

Fischer, Hans E.; Klemm, Klaus; Leutner, Detlev; Sumfleth, Elke; Tiemann, Rüdiger; Wirth, Joachim  
**Naturwissenschaftsdidaktische Lehr-Lernforschung. Defizite und Desiderata**  
*Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* : ZfDN 9 (2003), S. 179-209



Quellenangabe/ Reference:

Fischer, Hans E.; Klemm, Klaus; Leutner, Detlev; Sumfleth, Elke; Tiemann, Rüdiger; Wirth, Joachim:  
Naturwissenschaftsdidaktische Lehr-Lernforschung. Defizite und Desiderata - In: Zeitschrift für Didaktik  
der Naturwissenschaften : ZfDN 9 (2003), S. 179-209 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-315651 - DOI:  
10.25656/01:31565

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-315651>

<https://doi.org/10.25656/01:31565>

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](mailto:pedocs@dipf.de)

Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

Mitglied der

  
Leibniz-Gemeinschaft

HANS E. FISCHER, KLAUS KLEMM, DETLEV LEUTNER, ELKE SUMFLETH, RÜDIGER TIEMANN &amp; JOACHIM WIRTH

## Naturwissenschaftsdidaktische Lehr-Lernforschung: Defizite und Desiderata

---

### Zusammenfassung

Fachdidaktische und allgemeindidaktische Forschung in den letzten Jahren lassen es sinnvoll erscheinen, eine Positions- und Trendbeschreibung für Lehr-Lernforschung zumindest für die naturwissenschaftlichen Fächer vorzunehmen. Aus Sicht einer interdisziplinären Zusammenarbeit der drei naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken (Biologie, Chemie und Physik) sowie der Empirischen Bildungsforschung und der Lehr-Lernpsychologie werden die Ergebnisse der für diese Domänen relevanten Forschung als Defizitanalyse der schulischen Ausbildung in den Fächern beschrieben und mittel- und längerfristige Forschungsziele entwickelt. Durch die international vergleichenden Schulleistungsstudien wurden Probleme des naturwissenschaftlichen Unterrichts aufgezeigt, die unter Berücksichtigung der normativen Ziele der entsprechenden Konsortien (IGLU, PISA, TIMSS) weiteren Erkenntnisbedarf im Bereich der lernprozessorientierten Organisation von Unterricht deutlich machen (Baumert, Klieme, Neubrand, Prenzel, Schiefele, Schneider, Tillmann & Weiß, 2001; Bos, Lankes, Prenzel, Schwippert, Walther & Valtin, 2003). Es werden Erkenntnisse über Bedingungen des Schulsystems und der Organisation der Einzelschule, über Bedingungen und Formen der Unterrichtsgestaltung, über die Wirkung von Lehrerfortbildung und über individuelle Lernbedingungen benötigt. Dazu bedarf es zunächst vorwiegend deskriptiv orientierter Forschung zur weiteren Klärung der Probleme und ihrer Bedingungsgefüge. Parallel können die gewonnenen Erkenntnisse in konkrete Interventionsansätze umgesetzt und empirisch erprobt werden. Danach sollten die Ergebnisse dieser präskriptiv orientierten Interventionsforschung zu Implementationsforschung in der ersten und zweiten Phase der Lehrerbildung sowie in der Lehrerfortbildung führen.

---

### Abstract

Subject related education and general education research in recent years makes it appear sensible to carry out a situation and trend description for teaching-learning research, at least for the natural sciences. From the point of view of interdisciplinary co-operation between research on biology, chemistry and physics education, as well as of empirical education research and teaching-learning psychology, the results of the research and its relevance for these domains, are described as a deficit analysis of school education in the different subjects, and medium to long term research objectives developed. Recently performed international large scale assessments have shown problems with the teaching of natural sciences which, under consideration of the normative objectives of the corresponding consortia (IGLU, PISA, TIMSS), make clear a further need for investigations in the field of the learning process oriented organisation of teaching (Baumert, Klieme, Neubrand, Prenzel, Schiefele, Schneider, Tillmann, & Weiss, 2001; Bos, Lankes, Prenzel, Schwippert, Walther, & Valtin, 2003). What is required is assessment regarding conditions of the school system and the organisation of the individual school, regarding conditions and forms of the design of teaching, regarding the effects of further training of teachers and regarding individual learning conditions. For this, there is first of all a need for predominantly descriptively oriented research for the further clarification of the problems and their condition structure. Parallel to this, the outcomes can be implemented in concrete intervention approaches and empirically tested. Thereafter, the results of this prescriptively oriented intervention research should lead to implementation research in the first and second phase of teacher education and training, as well as in the further education of teachers.

