

ARBEITSKREIS BAYERISCHER PHYSIKDIDAKTIKER

# BEITRAG AUS DER REIHE:

Werner B. Schneider (Hrsg.)

## Wege in der Physikdidaktik

Band 4

ISBN 3 - 7896 - 0588 - 9

Verlag Palm & Enke, Erlangen und Jena 1998

### Anmerkung:

Die Bände 1 bis 5 sind (Ausnahme Band 5) im Buchhandel vergriffen.  
Die einzelnen Beiträge stehen jedoch auf der Homepage

<http://www.solstice.de>

zum freien Herunterladen zur Verfügung.

Das Copyright liegt bei den Autoren und Herausgebern.

Zum privaten Gebrauch dürfen die Beiträge unter Angabe der Quelle  
genutzt werden. Auf der Homepage

[www.solstice.de](http://www.solstice.de)

werden noch weitere Materialien zur Verfügung gestellt.

E. Kircher

## „Über Naturwissenschaften lernen“ - ein Überblick<sup>1</sup>

Die Forderung nach einer philosophischen Reflexion der Naturwissenschaften im Unterricht wurde bereits um die Jahrhundertwende erhoben. Pietzker (1898 zit. Grimsehl 1911, 6) vertrat die Auffassung: „Der naturwissenschaftliche Unterricht unserer höheren Schulen muß in einem mit der Klassenstufe steigenden Grade von philosophischem Hauch durchweht sein, sonst hat er wenigstens teilweise seinen Beruf verfehlt.“ Dieses übergeordnete Ziel „philosophische Reflexion der Naturwissenschaften“ wurde schließlich in Lehrplanrichtlinien festgehalten (Richert 1925). Litt (1959) begründete die Notwendigkeit dieses Ziels im Rahmen der Bildungstheorie. Zeitlich fast parallel zu dieser Diskussion in Deutschland liefen auch in den USA entsprechende Erörterungen auf der Grundlage von Deweys pädagogischen Auffassungen. Dort ist die Redeweise „learning about science“ (s. z.B. Aikenhead 1973) üblich; sie bezieht sich ursprünglich auf „philosophische“ Aspekte der Naturwissenschaften.

In den sechziger und siebziger Jahren wurde dieser Zielbereich „über Naturwissenschaften lernen“ in Form von Unterrichtsmaterialien für den Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe (z.B. Berger (1967); Hunger (1963); v. Oy (1977)) und für die Sekundarstufe I (Kircher u.a. 1975) konkretisiert. Derzeit finden sich allerdings nur Rudimente dieses thematischen Bereichs in den Lehrplänen der Sekundarstufe I und II, etwa den Modellbegriff oder die induktive Methode zu erörtern (s. z.B. den Lehrplan für Realschulen in Bayern, 1993).

Wie weit die mit diesen Unterrichtsmaterialien intendierten Zielvorstellungen auch realisiert wurden, ist unklar, weil über die Evaluation dieser Ziele wenig bekannt ist. Ansätze für eine solche Evaluation finden sich bei Kircher u.a. (1975), Baumgart u.a. (1982), Niedderer/Schecker (1982); insbesondere Meylings (1990) Untersuchungen verdienen Beachtung.

Im folgenden wird vor allem auf anglo-amerikanische Arbeiten zurückgegriffen; dort werden seit einigen Jahren die Ergebnisse und Probleme derartiger empirischer Untersuchungen lebhaft diskutiert (Gallagher 1991; Lederman 1992; Meichtry 1993).

In diesem Überblick wird skizziert, welche Ziele bisher zu dem thematischen Bereich „über Naturwissenschaften lernen“ vorgeschlagen wurden. Dann werden Material- und Methodenfragen sowie Untersuchungen über diesbezügliche Schüler- und Lehrervorstellungen erörtert. Schließlich werden Vorschläge gemacht, um derzeitige Defizite in der Bundesrepublik zu verringern.

---

<sup>1</sup>Überarbeitete Fassung von Kircher (1995, 237 ff.)

## 1 Verschiedene Zielaspekte von „über Naturwissenschaften lernen“

### 1.1 Erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Ziele

a) Im allgemeinen wird nicht zwischen erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Auffassungen unterschieden. Neuerdings wird die Auffassung vertreten, daß eine realistische Einstellung nicht grundsätzlich in Frage gestellt werden soll, - eine Auffassung, die auch bei Popper (1976, 76) zu finden ist: bestimmte erkenntnistheoretische Ziele (z.B. „Bedeutung der *Suche nach Wahrheit* für die Naturwissenschaften erkennen“) und Auffassungen (z.B. „Es existiert eine Welt außerhalb und unabhängig von unserem Bewußtsein“) stehen nicht zur Disposition.

Solchen erkenntnistheoretischen Zielen kommt eine größere Bedeutung zu als wissenschaftstheoretischen, wie z.B. „Was bedeutet eine *Erklärung* in der Physik?“; „Wie unterscheiden sich der *Theorie- und der Modellbegriff*?“. Daher könnte es künftig sinnvoll sein, zwischen erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Zielen zu unterscheiden. Die implizite pädagogische Zielhaltigkeit - zumindest bestimmter Erkenntnistheorien - blieb bisher auch in neueren theoretischen Beiträgen der Physik- bzw. Naturwissenschaftsdidaktik unerörtert (Hodson 1988; Jung 1989).

b) Für wissenschaftstheoretische Ziele liegen vielfältige Begründungen, sowie Zielformulierungen auf verschiedenen Ebenen vor.

Hunger (1971, 34) schlägt fünf thematische Bereiche vor:

- „physikalische Begriffe und Definitionen“,
- „physikalische Aussagen“,
- „physikalische Methoden“,
- „Theorien und Modelle“,
- „Naturwissenschaft und Wirklichkeit“.

