

Fischer, Hans Ernst

Scientific Literacy und Physiklernen

Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 4 (1998) 2, S. 41-52



Quellenangabe/ Reference:

Fischer, Hans Ernst: Scientific Literacy und Physiklernen - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 4 (1998) 2, S. 41-52 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-315116 - DOI: 10.25656/01:31511

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-315116>

<https://doi.org/10.25656/01:31511>

in Kooperation mit / in cooperation with:



IPN

Leibniz-Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften und Mathematik

<https://www.leibniz-ipn.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: pedocs@dipf.de

Internet: www.pedocs.de

Digitalisiert

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

HANS ERNST FISCHER

Scientific Literacy und Physiklernen

Zusammenfassung:

Die Forderung nach „naturwissenschaftlicher Ausbildung für die gesamte Bevölkerung“ wird in vielen Ländern neu diskutiert. Zentral ist die Annahme, daß in einer Welt, die durch Naturwissenschaften und Technik bestimmt wird, mit Hilfe der naturwissenschaftlichen Fächer und der Mathematik die Fähigkeit gefördert werden kann systematisch zu denken, Probleme zu lösen und am gesellschaftlichen Diskussionsprozeß entscheidungsrelevant teilnehmen zu können. In dieser Debatte über „scientific literacy“ spielt die Fähigkeit, in Inhaltsbereichen zu kommunizieren, die wesentlich von den Naturwissenschaften bestimmt werden, eine zentrale Rolle. Soll die Forderung nach Kommunikationsfähigkeit nicht Utopie bleiben, muß diskutiert werden, wie Kommunikation und Diskurs mehr als bisher üblich in naturwissenschaftlichen Unterricht integriert werden können. Dies gelingt u.a. dadurch, daß naturwissenschaftliche Arbeitsweisen wenigstens partiell zum Ziel und zum Organisationsprinzip des Unterrichts werden, da Kommunikation als ein notwendiger Bestandteil naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen angesehen werden kann. Sind die Voraussetzungen für Kommunikation gedacht, muß die Umsetzung unter den Bedingungen im Klassenraum untersucht werden. Bezogen auf Physikunterricht wird an Beispielen erörtert, wie die Wechselwirkung zwischen Alltagssprache, sich entwickelnder physikalischer Fachsprache und Bedeutungsentwicklung die Bedingungen für das Erlernen von Kommunikation im Physik-Klassenraum entscheidend prägen.

Abstract:

Recently, the demand for „scientific education for the people“ is discussed in many countries. It is assumed that in a world which is dominated by science and engineering, science and mathematics education at school become more and more important. To learn how to think systematically, and to solve problems in the field of the related subjects and to take part in a political discussion are some of the demands. This debate about „scientific literacy“ points out that communicating in a social domain which is characterised by science contents is one of the main abilities. If this claim should not be utopian we have to discuss how discourse and communication can become an integrated and natural part of science lessons. To use the way of scientific working, at least partially, as aim and organising principle of science classes is a good chance to realise this integration because communication is an indispensable part of scientific working. If the basis for communication is prepared it has to be studied in detail under classroom conditions. The interference between everyday language, the developing scientific language and the developing of meaning is shown in examples. Related to physics education it is demonstrated how basic scientific methods can partially become an aim and the guideline to organise physics lessons, integrating communication and discourse.

Scientific literacy

Der erziehungspolitische Anspruch an die Leistungsfähigkeit naturwissenschaftlichen Unterrichts wird in der englischsprachigen Literatur unter der Überschrift scientific literacy vielfältig und heterogen formuliert. Über rein fachliche Kompetenz hinaus sollen Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzt werden, gesellschaftlich relevante Diskussionen über Themen, in denen das jeweilige Unterrichtsfach eine Rolle spielt, zu verstehen und eventuell sogar

mitzugestalten (DeBoer & Bybee, 1995), um als autonome Persönlichkeit am gesellschaftlichen Leben teilnehmen zu können. Erziehungspolitische Forderungen und Ansprüche an schulischen Unterricht sind dabei allerdings in der Regel formuliert, ohne den lerntheoretischen Hintergrund der Forderungen zu beachten. Dies ist nicht verwunderlich, da bisher nur wenige Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Bedingungen schulischen Lernens im naturwissenschaftlichen Bereich und dem Erwerb sozialer Kompetenz, die an fachliches

Wissen gebunden ist, durchgeführt wurden (Fischer & Horstendahl, 1997).

Trotz dieser grundlegenden Schwäche des Ansatzes bezüglich der Evaluation ist scientific literacy in den USA zu einem zentralen Erziehungsziel der naturwissenschaftlichen Fächer geworden. Unter anderem die „American Association for the Advancement of Science“ (1989), die „Biological Science Curriculum Study“ (1990) und die „National Science Teacher Association“ (1990) geben scientific literacy sogar explizit als eine notwendige Fähigkeit an, sich in der zukünftigen Gesellschaft zurechtzufinden und diese weiterzuentwickeln. Forderungen in diese Richtung findet man in den Präambeln der Lehrpläne der Bundesländer in Deutschland (siehe z. B.: Richtlinien und Lehrpläne, 1993, 32). Zusammenfassend lassen sich die folgenden Forderungen nennen, die scientific literacy als Bildungsziel begründen:

- Moderne Industriegesellschaften benötigen naturwissenschaftlich und technologisch gebildete Arbeitskräfte, um in einem globalen Markt konkurrieren zu können.
- Individuen einer Gesellschaft benötigen selbst grundlegendes Wissen über Naturwissenschaften und Technik (individuelle Entscheidungsfähigkeit bezüglich Gesundheit, Energiegebrauch, Müllvermeidung, Transport, usw.), um als Individuen und Konsumenten effektiv handeln zu können.
- Naturwissenschaftliche Theorien sind eine große kulturelle gesellschaftliche Errungenschaft einer aufgeklärten Gesellschaft gegen Mystizismus und Obskurantismus und eine Herausforderung für das Individuum. Deshalb ist das Verstehen naturwissenschaftlich – aufklärerischer Ideen unabdingbarer Bestandteil der individuellen Entwicklung zu einem modernen Lebensstil.
- Bürger müssen in der Lage sein, gesellschaftliche Probleme naturwissenschaftlichen Inhalts zu verstehen, um an Diskussionen und demokratischen Entscheidungsprozessen teilhaben zu können.