## Einleitung

Die Aussage, dass die Naturwissenschaftsleistungen deutscher Schüler und Schülerinnen deutlich unterhalb des Durchschnitts der OECD-Staaten liegen (Baumert u.a., 2001) wird durch die positiveren IGLU Ergebnisse (Bos u.a., 2003) nicht eingeschränkt. Es ist vielmehr neuer Forschungsbedarf entstanden, um die relativ guten Leistungen deutscher Grundschülerinnen und -schüler zu erklären. Die 1997 vorgelegten TIMSS-Ergebnisse haben die naturwissenschaftlichen Leistungen am Ende des achten Jahrgangs erfasst. Sie belegen, dass 20% der Schülerinnen und Schüler nicht einmal über physikalisches Wissen auf Grundschulniveau verfügen und dass lediglich 25% ein beginnendes Verständnis von naturwissenschaftlichen Konzepten und Verfahren aufweisen (Baumert & Lehmann, 1997). Die Bedeutung dieses schwachen Abschneidens deutscher Schülerinnen und Schüler wird besonders deutlich, wenn man den der TIMS- und verstärkt noch den der PISA-Studie zu Grunde liegenden Kompetenzbegriff berücksichtigt („prinzipiell erlernbare, mehr oder minder bereichsspezifische Kenntnisse, Fertigkeiten und Strategien“; Baumert, Stanat & Demmrich, 2001, 22). In beiden Studien steht die Erfassung der Verfügbarkeit von Kompetenzen in variierenden Anwendungssituationen im Mittelpunkt. Mit dieser Lösung vom Konzept curricularer Validität (vor allem in der PISA-Studie) und der Hinwendung zu Anwendungsbereichen für naturwissenschaftliches Erklären und Argumentieren ist die Feststellung verbunden, dass fehlende Kompetenzen in einzelnen Bereichen weit über die Schule hinausgehende Konsequenzen haben – z.B. im Bereich der beruflichen Erstausbildung. Die für Deutschland besseren IGLU-Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die eigentlichen Schwierigkeiten erst nach der 4. Klasse beginnen. Bei der TIMS-Studie für die Sekundarstufe I befinden sich die Leistungswerte der deutschen Schülerinnen und Schüler für die Naturwissenschaften in einem breiten internationalen Mittelfeld. Der gleich große Leistungszuwachs an Gymnasien und Hauptschulen erlaubt die Aussage, dass im Verlauf