Rubba nennt einige Eigenschaften der Naturwissenschaften, die die Schüler verstehen sollen:

*amoral, creative, developmental, parsimonious, testable, unified* und entwickelte dazu einen vielfach verwendeten Test (s. Rubba/Andersen 1978, 456). Diese wissenschaftstheoretischen Inhalte besitzen auch heute noch Relevanz für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Allerdings dürfte sich deren heutige Interpretation von derjenigen Hungers bzw. Rubbas unterscheiden (z.B. der mögliche Lerninhalt „die Entwicklung naturwissenschaftlicher Theorien“). Die American Association for the Advancement of Science (AAAS) hat 1989 in einem Bericht drei prinzipielle Komponenten von „nature of science“ formuliert:

*scientific world view*: the world is understandable, scientific ideas are subject to change, scientific knowledge is durable, and science cannot provide complete answers to all questions;

*scientific methods of inquiry*: science demands evidence, science is a blend of logic and imagination, science explains and predicts, scientists try to identify and avoid bias, and science is not authoritarian;

*nature of scientific enterprise*: science is a complex social activity, science is organized into content disciplines and is conducted in various institutions, there are generally accepted ethical principles in the conduct of science, and scientists participate in public affairs both as specialists and as citizens ;

(zit. nach Meichtry 1993, 431 f.).

Meyling (1990, 170) faßt verschiedene Argumente zusammen:

- „Wissenschaftstheoretische Reflexion im Unterricht hat eine
- (allgemein)bildende
- weltanschaulich, ideologiekritische
- methodische, lernpsychologische
- exemplarische
- kritische Funktion.“

Man kann diese „Funktionen“ auch als allgemeine Kriterien für eine didaktische Analyse, d.h. auch zur Stoffauswahl auffassen.

c) Obwohl in der naturwissenschaftsdidaktischen Theorie unbestritten, spielen erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Ziele in der Schulpraxis eine geringe, man kann sagen vernachlässigte Rolle, trotz engagierter Fürsprache etwa von W. Kuhn (u.a. Kuhn 1991). Vernachlässigt ist in der Bundesrepublik auch die diesbezügliche fachdidaktische empirische Forschung; Meylings (1990) sorgfältige Untersuchungen bilden die Ausnahme.

Aufgrund der zusammenfassenden Darstellungen von Lederman (1992) und Meichtry (1993) gewinnt man für den angelsächsischen Sprachraum einen etwas anderen Eindruck: es liegen umfassende Untersuchungen vor über die Vorstellungen der College-Studenten „about science“, über die entsprechenden Vorstellungen von Lehrerstudenten und Lehrern . Die Schulpraxis scheint sich allerdings in den USA nicht wesentlich von der in Deutschland zu unterscheiden (s. Gallagher 1991). Durch die Untersuchungen ist man allerdings in der Lage, Defizite zuverlässiger zu benennen.

## 1.2 Weitere Zielaspekte

Der Ausdruck „über Naturwissenschaften lernen“ umfaßt heutzutage zusätzliche „philosophische“ Aspekte. Die von AAAS (1989) genannte Komponente „nature of scientific enterprise“ betrifft das Beziehungsgefüge „Naturwissenschaft-Technologie-Gesellschaft“ (s. Häußler/Lauterbach 1976; Baumgart u.a. 1982; Aikenhead et al. 1987). Zu den erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Zielen kommen wissenschaftssoziologische hinzu.

Nicht erst seit der Aufnahme des Natur- und Umweltschutzes in Länderverfassungen und Lehrpläne tangieren ethische Ziele den naturwissenschaftlichen Unterricht. Die andauernden Diskussionen um die Nutzung der Kernenergie enthalten

physikalische, technische, ökonomische und ethische Argumente. Viel allgemeiner angelegt ist die Argumentation von Hans Jonas; für sein „Prinzip Verantwortung“ (Jonas 1984) ist gegenwärtig und in Zukunft insbesondere naturwissenschaftliche Bildung nötig. Es schließt den Natur- und Umweltschutz ein, aber auch die Bedeutung der Naturwissenschaften für eine weiter wachsende Weltbevölkerung. Beide thematischen Bereiche führen zu ethischen Problemen. Schließlich kann „über Naturwissenschaften lernen“ bedeuten, daß die wechselseitige Verflechtung von Naturwissenschaft und Politik thematisiert wird, etwa die „Deutsche Physik“ in der Nazizeit, der Versuch renommierter Physiker, eine Ächtung der Kernwaffen zu erreichen (u.a. „Göttinger Erklärung“ 1957), die weltweit kontroverse Diskussion des amerikanischen SDI-Projekts in den achtziger Jahren, die notwendige Friedenspolitik unter den derzeitigen technischen Möglichkeiten von Krieg und Frieden (s. z.B. Westphal 1992).

## **2 Allgemeine unterrichtsmethodische Fragen**

### **2.1 Spezielle Unterrichtseinheiten oder Jahreskurse?**

a) Im Unterrichtseinheitenansatz wird darauf vertraut, daß spezielle Unterrichtseinheiten mit entsprechenden Zielen und dafür geeigneten Lerninhalten auch zu erkenntnis- und wissenschaftstheoretischem Wissen und damit zusammenhängend zu erwarteten Haltungen und Einstellungen führen.

Die für die gymnasiale Oberstufe entwickelten Lehr- und Lerntexte (Hunger 1963; Berger 1967; v.Oy 1977) können als Unterrichtseinheiten verstanden werden, auch wenn sie sich im wesentlichen auf Sachstrukturdarstellungen beschränken. Über Art und Umfang der Verwendung dieser Texte liegen keine Publikationen vor, auch nicht über Lernerfolge bzw. Mißerfolge. Es ist zu vermuten, daß diese Materialien insgesamt wenig verwendet wurden, nämlich von der vermutlich geringen Anzahl der an diesen Fragen interessierten Lehrern.

