichen ein Aneignen und Anwenden von Begriffen“ (*Haspas* 1970, S. 41). Darin war er sich so sicher, daß er die Warnung des stellvertretenden Volksbildungsministers vor „einer übertriebenen und vom Lehrplan nicht gewollten Arbeit an Begriffen und Begriffssystemen, einer Tendenz zum Abstrakten“ (*Dietzel* 1967, S. 164) nicht nur offen in den Wind schlug, sondern sogar zum Anlaß nahm, seinerseits die Lehrer vor einer „falschen Anschaulichkeit“ zu warnen und auf den exakten Umgang mit der physikalischen Fachsprache zu verpflichten (*Haspas* 1967).

In der Folge entwickelten er und seine Schüler - unter dem irreführenden Signum des „muttersprachlichen (!) Prinzips“³ - eine regelrechte Methodik der Fachsprache. War zuvor der im naturwissenschaftlichen Unterricht erwünschte Sprachstil stets nur pauschal als „nüchtern“, „klar“, „konzentriert“, „diszipliniert“, „logisch“, „korrekt“, „exakt“ usw. klassifiziert worden, so wurde dies nunmehr unter Hinweis auf den Deutschunterricht durch eine Vielzahl von Regeln spezifiziert. So seien etwa Beschreibungen im Physikunterricht „stets im Präsens unter Benutzung des Passivs und des unbestimmten Pronomens man“ zu formulieren. Hierbei komme dem sogenannten „Zustandspassiv“, definiert durch Tempusformen des Hilfsverbs „sein“ in Verbindung mit dem Partizip II des Vollverbs, eine besondere Bedeutung zu. Darüber hinaus seien „nominale Wendungen“ möglichst in „verbale Ausdrucksweisen“ aufzulösen sowie bestimmte Bindewörter bevorzugt zu benutzen. Schließlich sei der Gebrauch von Nebensätzen weitgehend auf Modal- und Konditionalsätze zu beschränken.⁴

Im Mittelpunkt aller sprachmethodischen Überlegungen der DDR-Physikdidaktik steht indes die Begriffsbildung. „Die Erarbeitung von Begriffen gehört ohne Zweifel zu den schwierigsten methodischen Problemen, ganz besonders in der Mittelstufe“ (Haspas 1967, S. 176). Die hierzu entwickelten Vorschläge, die zumeist von einer stufenweisen Einführung und Präzisierung der Fachtermini (zum Teil sogar unter Einschluß des Werk- und Polytechnikunterrichts) ausgehen, sind samt und sonders durch einen gewissen Hang zur Scholastik gekennzeichnet.⁵ Da sie überdies angesichts der (den DDR-Didaktikern offenbar nicht bewußten) Vielzahl der einzuführenden Fachtermini auch eine hinreichende Realitätsnähe vermissen lassen, ist es kein Wunder, wenn sie bislang weder in irgendwelche von der Fachzeitschrift vorgestellten Unterrichtsentwürfe noch in die Lehrbücher erkennbar Eingang gefunden haben.

Die Schulpraxis wird in Hinblick auf das Erlernen der Fachsprache von den „bewährten“ Methoden der Lernschule beherrscht. Hinter der ständig wiederholten Forderung nach „Exaktheit, Dauerhaftigkeit und Anwendbarkeit“ des Erlernenen verbirgt sich methodisch in der Regel nichts anderes als das „planmäßige“ und „zielgerichtete“ Wiederholen, Üben, Festigen und Anwenden des zuvor auswendig Gelernten einschließlich dessen „ständiger“ Überprüfung und Kontrolle. So sehr man auch die Wirksamkeit dieser eher aus preußischen Arsenalen stammenden Methoden bezweifeln mag: Immerhin wird das Problem in der DDR noch gesehen. In der Bundesrepublik hingegen sind Lehrer wie Schüler mit den kaum weniger großen Vokabelbergen der modernen Curricula alleingelassen, und die exorbitanten Anforderungen an den fachspezifischen Sprachstil bleiben weitgehend Bestandteil des heimlichen Lehrplans.

Der didaktische Aspekt: Natur auf den Kopf gestellt

Der in diesen Befunden deutlich werdende Sprachfetischismus der deutschen Naturwissenschaftsdidaktik kennzeichnet nicht nur deren Wissenschaftsfixierung, sondern bleibt darüber hinaus nicht ohne Folgen für die vermittelten Unterrichtsinhalte. So hat beispielsweise das Wissenschaftsbild hüben wie drüben häufig weniger etwas mit der Wirklichkeit als den prestigeträchtigen Wunschvorstellungen der Lehrbuchautoren zu tun. Demgegenüber wird an der tatsächlichen Front der naturwissenschaftlichen Forschung, dort, wo neue wissenschaftlich-technische Erkenntnisse produziert werden, nicht nur wie überall mit Wasser gekocht,

³ Hierzu *Martin Wagenschein (1971)*: "Die gemeinsame Fachsprache aller Physiker der Welt ist von allen ihren Muttersprachen grundsätzlich verschieden."

⁴ *Verg .u.a . Manthei (1975), Liebers (1978), Gau (1980), Schmidt (1980).*

⁵ *Z. B. Haspas (1967, 1970) sowie Voigt (1968), Karsten (1970), Göbel/Wünschmann (1979).*

sondern vor allem keine „exakte“ bzw. logische“ Fachsprache gepflegt. Das eigentlich Neue, das noch zu lösende Problem wird, eben weil es neu und noch nicht im (Be-)Griff ist, in einem unsystematischen Kauderwelsch aus Alltagssprache, fachsprachlichen Brocken und eigenen Sprachschöpfungen angegangen.⁶

Die wissenschaftliche Umgangssprache, die im übrigen durchaus emotionale und soziale Bezüge erkennen läßt, findet sich zum Teil auch noch in Tagungsvorträgen und -debatten, kaum mehr allerdings in wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Vollends auf den Kopf gestellt ist das professionelle Sprachverhalten wie das wissenschaftliche Denken insgesamt in Lehrbüchern, in denen die allgemeinsten Einsichten gleich zu Anfang mit ebensolcher Genialität wie (sprachlicher) Präzision vom Himmel fallen, um sodann ohne Zweifel und Umwege bewiesen und angewendet zu werden. Jedes fachwissenschaftliche und mehr noch jedes Schullehrbuch hat von daher a priori ideologischen Charakter: Indem es wissenschaftliche Einsichten aus ihrem Entstehungszusammenhang herauslöst und in ihrer Denkfolge auf den Kopf stellt, untermauert es schon in der bloßen Stellung jenen Mythos, der Wissenschaft für den „Laien“ statt nachvollzieh- nurmehr nachwunderbar macht⁷ und sie von einer Profession wie jede andere zu einer Ehrfurcht heischenden Kulturgröße überhöht.