(siehe auch Gräber & Bolte, 1997; Millar, 1996; Miller, 1997)

Eine Operationalisierung dieser allgemeinen Ziele für naturwissenschaftlichen Unterricht findet man u.a. bei Bybee, (1997, 54 ff) (siehe auch Jung, 1970, 15ff; Bingle & Gaskell, 1994). Naturwissenschaftlicher Unterricht soll danach Gelegenheit bieten, grundlegende Phänomene kennenzulernen, die als Basis für naturwissenschaftliche Systematisierung und die Entwicklung naturwissenschaftlicher Konzepte als eine Möglichkeit abstrakten Denkens dienen können. Es sollten die historischen Wurzeln deutlich werden und wissenschafts- und erkenntnistheoretische Probleme der Naturwissenschaften in Ansätzen und dem Alter der Schülerinnen und Schüler angemessen entwickelt werden, der Unterricht soll naturwissenschaftliche Arbeitsweisen als Organisationsprinzip und Unterrichtsziel enthalten, da Diskurs und Theoriebildung als wesentlicher Bestandteil dieser Arbeitsweisen angesehen werden können. Darüber hinaus sollen Präsentation und Argumentation geplant durchgeführt werden, um letztlich auf der Grundlage des erlernten Wissens autonom am gesellschaftlichen Diskussionsprozeß über Themenbereiche teilnehmen zu können, in denen naturwissenschaftliche Konzepte zur aktuellen Problemlösung und zur Zukunftsplanung benötigt werden. Pädagogische und gesellschaftliche Forderungen nach allgemeiner Bildung (Hentig, 1993, 183) werden so auf Fachunterricht angewandt. Trotz der bereits genannten Präambeln der Lehrpläne wird in der deutschen Unterrichtspraxis dagegen mehr das Ineinandergreifen mehrerer, auf das Fach beschränkter Ebenen des Wissenserwerbs, wie Wissen zu Fakten, Konzepten, Prozeduren und innerfachlichen Zusammenhängen bevorzugt. Die Ergebnisse von TIMSS und TIMSS-Video weisen sowohl auf Probleme der Unterrichtsform, als auch auf geringe vertikale und horizontale Vernetzung der Unterrichtsinhalte hin. Im folgenden soll für das Fach Physik exemplarisch gezeigt werden, daß auch zum Erreichen der sozialen Kompetenz „Kommunikationsfähigkeit“, die bei der oben genannten Operationalisierung eine besondere Rolle spielt, sowohl über die Unterrichtsform als auch über Kommunikationsverhalten nachgedacht werden muß.

Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen

Angesichts der Ergebnisse von TIMSS für die Sekundarstufe I (Baumert et al., 1997; Beaton et al., 1996) erscheint die Forderung an bis zu 16jährige Schülerinnen und Schüler, mehr als nur einfache naturwissenschaftliche Zusammenhänge zu verstehen oder sogar das naturwissenschaftliche Wissen im Diskurs zu benutzen, eher utopisch. Es ist deshalb mit Shamos (1996, 44) zu bezweifeln, daß mit zur Zeit in den Industrieländern praktiziertem Unterricht die oben genannten Ziele umfassend, in den meisten Ländern auch nur annähernd, erreichbar sind. Allerdings sind Unterschiede zwischen Unterrichtsstilen in einzelnen Ländern und der Leistung in Mathematik zu erkennen. Nach bisher veröffentlichten Ergebnissen der TIMSS-Video-Untersuchung (Baumert et al., 1997) wird deutlich, daß es sehr spezifische und von den Lehrerinnen und Lehrern der einzelnen Länder immer wieder angewandte Abläufe, sog. Drehbücher, für Mathematikunterricht in Deutschland, Japan und den USA gibt. Der auf das Ergebnis ausgerichteten Engführung der Lösungsentwicklung in Deutschland steht die konstruktivistische Öffnung des Lösungsfindungsprozesses im japanischen Mathematikunterricht gegenüber. Mathematikunterricht in Deutschland wird typischerweise fragend-entwickelnd organisiert (Baumert, et al., 1997, 201). Nach Hage & Bischoff (1985) sowie unter Berücksichtigung der wenigen Neueinstellungen in den Schulen seit 1985 und der eigenen Erfahrungen mit Schulpraktika für Studierende und Lehrerfortbildung spricht viel dafür, daß auch der Physikunterricht in Deutschland häufig dem fragend-entwickelnden Drehbuch folgt und damit wenig zur Bildung von Fähigkeiten im Rahmen von scientific literacy beiträgt. Eine neuere Untersuchung hierzu liegt nicht vor. Mit den Befunden von TIMSS, die Leistungen deutscher Schülerinnen und Schüler international werden als eher mittelmäßig beschrieben, ergibt sich für naturwissenschaftlichen Unterricht die Frage: Wie muß Unterricht organisiert sein, damit in ihm gemeinsames Han-

deln, Sprechen über naturwissenschaftliche Inhalte in sozialen Kontexten und das Lösen neuer Probleme auf der Basis des hierzu notwendigen Wissens geübt werden kann? Lehrerzentrierter Unterricht kann nur partiell helfen, betrachten wir die Möglichkeiten eines einzelnen Schülers oder einer Schülerin zu kommunizieren. Bei etwa 30 Gesprächsteilnehmern und nach Abzug nicht für Kommunikation geeigneter Unterrichtsphasen kommen wir bei homogener Verteilung der Sprechzeit auf etwa 1 Minute pro Schülerin, Schüler und Lehrer. Naturwissenschaftlicher Experimentalunterricht bietet dagegen eine besondere Chance, die Unterrichtszeit für Schülergespräche zu öffnen. In den folgenden Abschnitten wird dargestellt, wie Kommunikation in den Physikunterricht integriert werden kann.

In naturwissenschaftlicher Forschung notwendige Prozeduren, wie u.a. das Formulieren einer Hypothese, das Kontrollieren von Variablen, das Interpretieren von Daten, operationelles Definieren, Experimentieren, Systematisieren aus einer Abfolge theoriegeleiteter Experimente, Erklären und Modelle bilden, sind auf Kommunikation und Diskurs angewiesen (Bybee, 1997; BLK-Expertise, 1997). Werden diese Prozeduren für Unterricht operationalisiert, so wird Kommunikation unter Schülerinnen und Schülern und mit dem Lehrer oder der Lehrerin als Experten unverzichtbare Grundlage der Bedeutungskonstruktion und Handlungsregulation im Physik-Klassenraum (Lunetta, im Druck; Millar & Driver, 1987). Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer kann die oben genannten Prozesse, Diskurs eingeschlossen, aber nicht nur zum Ziel haben, sie sind auch Organisationsprinzip der Unterrichtsführung. Am Beispiel des Experimentalunterrichts ist dies leicht einzusehen. Er wird üblicherweise in eine Planungs- und Gestaltungssequenz (Aushandeln von Hypothesen), Durchführungssequenz (Experimentieren), Analyse- und Interpretationssequenz (Diskussion der Ergebnisse), Anwendungssequenz (Bearbeitung eines neuen Problems, neue Hypothesen) und Präsentationssequenz unterteilt (Fischer & Breu-