Kircher u.a. (1975) versuchten, „über Physik lernen“ durch eine Unterrichtseinheit exemplarisch in der Sekundarstufe I zu thematisieren. Einen strukturell gleichartigen Ansatz (mit Real- und Black-Box-Experimenten sowie Informationen „über Naturwissenschaften“) verfolgte Carey et al. (1989) mit einem Beispiel aus der Chemie/Biologie (7. Jahrgangstufe). Carey et al. wiesen dabei nach, daß sich die Auffassungen der Schüler über die Natur bzw. über den Zweck der Naturwissenschaften änderten.

b) Meyling (1990) untersuchte in üblichen physikalischen Leistungskursen, wie sich explizite wissenschaftstheoretische Erläuterungen und Ergänzungen auf das Vorverständnis der Schüler auswirken. Er wendete dafür im Verlauf eines viersemestrigen Leistungskurses 24 Unterrichtsstunden auf; das entspricht etwa 7% der gesamten Unterrichtsstunden. Er kommt zu dem Ergebnis, daß durch einen derartigen Ansatz zum Teil erhebliche Veränderungen gegenüber dem Vorverständnis möglich sind (Meyling 1990, 326 f.).

c) In einer vergleichenden Untersuchung kommt Aikenhead (1973) zu dem Ergebnis, daß spezielle Unterrichtseinheiten nur dann so erfolgreich sind wie Jahreskurse mit wissenschaftstheoretischen Ergänzungen (wie z.B. Meyling 1990), wenn in den Unterrichtseinheiten dieses Wissen „about science and scientists“ explizit dargestellt ist (Aikenhead 1973, 545). Meichtry (1993) stellte eine relative Materialunabhängigkeit der Schülervorstellungen „über“ die Naturwissenschaften fest; aber inadäquate Materialien haben am wahrscheinlichsten negative Folgen (Meichtry 1993, 441). Dieses Ergebnis ist auf dem Hintergrund zu sehen, daß die meisten Schulphysikbücher ein wissenschaftstheoretisch uneinheitliches, eher unangemessenes Bild über Physik bzw. über Physiker vermitteln (Meyling 1990, 178 ff.; Hodson 1988, 20; Gallagher 1991, 121 ff.).

## **2.2. Das Bild der Naturwissenschaften**

Wie soll ein angemessenes explizit oder implizit zu vermittelndes Bild aussehen? Meichtry (1993, 436) stellt fest, daß es für das Lernziel „adäquates Bild der Naturwissenschaften“ keine standardisierte Definition gibt. Dieses Lernziel ist nur ungenau und heterogen festgelegt: Carey et al. (1989) versuchen durch ihre Unterrichtseinheit eine konstruktivistische Sichtweise einzuführen; für Lederman (1992) ist eine instrumentalistische Auffassung wünschenswert; Kircher (1995) hält ein realistisches Bild im naturwissenschaftlichen Unterricht für notwendig und damit zusammenhängend auch für adäquat.

Wegen dieser Heterogenität der Auffassungen lautet die allgemeine Antwort auf die obige Frage: Da das erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Bild über die Naturwissenschaften mindestens genauso vorläufig ist wie die Naturwissenschaften selbst (Lederman 1992, 352), müßte es in gewissen zeitlichen Abständen von Fachleuten revidiert werden. Angesichts der unterschiedlichen philosophischen Schulen dürfte schon ein Minimalkonsens schwierig zu erreichen sein. Dieses inhaltliche Problem, das die Unterrichtsziele und -methoden wesentlich tangiert, wird auch in anderen Arbeiten gesehen (Hodson 1988; Lederman 1992; Meichtry 1993).

## **2.3 Forschender Unterricht und andere Methoden**

Bisher ist unklar, ob stark experimentell ausgerichtete Methoden (z.B. forschender Unterricht) zu besseren Ergebnissen führen als sogenannte „traditionelle“ Methoden (Aikenhead (1973) erläutert diesen Ausdruck nicht näher). Hodson (1988, 34 f.) betrachtet es geradezu als paradox, daß das Ziel „learning about the nature of experimentation in science“ nicht notwendigerweise am besten über Laborarbeit erreicht werden kann. Überhaupt kann Laborarbeit im Rahmen des naturwissenschaftlichen Unterrichts schon deshalb unproduktiv sein, weil diese allzu vielen Zielen dienen soll (z.B. kognitiven, affektiven, psychomotorischen, sozialen Zielen). Man kann von einer „didaktischen Überfrachtung“ der experimentellen Methode sprechen.

Nicht traditionell naturwissenschaftliche Methoden, nämlich Simulations- und Rollenspiele, haben u.a. Kircher (1978) und Solomon (1991) vorgeschlagen, um über Naturwissenschaften zu lernen. Martin/ Brouwer (1991) plädieren für eine stärkere Berücksichtigung narrativer Elemente im naturwissenschaftlichen Unterricht. Die im Zusammenhang mit „über Naturwissenschaften lernen“ häufige Erwähnung der Geschichte der Naturwissenschaften (u.a. Lind 1982; Meyling 1990; Kuhn 1991) kann auch als narratives Element interpretiert werden. Diese Beispiele deuten an, daß eine notwendige unterrichtsmethodische Neuorientierung sich eher an pädagogischen und lernpsychologischen Argumenten orientieren muß als an neuen Interpretationen der Methoden der Naturwissenschaften.