Aber nicht nur der wissenschaftliche Arbeitsprozeß, auch sein Gegenstand, die Natur, wird in den Schulbüchern in gewissem Sinne auf den Kopf gestellt. Wenn etwa die DDR-Naturwissenschaftsdidaktiker in Ausweis ihrer marxistisch-leninistischen Parteilichkeit davon reden, daß die naturwissenschaftlichen Begriffe nichts anderes als die Widerspiegelung der Natur im Bewußtsein „des Menschen“ markierten, so ist es in Wirklichkeit doch gerade umgekehrt: Die in den Schulbüchern entworfene Kunstnatur ist die Widerspiegelung des fachwissenschaftlichen Begriffsystems. Nicht die alltäglich erlebte Natur, ihre natürliche Umwelt tritt den Schülern in diesen Büchern entgegen, sondern eine in tristen Schemazeichnungen und lebensfernen „Experimentier“-Geräten mühsam veranschaulichte Sprachnatur.⁸

Die anschaulichen Bestandteile dieser Natur sind zumeist Modelle oder Geräte, die vielleicht einmal in der Geschichte der Wissenschaft eine Rolle gespielt haben, nunmehr aber, ihrem historischen Kontext entfremdet, allein der Versinnbildlichung des überkommenen Begriffs- und Gesetzeskanons dienen. Das gilt nicht nur für das an die Einrichtung preußischer Turnhallen erinnernde Inventar der klassischen physikalischen „Sammlung“ mit ihren Pendeln, Kolben, Spulen und Prismen, sondern in verstärktem Maße auch für die Produkte der modernen Lehrmittel-Industrie. Diese materialisieren nicht nur einzelne Begriffe oder Gesetze, sondern nicht selten gleich komplette Modelle, jene Endprodukte physikalischen Forscherdranges also, die fortschrittliche Didaktiker in Ost und West im Sinne der deduktiven Effektivierung des physikalischen Kenntniserwerbs gar zu gerne an den Anfang ihres Unterrichts stellen.

So werden der heutigen Schülergeneration die Fiktion einer reibungslosen Mechanik auf eigens zu diesem Zweck erfundenen Luftkissenfahrbahnen, das Verhalten „idealer“ Gase in aufwendig konstruierten Rüttelmaschinen oder die Eigenschaft mathematischer Modellwellen

⁶ Als Beleg hierfür kann ich allerdings keine Untersuchung des Sprachgebrauchs professioneller Naturwissenschaftler, sondern nur meine eigenen Erfahrungen aus einer mehrjährigen Praxis als Festkörperphysiker anführen.

⁷ Vgl. hierzu auch *Pukies* (1979)

⁸ Wie wenig Schulexperimente mit echten „Versuchen“ zu tun haben, selbst wenn sie als besonders lebensnah erscheinen, macht *Kölmel* (1981) deutlich. Berichte über echten Experimentalunterricht, dessen Ergebnisse für den Lehrer genauso ungewiß sind wie für die Schüler, haben wir bislang nur bei *Schietzel* (1980) und *Fuchs* (1981) gefunden. Daß diese Berichte weitgehend in der Umgangssprache verfaßt sind, ist *sicherlich kein* Zufall.

mit filigranen Wellenmaschinen demonstriert, von der Fülle immer ausgefuchsterer Atommodellbaukästen ganz zu schweigen. Damit werden die Idealisierungen der Physiker nicht mehr nur unter Rückgriff auf deren professionelle Maschinenarsenale plausibel gemacht, sondern in autonomer Regie der Didaktik(-Industrie) regelrecht nachgebaut. Was Wunder, daß die Schüler, er bewegten Klage von Physiklehrer zufolge, auf diese künstliche Zauberwelt zunehmend hereinfließen und die Modelle mehr und mehr für die Wirklichkeit nehmen - für die Wirklichkeit freilich der Physik und nicht der Natur.

Professionelles und alltägliches Naturbild

Daß aus Schülersicht Physik und Natur durchaus verschiedene Dinge sind, gerät den Physikdidaktikern angesichts der immer offenkundigeren Erfolglosigkeit ihrer „modernen“ Konzepte zunehmend wieder ins Bewußtsein, nachdem diese schon in der Weimarer Zeit gewonnene Einsicht (*Schietzel, Wagenschein, Zietz*) in der Euphorie wissenschaftsdidaktischer Aufrüstung vorübergehend verloren gegangen war. Allerdings begreifen sie die Zweiteilung des Naturbildes der Schüler in ein alltägliches und ein physikalisches weniger als Folge ihrer eigenen Perspektivverengung auf die Sprach- und Maschinennatur der professionellen Physik, sondern eher als Ergebnis eines vorgeblich methodisch und/oder umfangmäßig (immer noch) unzureichenden Unterrichts, dem die Transformation des „vorwissenschaftlichen“ oder gar „naiven“ Naturbildes der Schüler in das der „exakten“ Wissenschaft noch nicht hinreichend gelingt.⁹ Dabei übersehen sie jedoch, daß das „common sense“-Bild von der Natur, wie es *Walter Jung* (1978) zutreffender nennt, einen gänzlich anderen Charakter als das professionelle Naturbild hat.

Die grundsätzlichen Charakterunterschiede der beiden Naturbilder sind in erster Linie die Folge ihrer unterschiedlichen Zwecksetzungen. So ist das alltägliche Naturbild in der tätigen Auseinandersetzung mit der unmittelbaren natürlichen und technischen Umwelt entstanden und bewährt. Es ist dementsprechend in seiner Gültigkeit auf den Alltagsbereich beschränkt, mehr handlungsorientiert als reflexiv, mehr subjektbezogen als objekt-distanziert, mehr an den Ursachen und Funktionen der Dinge als an dem bloßen Sein interessiert und schließlich überwiegend in der Alltagssprache gefaßt. Demgegenüber zielt das physikalische Weltbild primär auf die (technische) Beherrschung der Natur sowie indirekt zugleich auf die ideologische Untermauerung der hiermit verbundenen gesellschaftlichen Gegebenheiten. Als Herrschaftsinstrument ist es folgerichtig ebenso subjekt- wie objekt-distanziert, eher de- als konstruktiv, eher statisch als dynamisch und auf die ständige Ausweitung seines Gültigkeitsbereiches orientiert (Fortschrittszwang). Die hieraus resultierende Tendenz zu immer höherer Abstraktion ist zugleich eine Sicherung gegen den Zugriff Uneingeweihter, was nicht zuletzt im Gebrauch der Fachsprache seinen Ausdruck findet.

Im Mittelpunkt des alltäglichen Naturbildes steht das Konzept der Kraft, das sämtliche mit Bewegung und Energie verbundenen Erscheinungen erschließt, und zwar nicht nur im mechanischen, sondern auch im elektrischen Bereich (Kraftfahrzeug, Kraftwerk). Ihm zur Seite steht der Reibungsbegriff, der fast noch übergreifender gebraucht wird (Mechanik, Elektrizität, Wärme). In der wissenschaftlichen Physik ist demgegenüber die Kraft lediglich eine abgeleitete Größe, während die Reibung sogar meist nur als Störmoment in Erscheinung tritt.

⁹ Während man in der bundesrepublikanischen Diskussion zur Klassifizierung des alltäglichen Naturbildes eher die zurückhaltenden Vokabeln „vorunterrichtlich“ oder „vorwissenschaftlich“ findet (z. B. *Weerda* 1981), wird es von der DDR-Didaktikern dezidiert als „unwissenschaftlich“, „naiv“ und gar „primitiv“ abqualifiziert (z. B. *Manthei* 1976).