er, 1997, 10ff.). Nach Lazarowitz & Tamir (1994) können Schülerinnen und Schüler in diesen Unterrichtsphasen an das Material gebundene Erfahrungen machen und neben organisatorischen und denkerischen Fähigkeiten auch fachspezifische experimentelle und manipulative Fähigkeiten entwickeln. Darüber hinaus werden sowohl allgemeine wissenschaftliche Werte wie Vertrauen in die Messung, Verantwortung, usw. thematisiert, als auch wissenschaftliche Handlungsmuster wie Kollaboration, Interpretation, usw. im Diskurs erprobt. Experimentierphasen ohne inhaltliche und strukturelle Einbindung in einen größeren naturwissenschaftlichen Kontext (vertikale Vernetzung) und ohne geplanten Diskurs können dagegen höchstens manuelle Geschicklichkeit im Umgang mit diversen, sehr speziellen Apparaten und das Vermögen fördern, Arbeitsanweisungen sequentiell abzuarbeiten (Lunetta, im Druck; Hucke & Fischer, 1997). Der kommunikative Umgang mit eigenen Ideen ist deshalb ein wesentlicher Aspekt der in den naturwissenschaftlichen Fächern anzustrebenden Lernprozesse. Die Schülerinnen und Schüler sollten die Möglichkeit haben, sowohl untereinander (unter Anleitung des Lehrers oder der Lehrerin) als auch im Plenum die eigenen Ideen ausgiebig zu erklären, Voraussagen zu machen und einen Zusammenhang herzustellen zwischen der eigenen experimentellen Tätigkeit und Ereignissen, die sie beobachtet haben, früher selbst geäußerten Ideen und von Experten autorisierten Ideen. Ziel sollte es sein, alternative Erklärungen für die Beobachtungen und nicht erwartete Daten zu finden, die neu entwickelten eigenen Ideen oder übernommene im Gedankenexperiment zu testen und Änderungen der eigenen Ideen zu konstatieren. Die Komplexität der didaktischen Rekonstruktion physikalischer Theorie im Unterricht muß bei diesem Prozeß allerdings die Komplexität der möglichen Erklärungen der Schülerinnen und Schüler berücksichtigen und ihre Weiterentwicklung fördern (Fischer, 1994, 74ff.), eine Voraussetzung für die Erfahrung der eigenen Kompetenz in schulischen Lernprozessen.

Sprache und Wissen als notwendige Bedingungen selbstbestimmter Handlungsorganisation

Diskurs oder Kommunikation zu ermöglichen, erfordert vom Lehrer oder der Lehrerin zusätzliche Planung und die Berücksichtigung besonderer Bedingungen des Erwerbs der Fachsprache. Es ist davon auszugehen, daß sich Alltagssprache und physikalische Fachsprache in getrennten Erfahrungsbereichen mit grundlegend unterschiedlichen Bedeutungsfeldern entwickeln. Lazarowitz (1997) betont besondere Ausprägungen der Kommunikation je nach Akzeptanz der Situation. Nach Heritage (1990) entsteht in institutionellen Situationen eine innere Mehrsprachigkeit (siehe auch Lichtfeldt, 1994, 139). Da im Physik-Experimental-Unterricht der Charakter der Situationen wechseln kann (entweder ist er vom Lehrer geprägt oder ohne Lehrer eher privat, alltäglich), ändern Schülerinnen und Schüler ihren Sprachgebrauch entsprechend. In der einen Situation wird die Fachsprache benutzt, in der anderen die Alltagssprache, mit jeweils unterschiedlicher Bedeutungszuweisung, da sich die Kontexte subjektiv geändert haben. Ein spezielles Problem des Physiklernens besteht darin, daß in den unterschiedlichen Erfahrungsbereichen Alltag und Physikunterricht teilweise die selben Wörter benutzt werden können. Aus dem Alltag bekannten Wörtern muß, häufig kontraintuitiv, eine neue physikalische Bedeutung zugewiesen werden. Die Wörter „Kraft“, „Energie“ oder „Strom“ sind inzwischen allseits bekannte und berüchtigte, da unterrichtsresistente Beispiele (Duit, 1986). Nach Seiler (1985) entsprechen die zugehörigen Bedeutungsbereiche idiosynkratischen Minitheorien, die sich in Alltagssituationen bewährt haben. Die Beziehung zwischen Physiklernen und Sprache läßt sich durch die folgenden Fragen charakterisieren:

- Wie werden Bedeutungen in physikalischen Inhaltsbereichen sprachlich ausgedrückt?
- Welche Beziehung besteht zwischen Bedeutung, sprachlichem Ausdruck und Handlungsorganisation?

Da partiell eine neue (Fach-)Sprache erlernt werden muß, deren Bedeutung nicht aus der Alltagssprache erschlossen werden kann, muß die Bedeutung zusammen mit dem Gebrauch der neuen Wörter entwickelt und in der Handlung (im Diskurs) erprobt werden.

Bei der Analyse von Videomitschnitten von Physikunterricht wird deutlich, daß sich Lehrerinnen und Lehrer und Schülerinnen und Schüler in diesem Prozeß des Aushandelns von Bedeutungen grundlegend mißverstehen können. Die Kommunikation zwischen Lehrer und Schüler ist zwangsläufig inkommensurabel, wenn nicht beachtet wird, daß den selben Wörtern von Schülerin und Schüler und Lehrerin und Lehrer unterschiedliche Bedeutungen zugewiesen werden (Klaassen & Lijnse, 1996, 125). Das Erlernen der physikalisch adäquaten Fachsprache muß deshalb geplant und in inszenierten und kontrollierten Kommunikationssituationen ermöglicht werden, und die Interpretation eines von den Schülerinnen und Schülern produzierten Textes ist eines der Grundprobleme, die ein Lehrer oder eine Lehrerin im (Experimental-) Unterricht lösen muß, wenn Schülerinnen und Schülern bei der Entwicklung ihrer Ideen geholfen werden soll. Dabei treten prinzipielle Probleme auf, die durch die folgenden Unterrichtsszenen verdeutlicht werden sollen: (1) Bei ihrer Kommunikation in der Arbeitsgruppe benutzen Schülerinnen und Schüler nur wenige physikalische Wörter und die Bedeutungszuweisung ist nicht sofort zu erkennen, (2) Experimentierphasen brechen häufig ab, weil Schülerinnen und Schüler die eigenen Handlungsziele nicht mehr generieren können, wenn Lehrerinnen und Lehrer nicht kommunikativ eingreifen und (3) die Sprache der Schülerinnen und Schüler ändert sich je nach Kontext.