### 3 Schülervorstellungen „über“ Naturwissenschaften

a) Die Vorstellungen der Schüler „über“ Naturwissenschaften werden allgemein als inadäquat charakterisiert (Lederman 1992, 335).

Verwirrend sind allerdings die Merkmale, die in Untersuchungen verwendet werden, um die Vorstellungen von Schülern und Lehrern bestimmten erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Richtungen zuzuordnen. Beispielsweise kann man aufgrund der Verwendung des Ausdrucks „beweisen“ nicht auf einen „absolutistischen“ Standpunkt schließen (Lederman/ O'Mally 1990). Insofern sind die Ergebnisse empirischer Untersuchungen von Vorstellungen „über“ die Naturwissenschaften kritisch zu betrachten.

Trotzdem muß man Lederman/ O'Mallys (1990, 235) Auffassung nicht teilen, daß drei Dekaden empirischer Forschung in diesem thematischen Bereich „bestenfalls peinlich“ sind. Denn die bei diesem thematischen Bereich auftauchenden Zuordnungsprobleme sind nicht nur eine Folge der verwendeten Untersuchungsinstrumente (Lederman/ O'Mally 1990), sondern sind ein Interpretationsproblem. Denn die von den Schülern verwendeten Ausdrücke mit erkenntnis- und wissenschaftstheoretischer Bedeutung werden vor allem im Rahmen der „Schülerphilosophie“, das heißt ihres von Sprache und Lebenswelt (zu der auch die Schule gehört) geprägten Vorverständnisses interpretiert. Dieses Interpretationsproblem scheint in den zitierten Arbeiten des angelsächsischen Sprachraums insgesamt unterschätzt zu werden. Vor dem Hintergrund dieser methodologischen Probleme ist die folgende Charakterisierung der Schülervorstellungen „über die Naturwissenschaften“ zu sehen.

b) Die erkenntnistheoretischen Auffassungen vieler Schüler wurden in früheren Untersuchungen als „absolutistisch“ beschrieben (s. Lederman 1992, 334). Dies wurde als ein Merkmal einer realistischen Sichtweise betrachtet (Rubba/ Anderson 1978). Auch die Untersuchung von Carey et al. (1989) bei Schülern der 7. Jahrgangsstufe führt zu der Folgerung, daß diese Schüler vor dem Unterricht (Carey et al. (1989)) naive Realisten sind, denn sie betrachten das Bild, das die Naturwissenschaften zeichnen, als wahrheitsgetreue Kopie der Welt. Meyling

(1990, 164) ordnet den Schülern seiner Untersuchungspopulation mehrheitlich ebenfalls ein realistisches Vorverständnis zu.

Schließlich sei noch die Untersuchung von Zeidler/ Lederman (1989) erwähnt, in der explizit eine erkenntnistheoretische Zuordnung im Zusammenhang mit einer sehr interessanten These Munbys (1976) vorgenommen wird. Munby geht davon aus, daß eine wissenschaftliche Sprache des Lehrers (bzw. eines Schulbuchs) zu realistischen Auffassungen der Schüler führt, während eine umgangssprachliche Darstellung der Naturwissenschaften eine (pragmatisch-) instrumentalistische Sichtweise hervorruft. Zeidler/ Lederman (1989) schwächen diese Hypothese etwas ab. Sie folgerten aus ihren Ergebnissen, daß die Sprache des Lehrers einen Kontext liefert, in dem die Schüler ihre Auffassungen über die Naturwissenschaften bilden. Weitere empirische Untersuchungen werden für notwendig erachtet, um die aus meiner Sicht interessante empirische Feststellung zu fundieren, daß Schüler aller Schulstufen zu realistischen Auffassungen tendieren können, aus welchen Gründen auch immer.

c) „Über Naturwissenschaften lernen“ wird in der Sek. I vor allem mit wissenschaftstheoretischen Fragen in einen Zusammenhang gebracht, d.h. mit Fragen über naturwissenschaftliche Methodologie im weiteren Sinne (z.B. Carey u.a. (1989): „Was ist ein Experiment?“).

Meylings (1990) untersuchungsmethodischer Ansatz liefert einen aspektreichen Überblick über Vorverständnisse seiner SII-Schüler zu einigen wichtigen erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Begriffen. Er faßt die Untersuchungsergebnisse wie folgt zusammen:

- 1) Schüler sind sehr am Begreifen der Realität interessiert.
- 2) Die Realität ist (im Rahmen unserer physikalisch-technischen Möglichkeiten) erkennbar.
- 3)a) Das physikalische Wissen besteht überwiegend aus unzweifelhaft wahren Aussagen über diese Realität.
  - b) Die Naturgesetze sind der sichere Kernbestandteil dieses Wissens.
  - c) Physikalische Theorien sind dagegen nur hypothetische, d.h. (noch) nicht eindeutig bewiesene physikalische Aussagen, die überwiegend der Erklärung dienen.
  - d) Modelle sind Abbilder der Realität, die vor allem der Veranschaulichung dienen.
  - e) Häufig werden Modellvorstellungen als Realität aufgefaßt.
- 4) Erkenntnisse gewinnt man nicht durch Spekulation/ Intuition, sondern empirisch (Beobachtung/Experiment) und/oder deduktiv durch Ableiten aus schon bekannten (Natur)gesetzen.
  - a) Das hypothetisch-deduktive Verfahren stößt weitgehend auf Ablehnung.
  - b) Das Schülervorverständnis spiegelt das unreflektierte Verfahren des physikalischen Normalunterrichts wider“ (Meyling 1990, 154 f.).