Ihre zentrale Bedeutung im alltäglichen Naturbild verdanken die beiden Begriffe vermutlich nicht nur der ihnen unmittelbar innewohnenden Handlungsperspektive, sondern womöglich auch ihrer inhaltlichen Nähe zum (in der Tat auch wissenschaftlich zentralen) Konzept der (bereitgestellten bzw. verbrauchten) Energie.¹⁰

Obwohl das Alltagsbild von Natur und Technik damit bereits in seinen Grundlagen als „falsch“ diskreditiert wird, erweist es sich bei unvoreingenommener Betrachtung (in seinem Gültigkeitsbereich) als ebenso konsistent wie praktikabel. Das liegt nicht zuletzt daran, daß es stets unmittelbar in Handlungen umsetzbar ist, was man von der (Schul-)Physik keineswegs behaupten kann. Besonders deutlich wird das am Beispiel der Wirkprinzipien von physikalischen Geräten, die von der Wissenschaft in der Regel auf statische Zusammenhänge, von der Alltagsphysik jedoch zumeist auf die Art und Weise ihrer Herstellung zurückgeführt werden.¹¹

Für den praktischen Umgang mit Natur und Technik stellt das alltägliche Naturbild daher durchaus eine ernstzunehmende Konkurrenz zum wissenschaftlichen Naturkonzept dar. Die daraus resultierende Bedrohung ihres professionellen Naturbildes wehren die Physikdidaktiker gleich in dreifacher Weise ab: Durch die Diskriminierung des Alltagskonzepts als kindlich und naiv (obwohl ihnen durchaus klar ist, daß auch die überwiegende Mehrzahl aller Erwachsenen über dieses Konzept verfügt), durch das „Falsifizieren“ des „kindlichen Naturverständnisses“ in Wissensbereichen, die wie etwa die Astronomie oder die Atomphysik jenseits aller alltäglichen Erfahrung liegen, und nicht zuletzt durch das Ausspielen ihres vermeintlichen Sprachmonopols.

Indem sie der Wissenschaft die alleinige Definitionskompetenz gegenüber der Natur zuschreiben, muß ihnen beispielsweise der alltägliche Gebrauch des Kraftbegriffes als „falsch“ erscheinen, obwohl er doch nur ein anderer ist. Dasselbe gilt für das alltägliche Begriffspaar warm-kalt, dem beckmesserische Physiklehrer gerne den nur die Dimension „warm“ kennenden Wärmebegriff der Thermodynamik als „richtig“ entgegenhalten. Mit besonderem Nachdruck schließlich wird den Schüler die „falsche“ Vorstellung des „Stromverbrauchs“ ausgegraben (*Maichle* 1979), kann doch in der reinen Lehre der (physikalische) Strom in seinem Kreislauf nirgendwo verbraucht werden. Die Schüler, für die Strom, Kraft und (tatsächlich verbrauchte) Energie weitgehend eine Begriffseinheit bilden, können dieser - ihren Erfahrungen im Umgang mit Elektrizität (und Elektrizitätswerken) elementar widersprechenden - Definitionsakrobatik jedoch nur schwer folgen.

Derartigen (mehr oder weniger unbewußten) Diskriminierungsmechanismen unterliegt offenbar ein Wissenschaftsbild, das die herrschenden Naturwissenschaften als einzig möglichen Erkenntniszugang zur Natur, gewissermaßen als von dieser höchstselbst vorgegebene Denkform versteht. Für die DDR-Didaktik ist die Kunstnatur der Physik, wie sie sie in den Begriffen, Formeln, Schemata und „experimentellen“ Demonstrationen ihrer Lehrbücher entfaltet, sogar das eigentliche „Wesen“ der Natur. Vor dem Hintergrund der von *Thomas S. Kuhn* (1967) nachdrücklich belegten Einsicht, daß es sich bei diesem „Wesen“ jeweils nur um das gerade gültige wissenschaftlich Paradigma“ im Sinne der aktuell herrschenden wissenschaftlichen Meinung handelt¹², erinnert diese fachdidaktische Überhöhung des professionellen Na-

¹⁰ Man vergleiche hierzu die ausführliche Analyse des alltäglichen Naturbildes der Schüler durch die Arbeitsgruppe um Walter Jung (z. B. Jung 1979).

¹¹ Vgl. hierzu Daumenlang 1969

¹² In welchem Maße die Unterscheidung von „Wesen“ und „Erscheinung“ lediglich der Überhöhung des geltenden Wissenschaftsparadigmas dient, wird besonders im DDR-Astronomielehrbuch für die 10. Klasse deutlich.

turbildes zur einzigen und ewigen Wahrheit über die Natur an jene scholastische Naturvereinbarung durch die mittelalterliche Kirche, von der sich das Bürgertum gerade durch die Naturwissenschaft befreit zu haben glaubte.

Und in der Tat besitzt nach dem bereits Gesagten das schulphysikalische Naturbild alle Charakteristika eines scholastischen Dogmengebäudes: Das beginnt in Umkehr des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses bei der Systematisierung wissenschaftlicher Einsichten zu einem hierarchisch-deduktiven Dogmengebäude, geht über die Schaffung einer elaborierten Kunstsprache und der dazu passenden Kunstnatur und endet bei der Diskriminierung der alltäglichen Naturerfahrung der Uneingeweihten.

Der soziologische Aspekt: Fachsprache als Statussymbol

Ist der naturwissenschaftliche Unterricht also nichts weiter als eine modernisierte Version naturreligiöser Unterweisung? Jeder Naturwissenschaftslehrer würde eine solche Unterstellung entrüstet zurückweisen. Aus soziologischer Perspektive indes ist diese Hypothese nicht so ohne weiteres von der Hand zu weisen, kann man doch die Säkularisierung der Religion, ihre Wendung ins Diesseits, auch in anderen gesellschaftlichen Bereichen beobachten. Am Beispiel der DDR wird das besonders deutlich, gründet sich hier doch die offiziöse Weltanschauung letztlich auf eine protoreligiöse Naturphilosophie, den „dialektischen Materialismus“. Und in der Tat verdankt der naturwissenschaftliche Unterricht seinen alle historischen Maßstäbe sprengenden Aufschwung im sozialistischen Bildungswesen ganz wesentlich seiner pseudo-objektiven Untermauerungsfunktion für die herrschende Diesseits-Religion (*Brämer* 1976).

Dies ist allerdings auch in der DDR nur eine Dimension des naturwissenschaftlichen Unterrichts, und bei uns liegen die Verhältnisse gerade in diesem Punkte sicherlich anders. Dennoch sind nicht nur die ritualisierte Sprache und das scholastische Denkparadigma, sondern auch der zunehmend hervortretende Anspruch der schulischen Naturwissenschaften auf die weltanschauliche Orientierung und Beeinflussung der Schüler und die didaktische Verallgemeinerung des naturwissenschaftlichen Rationalitätsverständnisses¹³ deutliche Indizien für eine wachsende ideologische Funktion des naturwissenschaftlichen Unterrichts.

Dieser ideologische Funktionszuwachs vollzieht sich vor dem Hintergrund einer charakteristischen Machtverschiebung innerhalb der führenden sozialen Gruppierungen unserer Gesellschaft. Was in den 50er Jahren von konservativen Kulturkritikern als Heraufdämmern einer neuen, „physikalischen“ Kultur beschworen wurde¹⁴, ist mittlerweile vor dem Hintergrund der wissenschaftlich-technischen Revolutionierung unseres Alltagslebens Wirklichkeit geworden. Insbesondere im Bereich der Produktion wurde spätestens seit den beginnenden 60er Jahren der Träger dieser Revolutionierung, die wissenschaftlich-technische Intelligenz, als Nothelfer bei der Lösung ökonomischer Wachstumsprobleme immer unentbehrlicher. Indem diese Intelligenzfraktion durch ihre Leistungen dem Mythos von der Motorfunktion des „wissenschaftlich-technischen Fortschritts“ bzw. der „Produktivkraft Wissenschaft“ zu eindrucksvoller Glaubwürdigkeit verhalf, schuf sie die Grundlage für die Durchsetzung jener Modernisie-

Darin wird in Zusammenhang mit dem „Sieg“ des Kopernikanischen Weltbildes die Drehung der Erde um die Sonne als das „Wesen“ der Planetenbewegung, der von den Schülern tagtäglich erlebte Auf- und Untergang der Sonne jedoch „nur“ als deren „Erscheinung“ klassifiziert, obwohl doch der eine Prozeß so real ist wie der andere und sich von ihm lediglich durch die Wahl des Betrachterstandpunktes unterscheidet.