der Naturwissenschaftsausbildung zumindest von der 7. zur 8. Klasse nicht kumulativ gelernt wird. Außerdem lösen etwa 20% aller Schülerinnen und Schüler Aufgaben bestenfalls auf niedrigster Kompetenzstufe (Alltagswissen), sie haben in den Naturwissenschaften von der 5. zur 8. Klasse also nur wenig Neues gelernt. Die durch TIMSS und PISA ausgelöste Diskussion führt zu einer Qualitätssicherung, die über Zielvereinbarungen vermittelbar wird. Inhalte werden in diesem Kontext nicht mehr als einzusetzende Ressourcen vorgegeben, sondern zu erreichende Ergebnisse der pädagogischen Arbeit. Hinsichtlich des Wechsels der Blickrichtung der Steuerungsmechanismen im Bildungssystem von der Beschreibung der Ressourcen zur Evaluation der Wirkung von Unterricht sprechen Lange (1999) und Helmke (2000) von einem Paradigmenwechsel in der deutschen Bildungsforschung, der sich in einem Wechsel ‚von der Input- zur Output-Orientierung‘ niederschlägt (siehe auch Klieme, 2003). In der Vergangenheit war die Steuerungsphilosophie der deutschen Schuladministration von der Überzeugung geprägt, durch eine angemessene Beeinflussung der Input-Variablen (Lehrerversorgung, Lehrerausbildung, Vorqualifikation der Schüler und Schülerinnen, Schulgebäude usw.) und der Prozess-Variablen (Stundentafeln, Lehrpläne, Lehr- und Lernmittel, Versetzungsordnungen usw.) die postulierten Wirkungen in den Bereichen des kognitiven und sozialen Lernens zu erzielen (vgl. dazu Bellenberg, Böttcher & Klemm 2001, 20ff.). Dieser Steuerungsansatz dominierte bundesweit, auch wenn immer mehr Bundesländer mit ihren zentralen Schulabschlussprüfungen Elemente einer Output-Steuerung mit solchen der Input- und Prozesssteuerung zu koppeln suchten (Klemm, 1998). Im Verlauf der neunziger Jahre wurde diese grundsätzliche Orientierung jedoch mehr und mehr in Frage gestellt: zum einen durch die Entwicklung der ‚teilautonomen Schule‘, die – wenn auch unterschiedlich stark – in allen Bundesländern verfolgt wird, zum anderen durch die Ergebnisse internationaler und nationaler Vergleichsuntersuchungen (van Ackeren & Klemm, 2000), die insgesamt die Wirksam-

keit der tradierten Input- und Prozesssteuerung in Frage stellen. Das resultierende verstärkte Setzen von Schulpolitik und -verwaltung auf die Outputsteuerung induzierte im Bereich der Schulforschung den von Helmke diagnostizierten Paradigmenwechsel. Im Kontext der Vorbereitung der großen Leistungsstudien ebenso wie in den nachfolgenden Auswertungen des reichen empirischen Materials dieser Studien erfuhr die empirische Schulforschung insgesamt und insbesondere der Teil, der sich mit schulisch erbrachten Leistungen befasst, eine bis dahin nicht gekannte Relevanz.

Als theoretische Grundlage für eine Optimierung des Unterrichts in den Naturwissenschaften im Sinne der OECD-Ziele, die weitgehend mit auch in Deutschland formulierten allgemeinen Zielen der Lehrpläne aller Bundesländer übereinstimmen, wird im Folgenden das auf Qualitätssicherung orientierte Rahmenmodell von Baumert et al. (2001), die Klassifizierung von Unterricht nach Basismodellen von Oser und Patry (1994) und die Kognitionspsychologie vorgeschlagen. Auf der Grundlage dieses theoretischen Rahmens ergeben sich aufgrund

einer Defizitanalyse fünf Problembereiche: der Stellenwert des naturwissenschaftlichen Unterrichts in Gesellschaft und Schule, die Lehrerbildung, die Konzeption und die Umsetzung naturwissenschaftlicher (Grund-)Bildung, die horizontale und vertikale Dimension der inhaltlichen Vernetzung sowie einzelne, für die naturwissenschaftlichen Fächer spezifische Unterrichtsmethoden.

### Theoretischer Bezugsrahmen

#### Rahmenmodell zur Erklärung schulischer Leistungen

Mit Blick auf das breite Feld von Kontextbedingungen schulischen Lernens haben Baumert u.a. (2001; 2002) den PISA-Berichten ein Rahmenmodell zur Erklärung schulischer Leistungen zu Grunde gelegt. In diesem Modell, das in enger Anlehnung an Helmke und Weinert (1997) den einschlägigen Forschungsstand resümiert und systematisiert, ordnen sie die Bedingungen, die zu Lern- und Leistungsergebnissen führen (Abbildung 1). Die Stärke dieses theoretischen Rahmenmodells liegt darin, dass es weder – wie in der deutschen Schulforschung