Die durch expliziten erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Unterricht hervorgerufenen Änderungen des Vorverständnisses beziehen sich vor allem auf eine positivere Einstellung gegenüber Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsgeschichte (s. Meyling 1990, 215 f.). Außerdem wird der Weg der Erkenntnisgewinnung nicht mehr „linear, sondern als ein komplexes Geschehen dargestellt“ (Meyling 1990, 326).

d) Neben solchen traditionellen, erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Fragestellungen wurde in der hinsichtlich der Untersuchungspopulation sehr umfassenden Studie (n=10800) von Aikenhead et al. (1987) auch über das Verhältnis von Naturwissenschaft-Technik-Gesellschaft und über vermutete Einstellungen von Naturwissenschaftlern nachgefragt. Dies entspricht der in dem Bericht von AAAS (1989) erwähnten Tendenz, „learning about science“ nicht nur auf wissenschaftstheoretische Aspekte zu beschränken, sondern auch die in Abschnitt 1.2. erwähnten wissenschaftssoziologischen Aspekte einzuschließen.

Fleming (1987, 185) faßt zusammen: Die Wechselwirkung zwischen Naturwissenschaft und Gesellschaft wird von den Schülern simplifizierend betrachtet: „Science (technoscience) should inform society in order to resolve socioscientific issues, issues which students perceived as technical problems; but society should inform in terms of science policy as it guides in research programs.“

Die Merkmale von Naturwissenschaftlern aus der Sicht der Schüler stellte Ryan (1987) dar. Deren Auffassungen über die Verantwortung der Wissenschaftler für ihre Entdeckungen sind geteilt. Je etwa ein Drittel der Schüler hält die Naturwissenschaftler bzw. die Nutzer von Entdeckungen für verantwortlich. Bei den Fragen nach Objektivität und Ehrlichkeit von Naturwissenschaftlern unterscheiden die Schüler zwischen den Merkmalen, die von den Naturwissenschaftlern bei ihrer Arbeit gefordert werden und den Merkmalen von Naturwissenschaftlern als Mensch. Eine dritte Sichtweise geht davon aus, daß Naturwissenschaftler inhärent ehrlicher und objektiver sind als andere gesellschaftliche Gruppen (Ryan 1987, 505).

e) Zusammenfassend kann man sagen: Für die Sekundarstufe I fehlen empirische Untersuchungen über erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Vorstellungen der Schüler weitgehend bzw. sind als recht vorläufig einzuschätzen (z.B. Carey et al. 1989). Für die Sekundarstufe II liegen aus neuerer Zeit zwei bemerkenswerte Untersuchungen vor: Meyling (1990) hat vielfältige Instrumente über einen langen Zeitraum eingesetzt, um das Vorverständnis der Schüler hinsichtlich einiger erkenntnis- und wissenschaftstheoretischer Aspekte zu erforschen. Er schlägt Langzeituntersuchungen vor, um mehr über die Stabilität des diesbezüglichen Schülervorverständnisses zu erfahren.

Aikenhead et al. (1987) haben in einer großangelegten Studie versucht, neben traditionellen wissenschaftstheoretischen Fragestellungen auch Probleme im Zusammenhang Naturwissenschaft-Technik-Gesellschaft zu erforschen. Sie

empfehlen für den naturwissenschaftlichen Unterricht „authentic science“ zu unterrichten mit einer Verbindung von Naturwissenschaft und Gesellschaft.

Ein weiterer Punkt erscheint bei diesen Untersuchungen bemerkenswert: die didaktische Frage i.e.S., wurde vernachlässigt: Welche Erkenntnistheorien, welche wissenschaftstheoretischen Positionen sollen erörtert oder vermittelt werden und warum?

Nach meiner Auffassung sollten im Unterricht die ursprünglich naiv-realistischen Auffassungen der Schüler weiterentwickelt werden in Richtung einer aktuellen Version des Realismus (z.B. Vollmer 1987; Putnam 1993).

#### **4 Lehrervorstellungen „über Naturwissenschaften“**

Im englischen Sprachraum wurden insbesondere in neuerer Zeit vielfältige Aspekte der Lehrervorstellungen „about the nature of science“ untersucht. Denn nachdem Curriculummaterialien nicht den erhofften Einfluß auf inadäquate Schüler- vorstellungen hatten, wurden als eine wesentliche Ursache die ebenfalls inadäquaten Lehrervorstellungen vermutet (Lederman 1992, 338 ff.).

Wie bei der Untersuchung der Schülervorstellungen zeichnet sich auch in den neueren Untersuchungen über Lehrervorstellungen ein Trend zu qualitativen Methoden ab, d.h. (u.a.) zu Interviews mit kleinen Populationen und eher längeren Beobachtungszeiträumen.

a) Brickhouse (1989) konnte in Fallstudien ( $n = 3$ ) zeigen, daß die Sichtweisen der Lehrer über Naturwissenschaften konsistent sind mit ihrem Verhalten im Klassenzimmer. Zuvor und danach haben Zeidler/ Lederman (1989), Lederman (1992) eine andere Auffassung vertreten. Deren Daten zeigen einen eher geringen Einfluß der entsprechenden Lehrervorstellungen auf das Klassenzimmer- verhalten dieser Lehrer: „ ... there appears to be some consensus among researchers concerned with the nature of science that the influence of teachers' concep- tions on classroom practice is mediated by a complex set of factors...“ (Lederman 1992, 353). Diese Untersuchungsergebnisse müssen nicht als direkt wider- sprüchlich aufgefaßt werden. Vielmehr zeigen die Ergebnisse die Möglichkei- ten und die Komplexität dieses Forschungsfeldes auf.

b) Gallagher (1991) stellte in seiner Untersuchungspopulation einen deutlichen Unterschied zwischen den allgemeinen Auffassungen der Lehrer über die Schule und deren Verhalten im Klassenzimmer fest. Letzteres ist stark von dem verwendeten Schulbuch geprägt. Da in diesen Büchern „about science“ ebenso bei- läufig behandelt wird wie in Deutschland, beschränkt sich der entsprechende Unterricht „about science“ auf wenige Unterrichtsstunden. Aber selbst dann, wenn die Curriculummaterialien die naturwissenschaftliche Methode in elaborierter Weise darstellten, betonten die Lehrer die sogenannten „Stufen der naturwissen- schaftlichen Methode“ (Gallagher 1991, 125), die aber in neuerer Sicht irrelevant sind (s. z.B. Feyerabend 1986).