¹³ Vgl. hierzu *Nolte/Brämer* 1980

¹⁴ Vgl. hierzu auch *Wagenscheins* Warnungen vor der „Physikalisierung des Denkens“.

rungsideologien, die nicht zuletzt auch im pädagogischen Bereich rasche Verbreitung fanden (Sachs u. a. 1979) und den Realien zu ihrem anders nicht erklärbaren (Wieder-)Aufschwung auch im bundesdeutschen Bildungswesen verhalfen.

In der DDR lief in den letzten zwei Jahrzehnten ein ganz ähnlicher „Modernisierungsprozeß“ ab, der aber nicht selten mit marxistisch-leninistischen Dogmen in Konflikt geriet. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht wirkte sich die Konkurrenz zwischen kommunistischer und technokratischer Ideologie indes nur positiv aus, wurde er doch von beiden Richtungen in weltanschaulichen Beschlag genommen. Während die schulischen Naturwissenschaftsvertreter - selber ein zahlenmäßig durchaus nicht unbedeutender Teil der wissenschaftlich-technischen Intelligenz - die konzeptionelle Indienstnahme ihrer Fächer für den „wissenschaftlichen Sozialismus“ weitgehend der sozialistischen Pädagogik überließen, bauten sie selber ihren Unterricht immer mehr zum avantgardistischen Medium szientistischer Ideologien aus, zum schulischen Vorreiter jener wissenschaftlich-technischen Rationalität, die hien wie drüben in Form technokratischer Sachzwangargumente zunehmend das gesellschaftliche Leben bestimmt (*Brämer 1977, 1978*).

Wie aber ist es überhaupt möglich, daß der doch so sachbezogene naturwissenschaftliche Unterricht mehr und mehr in die Rolle eines ideologischen Leitfaches hineinwachsen konnte? Die frühe DDR-Erfahrung mit den berühmten „ideologischen Schwänzchen“ zeigt doch nur, daß aufgesetzte ideologische Kampagnen etwa in Form der dialektisch-materialistischen „Durchdringung“ des Unterrichtsstoffes kaum etwas bringen. Das dürfte im übrigen auch für den gegenwärtigen Versuch westdeutscher Lobbyisten gelten, die schulischen Naturwissenschaften explizit zum ideologischen Stoßkeil gegen die Umweltbewegung umzufunktionieren.¹⁵

Doch um derartige Kampagnen geht es im modernen naturwissenschaftlichen Unterricht gar nicht. Die wissenschaftsorientierten Curricula zielen vielmehr auf eine indirekte Vereinnahmung der Schüler für die Ideologie der Wissenschaftlichkeit, die sich vor allem auf die scheinbar rein sachliche Dokumentation naturwissenschaftlicher Probleme und deren aus der Alltagserfahrung heraus nur als genial erlebbaren (und tatsächlich ja auch auf den Kopf gestellten) Lösungen gründet. Die Art und Weise, in der das historisch akkumulierte Wissen einer jahrhundertealten Profession von den Fachvertretern als elementar nachvollziehbare (und womöglich auch noch nachzuerfindende) Einsicht präsentiert wird, kann bei den betroffenen Jugendlichen statt des erhofften „Verständnisses“ bestenfalls nur jene Unterwerfungshaltung reproduzieren, die offenbar auch schon den naturwissenschaftlichen Lehrern selbst im Rahmen eines ähnlich angelegten Fachstudiums eingepflanzt worden ist.

Nach dem oben Gesagten zielen die Inhalte, die Formen und nicht zuletzt auch die Sprache des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Tat auf nichts anderes als eine derartige Unterwerfung unter das sachliche Wissensmonopol der Wissenschaft. Je stärker die „Verwissenschaftlichung“ der Produktion und des gesamten gesellschaftlichen Lebens von jedem einzelnen diese Unterwerfung auch im Alltagsleben abfordert und je mehr die wissenschaftlich-technische Intelligenz nicht zuletzt auf diesem Wege Einfluß auf das herrschende Weltbild und die Schule gewinnt, desto mehr entfernt sich der naturwissenschaftliche Unterricht aus dem Bereich des alltäglichen Umgangs mit Natur und Technik in Richtung auf eine immer entfremdetere Wissenschaftsindoktrination.

¹⁵ Vgl. hierzu die Forderungen der CDU/CSU-Bundestagsfraktion in der Dokumentation zur „Technikfeindlichkeit oder Technikangst in der jungen Generation“, Bonn 1981.

Die Gewinner dieses Prozesses sind vor allem die „Bündnispartner“ der Wissenschaft in Wirtschaft und Politik. Aber auch die wissenschaftlich-technische Intelligenz selber profitiert hiervon, wenn auch weniger in materieller als in ideeller Hinsicht, verfügt sie doch in einer verwissenschaftlichten Welt zwangsläufig über ein höheres Prestige und eine erweiterte Mitsprachemöglichkeit in Bereichen expertokratischer Entscheidungsfindung.

Die naturwissenschaftlichen Lehrer und Fachdidaktiker fungieren aus dieser Sicht zwar nur als schulische PR-Agenten der wissenschaftlich-technischen Intelligenz, aber sie haben als pädagogische Fraktion dieser Intelligenz durchaus an dem allgemeinen Prestigezuwachs teil. Und das ist vermutlich der eigentliche Grund für ihre Bereitwilligkeit, die ihnen zugeordnete ideologische Funktion mehrheitlich tatsächlich auch zu übernehmen. Dies läßt sich am Beispiel der naturwissenschaftlichen Fachsprache noch einmal besonders anschaulich illustrieren.

Von der Sache her ist nämlich die naturwissenschaftliche Fachsprache lediglich eine professionelle Sprache, wie sie sich in jeder Spezialistenzunft zur Erleichterung der beruflichen Verständigung entwickelt. Zugleich aber ist sie immer auch Symbol der Zugehörigkeit zu einer solchen Zunft, und damit, falls diese Zunft ein besonderes soziales Ansehen genießt, ein Standes- oder gar ein Statussymbol. Nicht zuletzt diese Eigenschaft macht die ausgiebige Verwendung der Fachsprache für die Naturwissenschaftspädagogen so attraktiv. Denn gerade weil sie keine „echten“ Naturwissenschaftler sind, sich aber - nicht zuletzt durch ihre Ausbildung gefördert - gar zu gerne als solche verstehen, neigen sie dazu, sich mit den Statussymbolen der Wissenschaft überzuidentifizieren.

Das geht beispielsweise in der DDR soweit, daß die dortige Fachdidaktik letztlich sogar Sprache und Sache verwechselt, indem für sie die Wissenschaft maßgeblich in der Abbildung (bzw. Widerspiegelung) der Natur in Sprache besteht. Dementsprechend mißt sie den Reifegrad einer Wissenschaft primär an der klassifikatorischen Stringenz, Logik und Widerspruchsfreiheit ihrer Fachsprache, letztlich also an ihrem scholastischen Niveau (*Schmidt 1970, Wolfram 1970*). Der naturwissenschaftliche Erkenntnisfortschritt ist für sie weitgehend gleichbedeutend mit der Bildung zunehmend präziserer und abstrakterer Begriffe, die immer mehr zum „Wesen physikalischer Sachverhalte unter weitgehender Abstraktion von äußerlichen Merkmalen“ vordringen (*Göbel/Wünschmann 1979, S. 381*).