In den folgenden Transkripten gelten die Transkriptionsregeln: Unterstrichene Passagen werden betont, an ?...?- Stellen war der Text nicht zu verstehen, AB, MA und CH sind Schülerinnen und Schüler, MA (:AB) bedeutet, MA sagt etwas zu AB, ... ist eine Pause von mehr als 3s, und Beschreibungen der Situation stehen in Klammern. Der Text

ist bei idiomatischen Besonderheiten (Verschlucken von Endbuchstaben oder Endsilben usw.) geglättet.

Szene 1

(Kommunikation in der Arbeitsgruppe)

Die erste Textpassage stammt aus Untersuchungen zur Komplexität von Schülerideen im Experimentalunterricht, der nach den genannten Regeln naturwissenschaftlichen Arbeitens organisiert war (Fischer & Breuer, 1997). Die Schülerinnen und Schüler einer 10. Klasse führen Experimente im Unterricht zur Elektrostatik durch, sie wollen ein Elektroskop aufladen, ohne es mit der geladenen Folie zu berühren. Die Szene stammt aus der 4. Doppelstunde, das Elektroskop, die Glimmlampe und alle anderen Geräte, mit denen die Schüler im Unterricht umgehen, sind vom Lehrer eingeführt. Die Wörter Ladung, positiv, negativ sind ebenfalls vom Lehrer erklärt worden.

(Eine PVC-Folie wird geladen und über ein entladenes Elektroskop gehalten)

AB: Also wir haben jetzt hier die Folie gehabt. (Führt die Folie über das Elektroskop, ohne es zu berühren) ?...? Um hier unten ?...?

(Der Zeiger schlägt aus, das Elektroskop wird durch Berühren des Elektroskoptellers geerdet, der Zeigerausschlag geht zurück und ändert sich nicht mehr)

MA: Und zwar an der Seite wo es übertragen wird. ... Und jetzt entladen wir das Ganze. (Berührt das Elektroskop an der Seite mit seiner Hand, an der die Folie angenähert ist.) Und machen den Versuch noch mal. ... Da oben ran. (AB hält die Folie über das Elektroskop, nichts passiert, AB reibt die Folie noch einmal und wiederholt dann den Versuch).

AB: Obwohl doch, das blitzt jetzt doch. Aber ich glaub, das kommt, weil du in den Bereich der Folie kommst (hält eine Glimmlampe an das Elektroskop, die Folie befindet sich in der Nähe der Glimmlampe).

MA:(:AB) Ähhh, halt mal dran. (AB hält die Glimmlampe an das Elektroskop)...

(Die Glühlampe leuchtet, der Zeiger des Elektroskops bewegt sich nicht.)

AB: Doch ist doch am ?...? ... Aber da hat sich nichts verändert. ...

MA: Das ist ja stark.

AB: Ach doch. ... Ähh.

MA: Nimm die mal weg. (Die Folie, die AB immer noch über das Elektroskop hält, MA und AB beobachten gespannt das Elektroskop.) ... Damit haben wir doch wieder den Effekt.

AB: Ja, aber den wollten wir doch eigentlich nicht haben.

MA: Den haben wir aber.

AB: Dann eben ... dann eben nicht.

MA: Das ist das warum meine Erklärung von eben nicht hingehauen hat, weil ich meine, daß dieser Effekt (Zeigerausschlag) (deutet auf das Elektroskop) entsteht (dauerhaft bleibt, nachdem die Folie wieder entfernt wurde).

AB: Ja, aber eben entstand der Effekt doch nicht. (Der Zeigerausschlag läßt sich nicht reproduzieren).

MA: Den kann man damit jetzt aber wieder erklären. ... Irgendwie kann man das erklären. (AB hält die aufgeladene Folie über das Elektroskop, sucht in seinem Laborheft herum) ...

CH: (:MA) ?...? (Schaut ins Laborheft, AB zieht kurzfristig Folie wieder weg, hält sie gleich danach jedoch wieder über das Elektroskop.)

AB: Also jetzt müßte ... wenn die (die Folie in seiner Hand) hier negativ ist, müßte das jetzt ... äh ... ähm ,nen Protonenüberschuß sein und wenn Du da (hält die Folie kurz an das Elektroskop) ran gehst, geht das ja weg (Beginn einer physikalischen Erklärung).

Die interagierenden Schüler verstehen sich in ihrer Alltagssprache. Der Versuch wird mit gegenseitigen Kommentaren durchgeführt und es werden letztlich nicht visuell wahrnehmbare physikalische Vorgänge beschrieben. Z.B. werden Ladungen verschoben und registriert und ihre Polarität wird bestimmt. Für einen hinzukommenden Lehrer wäre die Situation nicht ohne längere Beobachtung zu

verstehen. Neue physikalische Wörter, die die physikalische Beschreibung erleichtern würden, sind für die Schüler nicht notwendig. Die Kommunikation der Schüler bewegt sich auf dem niedrigst möglichen Komplexitätsniveau (Fischer, 1989, 30), das sich in ähnlichen Situationen bewährt, d.h. zur Zustimmung eines Interaktionspartners geführt hat. In diesem Fall wird mit den physikalischen Eigenschaften von Ladungen argumentiert. Die Spielregeln werden durch die Funktionen „Zustimmung“ und „Ablehnung“ gekennzeichnet, und wesentliche sprachliche Elemente werden durch Gestik und Mimik ersetzt. Die Schüler unterhalten sich auf diese Weise darüber, was eine geladene PVC-Folie bewirkt, wenn man sie über ein ungeladenes Elektroskop hält. Sie diskutieren den Widerspruch zwischen MAs Modell, in dem ausgesagt wird, daß zwischen Folie und Elektroskop kein Ladungsübergang stattfindet und der Beobachtung, daß der Zeigerausschlag des Elektroskops manchmal erhalten bleibt, auch wenn die Folie wieder entfernt wird und außerdem das Elektroskop über eine Glühlampe entladen werden kann. Für Lehrerinnen oder Lehrer genügend Widersprüche und Anhaltspunkte für eine fruchtbare Diskussion, wenn sie in der Lage sind, die Probleme schnell genug zu erfassen. Ohne sachkundiges Eingreifen werden die Schülerinnen und Schüler weiter eine kurzschrittige Versuch-und-Irrtum-Methode anwenden und das Gefühl, kompetent Probleme lösen zu können, wird sich nicht einstellen können.