Gallagher (1991) sieht die Ursache für dieses rigide Lehrerverhalten vor allem

in der Ausbildung der Lehrer. An den Hochschulen gibt es wenig Gelegenheit sich „about science“ zu informieren. Darüberhinaus ist auch in den USA ein ähnlicher Zeitdruck durch das Lernen der insgesamt schwierigen naturwissenschaftlichen Fachinhalte gegeben wie bei der Gymnasiallehrausbildung in der Bundesrepublik. Ferner scheinen hier wie dort Naturwissenschaftsprofessoren nicht allzuviel von derartigen Studien „about science“ zu halten. Dadurch entsteht bei den Hochschulabsolventen ein ungenaues und unangemessenes Bild der Naturwissenschaften (Gallagher 1991, 126). Dieses Bild geben Naturwissenschaftslehrer selbst dann nicht auf, wenn sie adäquates Curriculummateriale zur Verfügung haben<sup>2</sup>!

Durch Pomeroy's (1993) Studie scheint sich das Bild über Lehrervorstellungen abzurunden. Pomeroy untersuchte die Vorstellungen „about science“ von Naturwissenschaftlern, Sekundarstufen- und Primarstufenlehrern. Dabei fand sie, daß die Naturwissenschaftler und die Sekundarstufenlehrer zumindest öffentlich einen „traditionellen“ Standpunkt einnehmen. Das bedeutet hier, daß die Naturwissenschaften „objektiv“, „empirisch“ sind und das Ziel verfolgen, „die Natur zu beherrschen“ (Pomeroy 1993, 269).

Primarstufenlehrer dagegen weisen eine eher „nichttraditionelle“ Sichtweise auf. Diese ist vor allem dadurch gekennzeichnet, daß sie gegen die „baconische“<sup>3</sup> und gegen die positivistische Sichtweise der Naturwissenschaften gerichtet ist. Pomeroy (1993, 269) erklärt dies durch die tiefe Einführung („deep initiation“) der Naturwissenschaftler und Sekundarstufenlehrer in die Normen und Regeln der wissenschaftlichen Gemeinschaft.

Auch Munby's (1976) Hypothese über den Einfluß der Sprache paßt zu diesem Erklärungsmuster. Denn die oben aufgeführten Merkmale für die „traditionelle“ Sichtweise kommen auch in (naiv-) realistischen Auffassungen vor. Der Einfluß der wissenschaftlichen Gemeinschaft auf die Studenten beschränkt sich nicht nur auf die naturwissenschaftliche Methodologie (z.B. über die Art der Tätigkeiten in Praktika), sondern erfolgt auch über die Fachsprache (u.a. in den Lehrveranstaltungen). Diese „Disziplinarität des Faches“ bewirkt derzeit eher „traditionelle“ Auffassungen bei den Sekundarstufenlehrern. Insofern reicht der Einfluß der wissenschaftlichen Gemeinschaft über die Studienzeit hinaus und wirkt also auch dann noch, wenn diese Lehrer den Ort ihrer Initiation verlassen haben.

---

<sup>2</sup> Gallagher (1991, 125) erwähnt noch eine weitere, man kann sagen psychologische Ursache für das Festhalten an einem unangemessenen Bild der Naturwissenschaften: Naturwissenschaftslehrer verwenden die „Objektivität“ ihres Faches zur Unterscheidung von anderen Fächern wie Englisch und Sozialwissenschaften, die „subjektiver“ sind. Dadurch sind Naturwissenschaften nach Meinung ihrer Lehrer irgendwie „besser“ als andere Fächer. Diese Auffassung ist auch in deutschen Lehrerkollegien nicht unbekannt.

<sup>3</sup> Der Ausdruck bezieht sich auf Francis Bacon und sein Buch „Neues Organ der Wissenschaften“ (1620), in dem die induktive Methode beschrieben und propagiert wird.

c) Die Untersuchungen ergeben ein differenziertes Bild der Lehrervorstellungen „about science“ und deren Auswirkungen auf den Unterricht. In Koulaïdis/ Ogborn (1989) Untersuchung wurde die Sichtweise der Lehrer und Lehrerstudenten (n = 94) bestimmten erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Richtungen zugeordnet. Koulaïdis/ Ogborn nehmen an, daß neuerdings eine gewisse Verschiebung „induktivistischer“ Sichtweisen hin zu eher „Kuhnschen“ Sichtweisen aufgetreten ist. Sie weisen ferner auf Unterschiede zwischen Physik-, Chemie- und Biologielehrern hin. Von den Biologielehrern neigen z.B. ca. 26% zum „Induktivismus“, von den Physiklehrern nur ca. 7%. Insbesondere bei Sekundarstufenlehrern kann man mit einer „traditionellen“ Sichtweise rechnen. Diese kann sich auch auf die Auffassungen über Unterricht auswirken (Pomeroy 1993) und zu entsprechendem Verhalten im Klassenzimmer führen (Brickhouse 1989). Bei Primarstufenlehrern scheinen die Vorstellungen „über Naturwissenschaften“ weniger stabil zu sein; sie sind eher „nichttraditionell“. Der Unterricht in dieser Schulstufe wird weniger und eher implizit durch die Lehrersichtweisen „about science“ beeinflußt (Lederman 1992; Pomeroy 1993).

d) Wenn der vermutete, oben skizzierte Zusammenhang über die Entstehung der Lehrervorstellungen „about science“ zutrifft, müßte man an unterschiedlicher Stelle der Lehrerbildung ansetzen, um das auch bei deutschen Lehrern vermutete inadäquate Bild über die Naturwissenschaften zu ändern.