Indem sich die Naturwissenschaftsdidaktik im Rahmen ihrer Bemühungen um eine Methodik der Fachsprache die Systematisierung dieser Begriffe zur Aufgabe macht, leistet sie in ihrem Selbstverständnis einen durchaus eigenständigen Beitrag zur Wissenschaft und wird dadurch in gewissem Maße sogar selber zur Wissenschaft. Das aber kann dem Wissenschaftsverständnis der Fachdidaktik zufolge nur bedeuten, daß sie nun auch selber eine Fachsprache entwickeln muß. Nichts dokumentiert daher die ideologische Überhöhung der Fachsprache zum wissenschaftlichen Statussymbol deutlicher als die von *Werner Karsten* zur „objektiven Notwendigkeit“ erklärte (Weiter-)Entwicklung einer eigenen *physikmethodischen* Terminologie, zumal diese neben speziell didaktisch-methodischen Termini und zahlreichen Begriffen aus anderen Wissenschaften *Karsten* zufolge als „Teilmenge“ auch das gesamte (didaktisch geordnete) Begriffssystem der Bezugswissenschaft umfaßt (*Karsten 1976*).

Ein weiterer Beleg für die These, daß die Sprachfixierung der Naturwissenschaftsdidaktik eher Status- als Sachgründe hat, liefert die inhaltliche Analyse des schulischen Fachvokabelschatzes. So finden sich etwa im von uns untersuchten westdeutschen Lehrbuch Fachtermini, die sogar professionelle Naturwissenschaftler verblüffen dürften: Welcher Physiker wüßte schon auf Anhieb, was ein „Pronyscher Zaum“, eine „Sarosperride“, eine „Bourdonsche Röhre“, eine „Kapillaraszension“, ein „Thermistor“ oder ein „Vibrationsmeßwerk“ ist? Auch

stellt sich durchaus die Frage, ob man Sekundarstufenschülern mit der Unterscheidung von Hebel-, Brief-, Hängeschalen-, Senk-, Wasser-, Dezimal-, Tafel-, Gravitationsdreh- und Balkenwaagen (letztere auch noch in ihrer gleicharmigen und ungleicharmigen Version) wirklich einen Dienst erweist, und wenn ja, warum man dann nicht wenigstens gleich auch noch die Analysen-, Dreh-, Feder-, Haushalts-, Präzisions-, Schalen- und Torsionswaagen, wie sie die DDR-Schüler zusätzlich kennenlernen, hinzunimmt. Endgültig entlarvt sich schließlich die fachdidaktische Begriffshuberei in dem Befund, daß von den 2 000 bzw. 2 200 Fachvokabeln, die die Physikdidaktik den Jugendlichen beider deutscher Staaten zumutet, nur 650 übereinstimmen, während der Rest von 2 900 Begriffen, über 80 % des vereinten Vokabelbestandes also, lediglich in jeweils einem der beiden deutschen Physiklehrgänge Verwendung findet.

Die Schülerwirklichkeit: Formelfragmente und Satztrümmer

Auch wenn es vor dem Hintergrund der in beiden deutschen Staaten abgelaufenen fachdidaktischen Entwicklungsprozesse fast gelingt, die „Modernisierung“ des naturwissenschaftlichen Unterrichts ohne Einbeziehung des Faktors „Schüler“ zu erklären, das „Wohl des Schülers“ bei der Verwissenschaftlichung des Naturunterrichts also bestenfalls eine zweitrangige wenn nicht gar kontrastierende Rolle gespielt hat, so wird man das Thema nicht ohne einen Blick auf die Schulwirklichkeit abschließen können. Was deren sprachlichen Dimension betrifft, so lässt sie sich kaum treffender charakterisieren als durch die Wiedergabe eines Beobachtungsprotokolls, das die Aktivitäten des Schülers B. während einer Doppelstunde Elektrotechnik in einer ostfriesischen Berufsschule zum Gegenstand hat (*Rieß/Brämer 1979*):

B. lümmelt sich auf dem Stuhl, Kugelschreiber im Mund, guckt zur Tafel, guckt zur Wand, kratzt sich am Kinn, lacht, stützt den Kopf auf, lacht,

(für sich): „Feldlinien“

wackelt mit dem Fuß, schreibt mit dem Finger die Feldlinienrichtung in die Luft,
(Durchsage des Sekretariats über schulinterne Lautsprecheranlage)

legt den Kuli hin, hört der Durchsage zu, lacht, guckt zur Tafel, meldet sich,

„Schleifer oder Läufer“

(Antwort des Lehrers: Nein, nein)

„Hufeisenmagneten ach so“

nickt mit dem Kopf, lacht,

„Jetzt werden sie an 220 Volt angeschlossen ... zwei halbe Menschen“

stützt den Kopf auf, meldet sich unsicher, stützt den Kopf auf,

„2 Zentimeter, 2 Zentimeter“

(Lehrer stellt eine Aufgabe)

nimmt seine Schablone, zeichnet sofort los ins aufgeschlagene Heft, mißt, greift sich an den Kopf, kaut am Bleistift, schreibt das Ergebnis von der Tafel ab, wackelt mit dem Bein, meldet sich (kommt aber nicht dran), ißt ein grünes, mit grobem Zucker bestreutes Geleebonbon, stützt den Kopf in die Hand, lacht,

(Lehrer stellt eine Frage)

fängt wieder an zu zeichnen, kommt nicht weiter, guckt den Lehrer an, zeichnet weiter, mißt ab, lacht,

„Kommafünf“

meldet sich,

„Vom Magnetfeld des Leiters und des Hufeisenmagneten“.

B. guckt zur Tafel, spielt mit dem Bleistift,

(Lehrer stellt eine Aufgabe)

fängt an zu zeichnen, überlegt, guckt zur Tafel, zeichnet, guckt zur Tafel, stützt den Kopf auf, nimmt das *Fachbuch* aus der Tasche, blättert darin herum

(Lehrer kündigt das Nachholen einer ausgefallenen Rechenarbeit an)

"Scheiße ... Nächstes Mal wird es wieder schneien"

liest im Buch, betrachtet die Studenten, guckt an die Wand, schiebt ein Heft in die Tasche, guckt die Studenten an, kippelt mit dem Stuhl, legt den Arm auf die Fensterbank, guckt zur Tafel, trommelt mit den Fingern auf die Fensterbank.

B. stützt sein Kinn in die Hand, guckt zur Tafel, fast bewegungslos,

"von der Feldstärke ... äh ... von der Geschwindigkeit ... ja"

kratzt sich an der Nase, guckt zur Tafel,

„ von selber nicht, nee irgend 'ne Kraft entsteht, 'ne Kraft"

„He du " (zum Nachbarn)

„Elektrisch" (für sich)

ein neues Geleebonbon wird verspeist, steckt die Packung in die Tasche, stößt den Nachbarn an, weist ihn auf was hin, lacht, blättert im Ringbuch,

„ was sollen wir da machen"

blättert im Ringbuch, lustlos, beobachtet die Studenten und die Kommunikation zwischen dem Lehrer und den Studenten, baut vor sich eine Reihe Geleebonbons auf, redet mit dem Nachbarn,

„ich hab's irgendwie"

nimmt die Hände vor's Gesicht,

„jetzt weiß ich 's auch"

stochert mit dem Bleistift, guckt ins Buch, ißt ein weiteres Geleebonbon,

(zwei Mitschüler haben eine Sonderaufgabe übernommen)

„kriegen die was bezahlt?"

noch ein Geleebonbon, redet mit dem Nachbarn, malt ins Zeichenheft seines Nachbarn, kaut auf dem Bleistift,

"Meter mal Meter"

guckt an die Tafel, Geleebonbon.