In der nächsten Szene wird gezeigt, wie fehlendes Wissen an einer bestimmten Stelle des von drei Schülerinnen durchgeführten Experiments die Handlung abbrechen läßt.

Szene 2 (Der Abbruch des Experiments)

Die Szene stammt aus einer Untersuchung, in der den Schülerinnen und Schülern eines 11. Jahrgangs im Labor unterschiedlich offene Unterrichtsumgebungen zur Elektrostatik angeboten werden (eng geführt, übergreifende Ziele, offen) und beobachtet wird, wie selbstbestimmt die Handlung weitergeführt werden

kann (siehe Abbildung 1). Der Unterricht ist für diese Untersuchung geplant, die Gruppen arbeiten jeweils allein vor laufender Kamera und einer Versuchsleiterin. Den Gruppen steht ein Kasten mit Lexikonkarten zur Verfügung, auf denen die elektrostatischen Geräte beschrieben sind. Außerdem erhalten sie, je nach vorgesehenem Offenheitsgrad des Angebots, mehr oder weniger kleinschrittige Aufgaben zum Thema. Durch die drei Abstände der Parallelen in Abbildung 1 werden die drei Grade der Selbstbestimmtheit der Handlungsorganisation dieser Gruppe von Schülerinnen gekennzeichnet. Zur Zeit 47:30 wird die maximal selbstbestimmte Handlung abgebrochen, da die Gruppe keine Aussicht sieht, das selbst generierte Handlungsziel, die Überprüfung der Hypothese, daß Metalle immer positiv und Plastikstäbe immer negativ geladen werden, zu erreichen. Zur Überprüfung wird eine Glimmlampe benutzt. In der Diskussion der Schülerinnen in der Gruppe kann das notwendige Wissen nicht aktiviert werden, und die Lexikonkarten werden an dieser Stelle nicht genutzt. Die Pfeile markieren die Stellen, an denen die Schülerinnen Lexikonkarten, Versuchsanleitungen, übergreifende Ausgaben oder neues Material benutzt haben.

Die Schülerinnen haben wenig Möglichkeiten ihren Diskurs selbständig weiterzuentwickeln, da ihnen an einer entscheidenden Stelle das Wissen fehlt, das selbst generierte Handlungsziel zu erreichen. Konsequenterweise brechen Diskussionen und experimentelle Tätigkeiten in einem solchen Stadium schnell ab, die Schülerinnen und Schüler fühlen sich bei Wiederholung solcher Situationen zunehmend inkompetent und Kommunikation auf einer höheren Ebene wird von ihnen nicht erreicht und nicht angestrebt. Die Diskussion findet immer dann mit einer physikalischen Sprache statt, wenn aus dem zur Verfügung gestellten physikalischen Text vorgelesen wird. Schon bei der Diskussion über den Text und bei dem Versuch, den Text auf das Experiment zu beziehen, wird die Alltagssprache benutzt. Die Komplexität der kognitiven Konstruktion der Schülerinnen und Schüler bleibt auf einer niedrigen, benennenden Ebene.

SI: (liest eine Versuchskarte vor:) Lege eine Metallplatte auf Styroporblöcke, so daß sie gegen die Unterlage isoliert ist. Lege dann auf die Metallplatte eine Kunststoffolie und reibe beide fest aufeinander.

ST: (holt einen Styroporblock.)

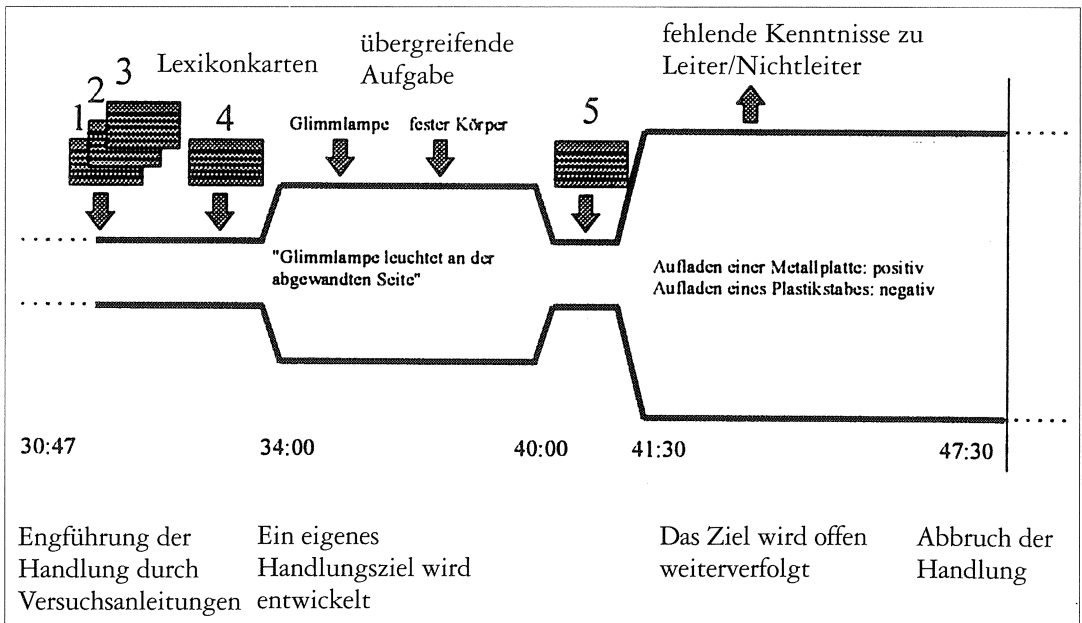


Abbildung 1: (Rolf & Fischer, 1997)