Bei Primarstufen- und Sekundarstufenlehrern mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt sollten erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Aspekte an geeigneten Inhalten explizit gelehrt werden (z.B. „über physikalische Objekte“, „über Hypothesen, Modelle, Theorien“, „über die Komplexität von Experimenten“). Ein beträchtliches Problem entsteht bei der Ausbildung von Gymnasiallehrern dann, wenn obiger (von Munby, Gallagher, Pomeroy angenommene) Zusammenhang zutrifft: Aufgrund der intensiven fachlichen Ausbildung bleibt kaum Zeit, um ergänzende Kurse „über Naturwissenschaften“ zu besuchen. Aber derartigen Kursen käme eine wichtige kompensatorische Funktion zu gegenüber „traditionellen“ Prägungen der naturwissenschaftlichen Disziplinen, die natürlich nicht pauschal abgelehnt werden. Die Forderung nach Lehrveranstaltungen „über Physik“ (bzw. „über Naturwissenschaften“) muß insbesondere dann erhoben werden, wenn Pomeroy's Hypothese zutrifft, daß die erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Sicht dieser Lehrer auch deren Auffassungen über naturwissenschaftlichen Unterricht beeinflußt. Aufgrund der gründlichen Einführung der Gymnasiallehrer in naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten können „traditionelle“ Einstellungen und Sichtweisen über Naturwissenschaften das künftige Lehrerverhalten prägen; dieses ist inkompatibel zu eigenwärtig pädagogischen Auffassungen über Schule. Für diesen Fall ist eine intensive Lehrerfortbildung nicht nur über diesen thematischen Bereich für die Lehrer zu fordern.

## 5 Zusammenfassende Bemerkungen

a) Die Vorstellungen von Schülern und Lehrern „über Naturwissenschaften“ sind inadäquat. In der Bundesrepublik fehlen diesbezügliche Untersuchungen weitgehend. Derartige Untersuchungen sollten vor allem durchgeführt werden, um gezielt Materialien für den Unterricht und für die Lehrerfortbildung entwickeln zu können.

b) Als Ursachen für inadäquate Schüler- und Lehrervorstellungen werden verschiedene Hypothesen vertreten.

Lernpsychologische Hypothesen gehen davon aus, daß inadäquate Schüler- bzw. Lehrervorstellungen durch inadäquate Informationen verursacht werden, die zuvor explizit in Lehr-/Lernsituationen dargeboten und verarbeitet wurden. Bei soziologischen Hypothesen wird angenommen, daß insbesondere die „Disziplinarität des Faches“, zu der auch die Verwendung einer Fachsprache zählt, zu inadäquaten Auffassungen „about the nature of science“ führt.

c) Eine Festlegung auf bestimmte wissenschaftstheoretische Positionen (z.B. auf konstruktivistische oder „Kuhnische“ Sicht) erscheint nicht sinnvoll, denn diese Wissenschaftstheorien sind mindestens genauso vorläufig wie die Wissenschaft selbst. Einige relevante wissenschaftstheoretische Positionen des modernen Relativismus (s. z.B. Kircher 1995, 73 ff.) sollten diskutiert werden.

Die Einschränkung der erkenntnistheoretischen Erörterungen im Physikunterricht auf realistische Auffassungen ist nach meiner Auffassung für die Naturwissenschaftsdidaktiken angemessen und sinnvoll. Da in den Untersuchungen teilweise bestätigt wurde, daß Schüler naiv-realistische Vorstellungen aufweisen, sollten diese Vorstellungen gemäß aktuellen Versionen des Realismus differenziert werden (z.B. Vollmer 1987; Putnam 1993).

d) Da auf die oben erwähnten soziologischen Faktoren nur begrenzt Einfluß genommen werden kann, bieten sich vor allem folgende Maßnahmen an, um inadäquate Vorstellungen bei Lehrern und Schülern zu ändern:

- Analyse und Revision der vorliegenden Schul- und Hochschulbücher und Lehrpläne im Hinblick auf überholte Auffassungen „über die Natur der Naturwissenschaften“.

- Aufnahme von erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Lehrveranstaltungen in die Physiklehrausbildung. Diese Lehrveranstaltungen sollten interdisziplinär sein und von Fachwissenschaftlern, Philosophen und Fachdidaktikern gemeinsam veranstaltet werden.

- Entwicklung von Materialien für die Lehrerfortbildung. In diesen sollte zwischen erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Problemkreisen unterschieden werden, weil den involvierten Zielen eine unterschiedliche Bedeutung zukommt. Außerdem sollten diese Materialien wissenschaftssoziologische, wissenschaftsethische und wissenschaftspolitische Problemstellungen enthalten.