B. schreibt von der Tafel ab in den Buchinnendeckel, wackelt mit dem Bein (hochfrequent),

"eine ... ist der angelegten Spannung entgegen"

trommelt mit dem Bleistift, guckt auf die Uhr,

(Lehrer führt Experiment vor)

guckt zum Experiment, streckt die Zunge heraus, lacht,

„weiß nicht, 220 mindestens"

verschränkt die Arme, guckt mit offenem Mund zum Lehrer, klappt die Augenlider auf und zu, schraubt seinen Tintenpatronenfüller auseinander, stößt den Nachbarn an und zeigt ihm die Bestandteile, lacht, klappert mit dem Reißverschluß seines Pullovers am Stuhl,

„das wissen Sie nicht!"

B. lacht, haut mit der Faust auf den Tisch, stößt den Nachbarn an, macht einen Scherz, stützt den Kopf in die Hand, kaut auf dem Fingernagel, hört dem Klassengespräch zu,

„stoßen sich ab"

macht eine erläuternde Handbewegung,

„wird angezogen"

guckt auf die Uhr, packt das Buch in die Tasche, packt seine Federtasche, spielt mit der Schablone, nimmt sie in den Mund, knabbert daran herum, klappert mit der Schablone auf dem Tisch,

(Lehrer erzählt von einem Kollegen, der wegen einer ständig elektrostatisch aufgeladenen Türklinke nicht mehr in diese Klasse wollte),

„hehe, is gar nich' verkehrt"

redet mit dem Nachbarn, guckt auf die Uhr,

„s wird auch Zeit“

steckt die Schablone ins Ringbuch, packt Federtasche und Ringbuch in die Tasche, kramt darin herum,

„doch“

meldet sich, reibt sich die Augen, grabbelt in seiner Jacke, rutscht unruhig hin und her, steckt die Arme hinter dem Stuhl in seine Jacke, zieht sich blitzschnell an,

(Lehrer beendet den Unterricht)

und ist schon aus der Klasse.

Hier sind sie also, *Wagenscheins* „Formelfragmente“ und „Satztrümmer“ - meilenweit entfernt von jener hochgestochenen Wissenschaftlichkeit, wie sie von den „modernen“ Lehrbüchern als didaktische Vorgabe für den Physikunterricht offeriert wird. Nicht viel anders - abgesehen vielleicht von der offenen Geleebonbonparade - dürften die Dinge auch in der DDR liegen, klagen die dortigen Fachdidaktiker doch immer wieder - ohne sich aber deshalb eines Besseren zu besinnen - über „Schwierigkeiten“ bzw. „grobe Mängel“ beim mündlichen und schriftlichen Gebrauch der Sprache (*Haspas 1967, Schmidt 1970, Postler 1974, Schmidt 1975, Holz u. a. 1978*).

Verbalismus und Vergessen

Diese Klage betrifft im übrigen nicht nur den Sprachstil, sondern vor allem auch die verwendete Begrifflichkeit, die ohne ständige Wiederholung offenbar nur allzu schnell vergessen wird (*Opherden 1972*). „Aber auch bei exakter Wiedergabe von Begriffen durch die Schüler zeigt sich oft, daß sie den Inhalt der Begriffe nicht ausreichend verstanden haben. Das ist nicht selten das Ergebnis eines mechanischen Einprägens, bei dem die Widerspiegelung der Wirklichkeit nicht auf ausreichenden Vorstellungen beruht. Die Folgen einer oberflächlichen Aneignung der physikalischen Begriffe sind u. a. Schwierigkeiten beim Erkennen theoretischer Zusammenhänge, beim Lösen physikalischer Probleme und Aufgaben, insbesondere beim Erklären physikalischer Erscheinungen und Vorgänge, beim Verstehen von Experimenten und nicht zuletzt beim Folgern, Voraussagen und Verallgemeinern“ (*Schmidt 1977*).

Die Fachsprache als Nadelöhr des naturwissenschaftlichen Unterrichts, so sieht es auch *Wagenschein*, nur daß er die Schuld für den hier von einem Vertreter des DDR-Volksbildungsministeriums implizit eingestandenen Bankrott des wissenschaftsorientierten Naturunterrichts nicht bei den Schülern, sondern bei den etablierten Vertretern seiner eigenen Zunft sieht. Deren hypertrophen Ansprüchen nämlich können die Schüler letztlich nur durch „Nachahmung“ gerecht werden, sodaß man sich am Ende nicht zu wundern brauche „über Verfremdung und Vergessen. Der Prozeß kann vielleicht verglichen werden mit der Abstoßung eines eingepflanzten körperfremden Organs“ (*Wagenschein 1970, S. 162*). Dabei ist ein wesentlicher Mechanismus dieses Abstoßens - abgesehen von der völligen Lernverweigerung - das Auswendiglernen: Man speichert das fremde Naturwissen lediglich im Gedächtnis ab, ohne es mit dem eigenen Weltbild in irgendeine Verbindung zu bringen. Spätestens nach Verlassen der Schule oder auch schon nach dem Verteilen der Zeugnisse werden dann diese Gedächtnisspeicher so schnell wie möglich entleert.

Je mehr sich die Betroffenen durch Notendruck und Konkurrenzdenken jedoch gezwungen sehen, sich auf das professionelle Naturbild einzulassen, um so mehr verstellt sich ihnen ihr spontan-empirisches Verhältnis zur natürlichen und technischen Umwelt, desto hilfloser werden sie im alltäglichen Umgang mit den Dingen. Die ursprünglich nur als Tauschwissen angeeigneten Lehrplanvorgaben verunsichern das eigene Naturbild ein und unterminieren des-

sen Gebrauchswert. Die damit verbundene allmähliche Verstellung des unmittelbaren Wirklichkeitszuganges zugunsten der Übernahme abstrakter Deutungskonzepte ist eine nicht selten zu beobachtende Begleiterscheinung „erfolgreicher“ Intelligenzsozialisation.

Glücklicherweise ist von derartigen „Erfolgen“ nur eine Minderheit der Schüler betroffen. Für die Schülermehrheit ist dagegen die Kluft zwischen der scholastischen Sprach-Natur der Schulphysik und der natürlich-technischen Alltagserfahrung so tief, daß sie gar nicht erst den Versuch machen, irgendeine naturwissenschaftliche Kompetenz zu erwerben. Das überlassen sie lieber den dafür vorgeblich „Begabten“, während sie selber sich so gerade durch die Arbeiten und Prüfungen durchwursteln.

In ihren Köpfen existiert neben einem oberflächlich angelernten Wust von Formeln und Begriffen das „vorwissenschaftliche“ Naturbild (siehe oben) unverändert weiter, um nach Beendigung der Schulzeit wieder die alleinige Regie über den alltäglichen Umgang mit Natur und Technik zu übernehmen: „Es lebt dann, wie die Erfahrung immer wieder bestätigt, unter dem flüchtigen und wenig beständigen Firnis der unverarbeitet übernommenen Erwachsenenbegriffe und Erwachsenenendekweise jene ursprünglich, den Kindern vertraut und heimisch gewordene und daher in ihnen fest haftende ‚physikalische Bildung‘ weiter, um schließlich nach Abstoßung der nur lose und rein gedächtnismäßig angenommenen Begriffe wieder durchzudringen und allein das weitere Denken der Kinder zu bestimmen“ (*Mothes 1956*).