JU: (holt eine Metallplatte)
 ST: (:SI) So drauflegen ... Folie. (Sie legt die Platte auf das Styropor.) Und dann? (Sie legt die Folie auf die Platte.)
 SI: ?...? Lege dann auf die Metallplatte eine Kunststoffolie und reibe beide fest aufeinander.
 ST: (reibt.) (:SI) Und dann?
 SI: Ziehe anschließend die Folie langsam von der Metallplatte ab. Taste zuerst die Folie mit der Glimmlampe ab. Was kannst du beobachten?
 SI: (:ST) Erst Metall. (Sie tastet die Folie mit der Glimmlampe ab.)
 ST: Hui! ...?...
 JU: (:SI) Mach noch mal, mach noch mal!
 ST: (:SI) Also, es hat beides mal gedungenst. (Sie legt die Folie auf den Tisch, reibt erneut und zieht sie ab.)
 (... So geht es eine Weile weiter ...)
 ST: Also wie war das jetzt? Das ist positiv (Folie), und deren positive Dinger gehen da rüber (sie zeigt auf die Platte), oder was?
 SI: Nein! Das ist beides gleich.
 (Die Schülerinnen brechen den Versuch ab und beginnen einen neuen).
 In der vorgestellten Gruppe bleibt die Sprache während der gesamten Untersuchung (drei Doppelstunden im Labor) alltagsorientiert, wenn die Schülerinnen und Schüler untereinander diskutieren. Physikalische Wörter werden nur dann benutzt, wenn aus den Karten vorgelesen wird. Aus der Analyse zahlreicher ähnlicher Situationen wird deutlich, daß das fehlende Wissen zur Verfolgung eines selbst entwickelten Handlungsziels das Erleben der eigenen Kompetenz beim Schüler berührt und motivationale Regulationsmechanismen zum Abbruch der Handlung führen (Horstendahl & Fischer, 1996; Fischer & Horstendahl, 1997). Kompetente Diskussionsführung seitens eines Lehrers oder die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, die angebotenen Hilfsmittel zu nutzen und die daraus konstruierten Erklärungen in der Gruppe zu diskutieren, könnten dies verhindern. Viele solcher Abbrucherlebnisse unterstützen dagegen voraussichtlich negative Kompetenzrückmeldung und Resignation.

Szene 3

(Die Sprache ändert sich kontextabhängig)

Die Schülerinnen und Schüler einer 10. Klasse beschäftigen sich in der ersten Stunde der Unterrichtseinheit mit den elektrostatischen Eigenschaften von Leitern und Nichtleitern und führen selbst erdachte Experimente durch. Die Kommunikation ist wie in Szene 1 vom Erfahrungsbereich „Alltag“ bestimmt. Nur wenige physikalische Wörter werden benutzt. Die Handlungsziele sind klar, ein Abbruch ist kurzfristig nicht zu erwarten. Der Lehrer kommt zum dritten Mal an den Tisch und möchte, daß die Schülerinnen und Schüler über ein Modell nachdenken, das die beobachteten Phänomene beschreiben könnte. Er möchte den Unterricht vorantreiben und erreichen, daß die Schülerinnen und Schüler die Probierphase hinter sich bringen. Auf JE kann sich der Lehrer (LE) bei entsprechenden Hinweisen meist verlassen. Er ist ungeduldig, da er diesen Schüler bei der zentralen Weiterführung der Stunde eingeplant hat. Die Wörter bekommen also neben ihrer physikalischen Bedeutung eine soziale, die den Kommunikationsprozeß mitbestimmt. Den Schülerinnen und Schülern ist bekannt, daß der Lehrer physikalische Probleme gern unter Energiegesichtspunkten betrachtet.
 (Die Gruppe arbeitet an dem selbst generierten Ziel, verschiedene Gegenstände dauerhaft aufzuladen, der Lehrer kommt an den Tisch).
 LE: (:JE) Hast Du eine Theorie?
 JE: Halbwegs ja.
 TA: Ich auch. (Schaut JE an) ... die Energien da drin stoßen sich ab (deutet mit den Händen Abstoßung an).
 JE: Eine Energie müßte da schon irgendwie reinkommen.
 TA: Sicher. Ja, die Wärmeenergie ... hähä (verlegenes Lachen).
 LE: (Verläßt den Tisch, macht einen zufriedenen Eindruck.)
 Der Lehrer hatte den Eindruck, eine Diskussion über ein Modell zur Beschreibung der Anziehung und Abstoßung von geladenen Gegenständen angeregt zu haben. Nachdem der Lehrer den Tisch wieder verlassen hat,

gehen die Schülerinnen und Schüler nahtlos dazu über, ihre Versuche fortzuführen und sie benutzen in ihrer Kommunikation und auch im folgenden lehrerzentrierten Unterricht nicht die vom Lehrer gewünschten physikalischen Wörter.

JE: (Ohne Pause und Übergang zu TA) Nee, wart mal (nimmt Aluminiumfolie und reibt sie auf der Plastikfolie) ... kann man die auch mit Leitern ohne Schwierigkeiten aufladen?

Wie Voigt (1990) gezeigt hat, können sich aus solchen Dialogsequenzen zwischen einem Lehrer und mehreren Schülerinnen und Schülern langanhaltende Unterrichtsgespräche entwickeln, die letztlich nur durch die jeweils geäußerten Bestätigungen und Mißfallensbekundungen des Lehrers zusammengehalten werden. In solchen Fällen sind es die Bewertungen der Bedeutungszuweisungen durch den Lehrer, die das Geschehen in weiten Teilen des Unterrichts bestimmen. Es entwickeln sich daraus für jede Klasse und jeden Lehrer typische „Klassenkulturen“, in denen das Interaktionsspiel (Fischer, 1993) von allen Beteiligten erfolgreich, das heißt von den Interaktionspartnern zustimmend anerkannt, gespielt werden kann.

Aus diesen drei Szenen kann man erkennen, daß die Wahl der Sprache, die Bedeutungszuweisungen und die Möglichkeit, das entwickelte Ziel zu erreichen, von der jeweiligen Situation abhängt. Die Sprachebene, auf der die Schülerinnen und Schüler in der Gruppe agieren, reicht aus, die Interaktion zu organisieren und voranzutreiben. Eine Einmischung durch den Lehrer hat die Sachlage schlagartig geändert. Der Schüler in der 3. Szene erwartet, daß die im Alltag benutzten Wörter nicht mehr ausreichen. Physiklehrer bestehen meist auf „richtiger“ Benennung der Gegenstände und der verhandelten Modellelemente. „Man meint, das Lernen der Sprache bestehe darin, daß man Gegenstände benennt. Und zwar: Menschen, Formen, Farben, Schmerzen, Zahlen etc. Wie gesagt - das Benennen ist etwas Ähnliches, wie, einem Ding ein Namenstäfelchen anheften. Man kann das eine Vorbereitung zum Gebrauch eines Wortes nennen.