## 6 Literaturverzeichnis

- Aikenhead, G.S.: The measurement of high school student's knowledge about science and scientists. *Sc. Ed.* 57(4), 1973, 539-549.
- Aikenhead, G.S. et al.: High-school graduates' beliefs about science-technology-society. I Methods and issues in monitoring student views. *Sc. Ed.* 71(2), 1987, 145-161
- Baumgart, U. u. a. : Übersicht über wichtige wissenschaftstheoretische Fragestellungen. *PU* 16, Heft 2, 1982, 5 - 18.
- Berger, P.: Philosophische Vertiefung des Physikunterrichts. Braunschweig: Vieweg, 1967.
- Brickhouse, N.W.: The teaching of the philosophy of science in secondary classrooms: case studies of teachers' personal theories. *Int. J. Sci. Educ.* 11, (4), 1989, 437-449.
- Carey, S. et. al.: 'An experiment is when you try it and see if it works': a study of grade7 students' understanding of scientific knowledge. *Int. J. Sci. Educ.*, 11, 1989, 514-529.
- Feyerabend, P.K.: Wider den Methodenzwang. Frankfurt: Suhrkamp, 1986.
- Fleming, R.W.: High school graduates' beliefs about science-technology-society. II. The Interaction among science, technologie and society. *Sc. Ed.* 71(2), 1987, 163-186.
- Gallagher, J.J.: Prospective and practising secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Sc. Ed.* 75(1), 1991, 121-133.
- Grimsehl, E.: Didaktik und Methodik der Physik. München, 1911. Reprint: Bad Salzdetfurt, 1977.
- Häußler, P./ Lauterbach, R.: Ziele naturwissenschaftlichen Unterrichts. Weinheim: Beltz, 1976.
- Hodson, D.: Toward a philosophically more valid science curriculum. *Sc. Ed.* 72,(1), 1988, 19-40.
- Hunger, E.: Die naturwissenschaftliche Erkenntnis. Bd. 1-3. Braunschweig: Vieweg, 1963
- Hunger, E.: Wissenschaftstheorie im Physikunterricht. In: Aufgaben und Wege im Philosophieunterricht, Heft 3, 1971.
- Jonas, H.: Das Prinzip Verantwortung. Frankfurt: Suhrkamp, 1984.
- Jung, W.: Philosophy of science and education. Vortrag, Internationale Tagung: Problemi aperti di didattica della scienz. Universität Salerno (Italien), 1989.
- Kircher, E. u. a.: Unterrichtseinheit 9.1: „Modelle des elektrischen Stromkreises“. *IPN Curriculum Physik für das 9. -10. Schuljahr.* Stuttgart: Klett, 1975.
- Kircher, E.: Studien zur Physikdidaktik - erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Grundlagen. Kiel: IPN, 1995.
- Koulaidis, V./ Ogborn, J.: Philosophy of Science: an Empirical Study of Teachers' Views. *Int. J. Sci. Educ.* 11(2), 1989, 173-184.
- Kuhn, W.: Die wissenschaftstheoretische Dimension des Physikunterrichts. In: Wiesner, H. (Hrsg.): Aufsätze zur Didaktik der Physik II. *Phys. did. Sonderausgabe: Franzbecker*, 1991b, 125-144.

- Lederman, N.G.: Students' and teachers' conceptions of the nature of science.: A Review of the Research. *Journ. of the Res. of Science Teach.*, 29(4), 1992, 331- 359.
- Lederman, N.G./ O'Malley, M.: Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Sc. Ed.* 74(2), 1990, 225-239.
- Lehrplan für die Bayerischen Realschulen KWMBI I So.Nr.1. München, 1993.
- Lind, G.: Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsgeschichte. *PU* 15 (2), 1982, 32-38
- Litt, T.: *Naturwissenschaft und Menschenbildung*. Heidelberg: Quelle und Mayer, 1959.
- Martin, B.E./ Brouwer, W.: The sharing of personal science and the narrative element in science education. *Sc. Ed.* 75 (6), 1991, 701-722.
- Meichtry, Y.J.: The impact of science curricula on students' views about the nature of science. *Journ. Res. Sc. Teach.* 30 (5), 1993, 429-443.
- Meyling, H.: *Wissenschaftstheorie im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe*. Dissertation Universität Bremen, 1990.
- Munby, H.: Some implications of language in science education. *Sc. Ed.* 60 (1), 1976, 115-124.
- Niedderer, H./ Schecker, H.: Ziele und Methodik eines wissenschaftstheoretische orientierten Physikunterrichts. *PU.* 15 (2), 1982, 58-71.
- Putnam, H.: *Von einem realistischen Standpunkt*. Einbek: Rowohlt, 1993.
- v. Oy, K.: *Was ist Physik?* Stuttgart: Klett, 1977.
- Pomeroy, D.: Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers and elementary teachers. *Sc. Ed.* 77 (3), 1993, 261-278.
- Popper, K.R.: *Logik der Forschung*. Tübingen, J.C.B. Mohr, 1976<sup>6</sup>.
- Richert, H.: *Richtlinien für die Lehrpläne der höheren Schulen Preußens 1. u. 2. Teil*. Berlin, 1925.
- Ryan, A.G.: High-school graduates' beliefs about science-technology-society. IV The Characteristics of scientists. *Sc. Ed.* 71(4), 1987, 484-510.
- Rubba, P.A./ Anderson, H.O.: Development of an instrument to access secondary school students' understanding of the nature of scientific knowledge. *Sc. Ed.* 62(4), 1978, 449-458.
- Solomon, J.: Teaching about the nature of science in the british national curriculum. *Sc. Ed.* 75(1), 1991, 95-103.
- Vollmer, G.: *Evolutionäre Erkenntnistheorie*. Stuttgart: Hirzel, 1987<sup>4</sup>.
- Westphal, W.: *Kriegsgegnertlicher Physikunterricht - ein fachspezifischer Beitrag zur Friedenserziehung in Schule- und Hochschule*. In: Häußler, P.(Hrsg.): *Physikunterricht und Menschenbildung*. Kiel: IPN, 1992, 55 - 76.
- Zeidler, D.L./Lederman, N.G.: The effects of teachers language on students' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(9), 1989, 771-783.