Diese niederschmetternde Einsicht findet sich - übrigens zumeist auch in ähnlich widersprüchlicher Weise von einem Paradigmen- zu einem Generationsgegensatz verharmlost - vor allem bei denjenigen bundesdeutschen Fachdidaktikern, die über eine genügend lange Schulerfahrung verfügen. In der DDR wird sie zwar offiziell als „bürgerlich“ denunziert (*Manthei 1976*), doch zeigt das beständige Klagen der dortigen Fachdidaktik über den offenbar nicht zu beseitigenden "Formalismus" und „Verbalismus“ der Schüler, die den Stoff zwar verbal (eben als Sprachnatur) beherrschen, nicht aber wirklich „verstanden“ haben, daß die Dinge trotz aller didaktischen Kunstfertigkeit auch hier kaum anders liegen.

Faktor sozialer Auslese

Das in diesem Zusammenhang immer wieder fallende Stichwort „Verbalismus“ erinnert daran, daß aller bildungssoziologischen Erfahrung nach die Fähigkeit zur verbalen Erfüllung schulischer Anforderungen nicht unwesentlich von der sozialen Herkunft der Betroffenen abhängt. Damit stellt sich angesichts der weitgehend sprachlichen Anforderungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts abschließend die Frage, ob Unterschicht- bzw. Arbeiterkinder womöglich auch im naturwissenschaftlichen Bildungsbereich von vornherein mindere Chancen in der Konkurrenz um gute Noten und Abschlüsse haben.

Tatsächlich läßt sich sowohl im internationalen Vergleich als auch speziell für die (bundes-)deutschen Verhältnisse eine deutliche Abhängigkeit des naturwissenschaftlichen Lernerfolges von der Sozialschicht nachweisen (*Brämer 1981*). Entgegen der allgemeinen Erwartung ist der Grad der schichtenspezifischen Selektivität speziell des modernen Naturunterrichts sogar noch nicht einmal erkennbar geringer als der der Sprachfächer. Ausgenommen hiervon ist lediglich der vergleichsweise lebensnahe Biologieunterricht, während sich der

Physikunterricht als Prototyp schulischer Wissenschaftlichkeit durch um so signifikantere Zusammenhänge von Noten und sozialer Herkunft der Schüler auszeichnet¹⁶.

Aus der DDR sind zwar bislang keine entsprechenden Untersuchungen bekannt geworden, doch spricht nichts gegen die Annahme ähnlicher Zusammenhänge, zumal das DDR-Bildungssystem nachweislich die Kinder aus „gebildeten Elternhäusern“ protegiert (*Mende* 1970, *Meier* 1974, 1981). Hieran aber muß der naturwissenschaftliche Unterricht als charakteristischer Bildungsschwerpunkt der DDR-Einheitsoberschule maßgeblich beteiligt sein. Hinzu kommt, daß die fachsprachlichen Anforderungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts von Klassenstufe zu Klassenstufe nicht nur insgesamt, sondern in überproportionaler Weise gerade dort zunehmen, wo aller sprachsoziologischen Erfahrung nach Unterschichtkinder die größten Schwierigkeiten haben (*Bernstein* 1959, *Oevermann* 1972): Bei den Fremdwörtern, deren Anteil am Fachvokabelschatz sich von Klasse 7 bis Klasse 10 fast verdoppelt, sowie bei den abstrakten wissenschaftlichen Hilfsbegriffen und den abgeleiteten physikalischen Größen. Demgegenüber vermindert sich der Vokabelanteil der vergleichsweise anschaulichen technischen und Gerätebezeichnungen im selben Zeitraum auf die Hälfte.

Daß hüben wie aller Wahrscheinlichkeit auch drüben gerade die vielzitierten „Arbeiterkinder“ bevorzugt durch die Maschen des schulischen Auslesenetzes fallen, obwohl doch deren Eltern noch den vergleichsweise unmittelbarsten Zugang zur (produktiven Veränderung der) Natur haben, bestätigt einmal mehr die These von der fremden Künstlichkeit des schulischen Naturbildes. Indem Natur und Technik, wie sie sich im alltäglichen Handlungsumgang präsentieren, zur bloßen „Erscheinung“ abgewertet, zugleich aber die professionellen Paradigmen der wissenschaftlich-technischen Intelligenz zum „Wesen“ aufgewertet werden, verschafft sich eben diese Intelligenz den Nimbus jener höheren (und nicht nur anderen) Einsicht, die in der modernen Gesellschaft mehr und mehr zu Partizipation an der Macht berechtigt¹⁷. Daher verdankt das professionelle Naturparadigma seine Überhöhung zum Bestandteil der (im doppelten Sinne) herrschenden Kultur nicht zuletzt gerade jenen Eigenschaften, die den Unterschichtkindern bei seiner schulischen Aneignung so große Schwierigkeiten machen: Seiner scheinbaren Losgelöstheit von jedem Nützlichkeits- und Subjektbezug zugunsten übergreifend-abstrakter Einsichten sowie seiner hochelaborierten Fachsprache, die im Prozeß der ideologischen Modernisierung von der bloßen Spezialistensprache zum Prototyp technokratischer Kommunikation avanciert.

Literatur

Bernstein, Basil: Soziokulturelle Determinanten des Lernens. In: *PeterHeintze* (Hrsg.): *Soziologie in der Schule* (Sonderheft 4 der Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie). Köln 1959, S. 52 ff;

Brämer, Rainer: Weitanschauliche Erziehung als Grundposition der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik in der DDR. *Deutschland Archiv* H 8/1976, S. 847 ff.

¹⁶ Nach einer brieflichen Mitteilung von *Lothar Kreckler*, in der er seine in den Gesamtschulinformationen H2/1980 publizierten Untersuchungsergebnisse nach Fächern aufgeschlüsselt hat.

¹⁷ Hier drängt sich insofern eine politische Parallele auf, als im realen Sozialismus das Gesellschaftsbild der empirischen Arbeiterklasse ebenfalls als bloße „Erscheinung“ denunziert wird, während das „Wesen“ der gesellschaftlichen Entwicklung nur der „Avantgarde“, den professionellen Marxisten-Leninisten, zugänglich ist, die hiermit ihren Herrschaftsanspruch legitimieren.

Bösser, Bernd und *Klingelhöfer, Günter*: Zur Problematik des Aufbaus von Fachsprache unter besonderer Berücksichtigung der Fächer Mathematik und Physik. Unveröffentlichte Examensarbeit Marburg 1977.

Brämer, Rainer: Weitanschauliche Erziehung als Grundposition der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik in der DDR. Deutschland Archiv H 8/1976, S. 847 ff.

Brämer, Rainer: Das Weltbildprofil als Instrument -zur didaktischen Analyse naturwissenschaftlicher Unterrichtsmaterialien. Pädagogische Rundschau H 6/19 77, S. 486 ff.

Brämer, Rainer: Die relative Funktionalität der ideologischen Erziehung im allgemeinbildenden Unterricht der DDR-Oberschule. In: *Oskar Anweiler* (Hrsg.): Erziehungs- und Sozialisationsprobleme in der Sowjetunion, der DDR und Polen. Hannover 1978, S. 147 ff.

Brämer, Rainer: Naturwissenschaftlicher Unterricht - Gleiche Chance für alle? *physica didactica* H 1/1981, S. 41 ff.

Clemens, Hans: Sprechen Sie Physik? *Soznat* H 5/1979, S. 5 ff.

Daumenlang, Konrad: Physikalische Konzepte junger Erwachsener. Ihre Abhängigkeit von Schule und Familienkonstellation. Dissertation Nürnberg 1969.