Aber worauf ist es eine Vorbereitung?“ (Wittgenstein 1984, 251, 26). In der zweiten Szene wird eine Handlungssequenz abgebrochen, weil die Schülerin keine Chance sieht, das selbst entwickelte Handlungsziel zu erreichen. Diese Lage tritt in offenen Situationen immer dann früher oder später ein, wenn das in der Gruppe vom Einzelnen konstruierbare Wissen nicht mehr ausreicht oder andere Wege der Aufgabenlösung nicht erkannt werden. Für die Handlungsregulation ist die subjektive Einschätzung der Situation entscheidend. Hierzu gehört die Anwendbarkeit des Wissens auf die Situation ebenso, wie die Einschätzung der eigenen Kompetenz und die relevanten motivationalen Zustände. Kommunikation mit dem Lehrer oder der Lehrerin muß in einer solchen Situation mehreres leisten, sollen Abbrüche und Frustrationen verhindert werden. Die aktuelle Bedeutungszuweisung und die Handlungsziele der Schülerinnen und Schüler müssen aufgedeckt werden, der Grund des drohenden Abbruchs muß deutlich werden und, dann eine leichte Aufgabe, der Abbruch muß durch effizienten Rat verhindert werden. Wie schwierig die Einschätzung einer Situation sein kann, zeigt sich gerade dann, wenn sich der Charakter der Situation von einer Gruppensituation zu einer institutionellen ändert, wie in der dritten Szene. Der Lehrer hat hier durch seine flüchtige Betrachtung keine Chance, in den Bedeutungsentwicklungsprozeß der Schülerinnen und Schüler einzugreifen.

Schlußfolgerung

Die naturwissenschaftlichen Fächer haben sich in Europa und den USA in den letzten 50 Jahren neben Mathematik, der eigenen Sprache und einer Fremdsprache in der höheren allgemeinbildenden Schule zu einem Inhaltsbereich entwickelt, der für die gesellschaftliche Entwicklung als notwendig anerkannt wird. Obwohl nicht wie in den USA den gesellschaftlichen Grundfertigkeiten (Rechnen, Schreiben und Lesen) zugeordnet, wird diesen Fächern in Deutschland u.a. von Wirtschaftsverbänden und Politikern dennoch eine

wesentliche Rolle bei der Erschließung wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Potentiale zur Entwicklung einer modernen Gesellschaft zuerkannt. Gemessen an den Erwartungen an die naturwissenschaftlichen Fächer als Motor gesellschaftlicher Entwicklung wird in letzter Zeit deutlich, daß wir es in der Schule, zumindest bis zur 10. Klasse und in Grundkursen der Oberstufe, eher mit naturwissenschaftlichem Analphabetismus zu tun haben. Wie die letzten 50 Jahre Unterrichtspraxis gezeigt haben, wird die Lage nicht allein dadurch besser, daß die physikalischen Tatsachen im Unterricht klarer dargestellt werden, mehr Experimentalunterricht erteilt wird oder hands-on Experimente durchgeführt werden. Deutsche Jugendliche benutzen in der Sekundarstufe I heute in der Regel keine naturwissenschaftlichen Konzepte zum Lösen der vorgelegten Aufgaben, und die Ergebnisse der TIMSS-Studie der Oberstufe weisen für die Sekundarstufe II in eine ähnliche Richtung (<http://www.wcsteep.bc.edu/TIMSS1/TIMSSPublications.html>). Scientific literacy wurde in diesen Untersuchungen nicht erfaßt. Es ist aber abzusehen, daß die Wissensbasis von Schülerinnen und Schülern aller Schulstufen in Mathematik und den naturwissenschaftlichen Fächern nicht ausreicht, längere Diskurse befriedigend zu verfolgen, aktiv zu überstehen oder gar voranzutreiben. Zum Problemlösen eingesetztes Wissen kann in den TIMSS-Untersuchungen in die drei Bereiche Alltagswissen (keine physikalischen Konzepte), elementares physikalisches Wissen und Wissen über physikalische Konzepte eingeteilt werden. Zum Verständnis physikalischer Inhaltsbereiche notwendiges Wissen beginnt nach dieser Untersuchung in einem Bereich, der von weit mehr als 50% der Schülerinnen und Schüler in Deutschland nicht erreicht wird. Als ein Ansatz für die Förderung von scientific literacy erweisen sich naturwissenschaftliche Arbeitsweisen als Organisationsprinzip und Inhalt des (Experimental-)Unterrichts und die bewußte Planung kommunikativer Situationen. Kommunikation ist in solchem Unterricht dann möglich, notwendig und erlernbar, wenn mehrere Lösungsmöglichkei-

ten für physikalische Probleme zugelassen sind und es erlaubt sein muß, Ideen zu manipulieren. „Hands-on“ wird gewissermaßen durch geplantes „minds-on“ ergänzt (Glynn & Muth, 1994, 1058). Ohne ausdrückliche Berücksichtigung von Kommunikation im Rahmen naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen in den verschiedenen Phasen des Experimentalunterrichts sind die eingangs genannten Forderungen nach scientific literacy nicht einzulösen. Berücksichtigung von Kommunikation besitzt aber mehrere Aspekte. Kommunikation muß zunächst möglich gemacht werden, damit Bedeutungen ausgehandelt werden können. Sie muß darüber hinaus eine inhaltliche Grundlage haben, d.h. Schülerinnen und Schüler müssen das zur Handlungsorganisation in einer Situation notwendige Wissen konstruieren können, und der Lehrer oder die Lehrerin muß über eine handhabbare Diagnosemethode verfügen, um konsistente Bedeutungen im Diskurs auszumachen und bezüglich ihrer Relevanz für Physiklernen einzuordnen und im Diskurs weiterzuentwickeln. Das Verstehen der Schüleräußerungen im Kontext, also die in der Situation konsistente Bedeutungszuweisung durch den Lehrer oder die Lehrerin ist notwendig, damit Schülerinnen und Schüler wenigstens partiell die Möglichkeit bekommen, autorisierte physikalische Modelle adäquat zu entwickeln und anzuwenden. Dies wiederum ist eine notwendige Voraussetzung für die Entwicklung von scientific literacy oder des autonomen Umgangs mit naturwissenschaftlichen Inhalten in gesellschaftlichen Zusammenhängen. Die Integration moderner Physik, Biologie oder Chemie, der Einsatz neuer Medien, die Problematisierung gesellschaftsrelevanter Themen und/oder die Anwendung der Naturwissenschaften auf moderne Technologie allein reicht dafür nicht aus.