Dietzel, Karl: Die Aufgaben des naturwissenschaftlichen Unterrichts in den nächsten Jahren beim schrittweisen Aufbau des einheitlichen sozialistischen Bildungssystems. *Physik in der Schule* H 4/1967, S. 146 ff.

Fuchs, Peter: Obskure Theorien als Unterrichtsgegenstand. *Soznat* H 3/1981, S. 7 ff.

Gau, Barbara: Zum Einsatz von Schülervorträgen im Physikunterricht. *Physik in der Schule* H 7/8 1980, S. 316 ff.

Göbel, Rudolf und *Wünschmann, Manfred*: Methodische Gesichtspunkte für das Bilden und Erarbeiten von Begriffen. *Physik in der Schule* H 9/1979, S. 378 ff.

Haspas, Kurt: Einige erkenntnistheoretische Fragen des naturwissenschaftlichen Experimentalunterrichts. *Physik in der Schule* H 4/1967, S. 173 ff.

Haspas, Kurt: Methodik des Physikunterrichts. Berlin 1970.

Holz, Helmut u.a.: Zur Auswertung der schriftlichen Reifeprüfung 1976/77 und zur Durchführung der schriftlichen Prüfungen 1977/78. *Physik in der Schule* H 1/2 1978, S. 15 ff.

Jung, Walter: Zum Problem von Schülervorstellungen. *physica didactica* H 4/1978, S. 231 ff.

Jung, Walter Schülervorstellungen von der Physik. *Naturwissenschaften im Unterricht* H 2/1979, S. 39 ff.

Karsten, Werner: Zur Definition physikalischer Begriffe im Physikunterricht. *Physik in der Schule* H 1/1970, S. 31 ff.

Karsten, Werner: Zur Fachsprache der Methodik des Physikunterrichts. *Physik in der Schule* H 7/8 1976, S. 301 ff.

Klaus, Georg: Einführung in die Formale Logik. Berlin 1979.

Kölmel, Reinhard: experimente als science fiction einer gesellschaftskonformen didaktik. *Soznat* H 1/ 19 8 1, S. 6 ff.

Kuhn, Thomas S. -. Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Frankfurt 1967.

Kuhn, Wilfried. Physik Band. 1. Braunschweig 1975.

Liebers, Klaus: Der Beitrag des Physikunterrichts zur Entwicklung des Denkens und der Sprache der Schüler. In *Manfred Wünschmann u. a.: Methodik des Physikunterrichts in der DDR und der UdSSR.* Berlin/Moskau 1978, S. 22 ff.

Maichle, Ulla: Schemata als Organisationsprinzipien beim Erwerb physikalischer Inhalte aus dem Bereich der Elektrizitätslehre. *Naturwissenschaften im Unterricht H 2/1979*, S. 33.

Manthei, Ursula: Spezielle Probleme bei der Wissensvermittlung und der Fähigkeitsentwicklung im Stoffgebiet Geometrische Optik. *Physik in der Schule H 4/1975*, S. 171 ff.

Manthei, Ursula: Über das naive Erklären physikalischer Sachverhalte durch 12- bis 13-jährige Schüler. *Physik in der Schule H 10/1976*, S. 431 ff.

Meier, Artur: Soziologie des Bildungswesens - eine Einführung. Köln 1974.

Meier, Artur: Bildung und Lebensweise der Schuljugend. In: *Wissenschaftlicher Rat für soziologische Forschung in der DDR (Hrsg.) - Lebensweise und Sozialstruktur - Materialien des 3. Kongresses der marxistisch-leninistischen Soziologie in der DDR.* Berlin 1981, S. 93ff.

Mende, Klaus-Dieter: Schulreform und Gesellschaft in der Deutschen Demokratischen Republik 1945 - 1965. Stuttgart 1970.

Mothes, Hans: Wie werden Naturerscheinungen vom Kinde selbst gedeutet? *Naturlehre H 2/1956*, S. 56ff.

Nolte, Georg und Brämer, Rainer: Chaos ohne Subjekt - Bildungszielvorstellungen akademischer Lehrerstudenten. In: *Rainer Brämer u. a.: Zwischen Wissenschaft und Gesellschaft (Reihe Soznat Bd. 2)* Marburg 1980, S. 71 ff.

Oevermann, Ulrich: Sprache und soziale Herkunft. Frankfurt 1972.

Opherden, Sigrid: Erfahrungen und Probleme bei der planmäßigen Wiederholung, Übung und Systematisierung im Physikunterricht. *Physik in der Schule H 2/1972*, S. 64ff.

Peterson, Jörg und Schimansky, Roger: Die Funktion von Erzeugerprozessen und ihr Einfluß auf den Lernerfolg der Schüler im Anfangsunterricht in den Fächern Biologie und Physik. Dissertation Berlin 1973.

Postler, Dr.: Stand und Aufgaben des Physikunterrichts bei der weiteren inhaltlichen Ausgestaltung der Oberschule. *Physik in der Schule H 6/1974*, S. 241 ff, hier S. 244 ff.

Pukies, Jens: Vorschlag für einen emanzipatorischen Unterricht der Naturwissenschaften. *päd. extra H 23/24 1975*, S. 19 ff.

Pukies, Jens: Das Verstehen der Naturwissenschaften. Braunschweig 1979.

Rieß, Falk und Brämer, Rainer: Physik in der Gegenperspektive. *Soznat H 4/1979*, S. 10ff.

Sachs, Wolfgang u.a.: Modernisierung im Klassenkonflikt - Versuch einer erziehungssoziologischen Erklärung der Verlaufsdynamik der Schulreform seit etwa 1964. Vervielfältigtes Manuskript, vorgelegt auf dem Deutschen Soziologentag Berlin 1979. In überarbeiteter Fassung erschienen in: *Hans-Günther Rolff: Soziologie der Schulreform.* Weinheim 1980, S. 27 ff.

Schmidt, Hartmut: Entwicklung geistiger Operationen im Physikunterricht. *Physik in der Schule H 6/1975*, S. 284 ff.

Schietzel, Carl: Schulbeispiele. Braunschweig 1978.

Schmidt, Siegfried: Zur Entstehung der physikalischen Fachsprache aus der Umgangssprache. *Physik in der Schule H 10/1970*, S. 441 ff.

Schmidt, Hartmut: Entwicklung geistiger Operationen im Physikunterricht. *Physik in der Schule H 6/1975*, S. 284 ff.

Schmidt, Helmut: Zum Stand und zu den Aufgaben des Physikunterrichts bei der weiteren inhaltlichen Ausgestaltung der Oberschule. Physik in der Schule H 6/1977, S. 225 ff.

Schmidt, Siegfried: Die Tätigkeit des Beschreibens im Physikunterricht. Physik in der Schule H 10/1980, S. 416 ff.

Voigt, Hans: Untersuchungen zum fachübergreifenden Aspekt des physikalischen Bildungsgutes. Habilitation Berlin 1968.

Wagenschein, Martin: Die Sprache im Physikunterricht. In Ders.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken Band II. Stuttgart 1970, S. 158 ff.

Wagenschein, Martin: Physikunterricht und Sprache. In Ders.: Die pädagogische Dimension der Physik. Braunschweig 1971, S. 130 ff.

Weerda, Jutta: Zur Entwicklung des Gasbegriffs beim Kinde. Naturwissenschaften im Unterricht H 3/1981, S. 90 ff.

Wolfram, Peter: Zur Wissenschaftlichkeit des Unterrichts im Fach Physik. Physik in der Schule H 7/1970, S. 185 ff.

Zietz, Karl: Physikalische Theorien bei Kindern. In: Bericht über den XV. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie. Jena 1937, S. 232 ff.