Literatur

- American Association for the Advancement of Science (1989). *Science for all Americans*. Washington D.C.
- Baumert, J., Lehmann, R., et al. (1997). TIMSS - Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich, Opladen, Leske + Budrich.
- Beaton, A. E., Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzales, E. J., Smith, T. A. & Kelly, D. L. (1996). *Science achievement in the middle school years: IEA's third international mathematics and science study*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
- Bingle, W. H. & Gaskell, P. J. (1994). Scientific literacy for decisionmaking and the social construction of scientific knowledge, *Science Education* 78(2), 185-201.
- Biological Science Curriculum Study (1990, March). *BSCS and educational reform*. BSCS: The Natural Selection, p. 1.
- BLK-Expertise (1997). Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“, Heft 60, Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung, Bonn.
- Bybee, R. W. (1997). Toward an understanding of scientific literacy. In: W. Gräber & C. Bolte (Hrsg.), *Scientific literacy, an international Symposium*, Kiel, IPN, 37-68.
- DeBoer, G. E. & Bybee, R. W. (1995). The goals of science curriculum. In: R. W. Babee & J. D. McNerney (Eds.). *Redesigning the science curriculum: A report on the implications of standards and benchmarks for science education*, Colorado Springs, 71-74.
- Duit, R. (Hrsg.) (1986). *Naturwissenschaften im Unterricht, Physik/Chemie, Themenheft Alltagsvorstellungen*, Heft 13, 34. Jahrgang.
- Fischer, H. E. (1989). *Lernprozesse im Physikunterricht. Falluntersuchungen im Unterricht zur Elektrostatik aus konstruktivistischer Sicht*. Dissertation, Universität Bremen, Fachbereich 1 (Physik/Elektrotechnik).
- Fischer, H. E. (1993). Lernen und Bedeutung, in: *Schriftenreihe der Forschergruppe 'Interdisziplinäre Kognitionsforschung' der Universitäten Bremen und Oldenburg*, Bd II: Bedeutungsentwicklung und Lernen, Universität Bremen, 19-42.
- Fischer, H. E. (1994). Physiklernen: Eine Herausforderung für Unterrichtsforschung. In: D. Nachtigall (Hrsg.), *Didaktik und Naturwissenschaften*, Bd 3, Frankfurt: Lang.
- Fischer, H. E. & Breuer, E. (1997). Elektrostatik im Physik-Leistungskurs. Ein spiel- und kommunikationsorientierter Einstieg. In: H. E. Fischer (Hrsg.), *Handlungsorientierter Physik-Unterricht Sekundarstufe II*, Bonn, Dümmler, 6-28.
- Fischer, H. E. & Horstendahl, M. (1997). Motivation and Learning Physics. *Research and Science Education*, 27(3), 411-424.
- Glynn, S. M. & Muth, K. Denise (1994). Reading and Writing to Learn Science: Achieving Scientific Literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 31, No 9, 1057-1074.
- Gräber, W. & Bolte, C. (Hrsg.) (1997): *Scientific literacy, an international Symposium*, Kiel, IPN.
- Hage, K. & Bischoff, H. (1985). *Eine Untersuchung zum Unterrichtsalltag in der Sekundarstufe I*. Leske und Budrich, Opladen.
- Hentig, H. v. (1993). *Die Schule neu denken*, München, Wien, Carl Hanser Verlag.
- Heritage, J. (1990). Intention, meaning and strategy: Observations on constraints on interaction analysis, *Research on language and social interaction*, Vol. 24, 311.
- Horstendahl, M. & Fischer, H. E. (1996). Bedingungen und Auswirkungen fachspezifischer Lernmotivation im diskursorientierten Physikunterricht. In: H. Behrendt (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie*. Alsbach: Leuchtturm, 275-278.
- Hucke, L. & Fischer, H. E. (1997). Lernen im Praktikum - traditionell und computerunterstützt. In: Behrendt, H. (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie*. Alsbach: Leuchtturm, 313-315.
- Jung, W. (1970). *Beiträge zur Didaktik der Physik*, Frankfurt, Diesterweg.
- Klaassen, C. W. J. M. & Lijnse, P. L. (1996). Interpreting Students' and Teachers' Discourse in Science Classes: An Underestimated Problem? *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 33, No. 2, 115-134.
- Lazaraton, A. (1997). Preference Organization in Oral Proficiency Interviews: The Case of Language Ability Assessments, *Research on Language and Social Interactions*, Vol. 30, Nr. 1, 53.

- Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. In Gabel, Dorothy L. (1994), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: Macmillan.
- Lichtfeldt, M. (1994). Sprechen, Denken und Handeln von Schülerinnen und Schülern im Physikunterricht. In: Behrendt, H. (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie*. Alsbach: Leuchtturm, 127-159.
- Lunetta, V. (im Druck). The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In: Tobin, K., & Fraser, B., *International Handbook of Science Education*, Kluwer Publishers, The Netherlands.
- Millar, R., & Driver, R.: 1987, Beyond processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62.
- Millar, R. (1996). Towards a science curriculum for public understanding. *School science review*, 77(280), 7-18.
- Miller, J. D. (1997). Civic scientific literacy in the United States: A developmental analysis from middle-school through adulthood. In: W. Gräber & C. Bolte (Hrsg.), *Scientific Literacy*, Kiel: IPN, 104-121.
- National Science Teacher Association“ (1990). *Science education initiatives for the 1990s*. Washington, DC.
- Richtlinien und Lehrpläne für das Gymnasium - Sekundarstufe I – in Nordrhein-Westfalen (1993). *Physik. Die Schule in Nordrhein-Westfalen, eine Schriftenreihe des Kultusministeriums*, Heft 3411.
- Rolf, R. & Fischer, H. E. (1997). Der Einfluß unterschiedlich offener Lernumgebungen auf die Lernentwicklung. In: Behrendt, H. (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie*. Alsbach: Leuchtturm, 278-280.
- Seiler, T. B. (1985). Sind Begriffe Aggregate von Komponenten oder idiosynkratische Minitheorien? In: T. B. Seiler & W. Wannenmacher (Hrsg.), *Begriffs- und Wortbedeutungsentwicklung*. Berlin, Springer.
- Shamos, M. H. (1996). The myth of scientific literacy. *Liberal Education*, Vol. 82, Nr. 3, 44 - 49.
- Voigt, J. (1990). Die interaktive Konstruktion fachlicher Themen im Unterricht. Zum Einfluß von Alltagsvorstellungen. In: *Zur Didaktik der Physik und Chemie. Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik/Chemie*, Leuchtturm Verlag, Alsbach/Bergstraße, 74-88.
- Wittgenstein, L. (1984). *Philosophische Untersuchungen*, Werkausgabe Band 1., Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Dr. Hans E. Fischer ist Professor für Didaktik der Physik an der Universität Dortmund

Prof. Dr. Hans E. Fischer
Universität Dortmund
Didaktik der Physik
44221 Dortmund
<http://www.physik.uni-dortmund.de/didaktik/>