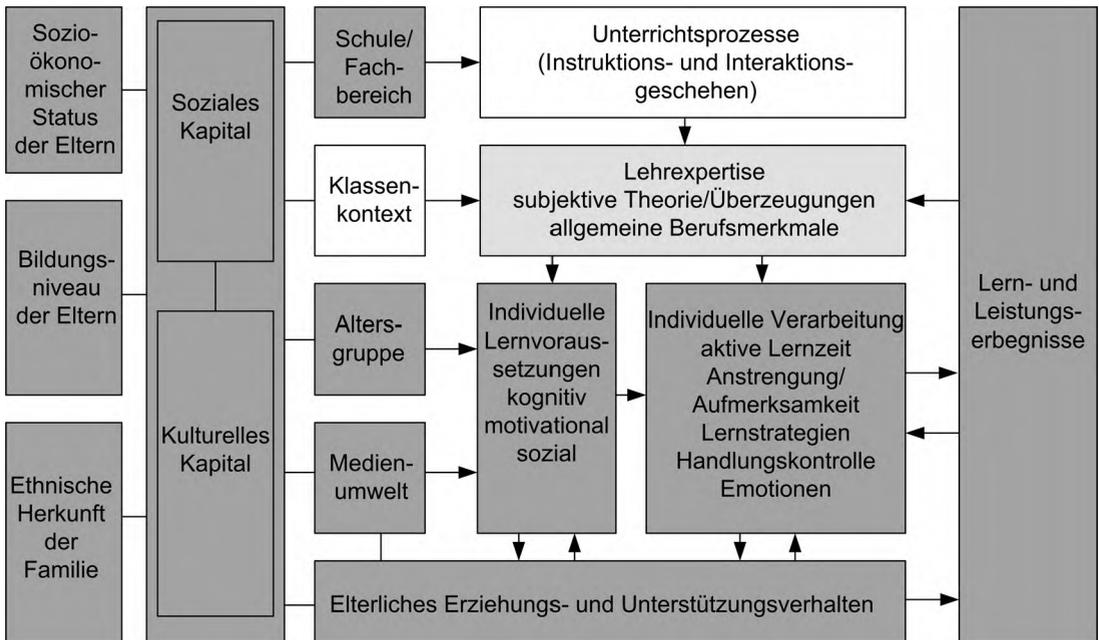


Abbildung1: Rahmenmodell zur Erklärung schulischer Leistungen (Baumert et al. 2002, S. 16)

schung lange Zeit üblich (vgl. Helmke, 2000) – den Schwerpunkt auf die außerschulischen und institutionellen Kontextbedingungen, noch auf die Unterrichtsprozesse legt, wie es sich in der erziehungswissenschaftlichen Debatte nach Vorliegen der TIMS-Studie abzeichnete. Vielmehr wird der Blick auf außerschulische, institutionelle und unterrichtsbezogene Bedingungen für Lern- und Leistungsergebnisse und auf deren wechselseitige Beziehungen geöffnet. Der vorliegende Artikel folgt dieser Systematisierung und den in ihr enthaltenen theoretischen Grundannahmen. Insbesondere wird hervorgehoben, dass die Ergebnisse der bekannten internationalen Untersuchungen weniger auf den Klassenkontext, Unterrichtsprozesse und die Beschreibung der Professionsbedingungen des Lehrers bezogen werden können.

### Die Theorie der Basismodelle von Unterricht

Als konkreter Bezugsrahmen der erforderlichen Forschungsarbeiten eignet sich die Theorie der Basismodelle von Oser und Patry (1994), ein Ansatz für eine zunächst fachunabhängige Beurteilung von Unterrichtsstrategien. Lehrer können danach ihre Unterrichtshandlungen in Abhängigkeit von ihrem Lehrziel nach wenigen Basismodellen strukturieren (Oser & Baeriswyl, 2001). Es wird angenommen, dass die Basismodelle die unterrichtlichen Handlungen der Lehrer fast vollständig beschreiben können. Nach Baumert et al. (1997) kann allerdings vermutet werden, dass in der gegenwärtigen Praxis des Mathematikunterrichts nur wenige Lehrzieltypen stereotyp zur Anwendung kommen. Es sind deshalb sehr häufig gleiche Schemata zur Handlungsregulation oder, nach Oser und Patry, gleiche Choreografien des Unterrichts zu beobachten. Für den Mathematikunterricht kann sogar bestätigt werden, dass diese Choreografien innerhalb eines Kulturkreises zwischen Lehrerinnen und Lehrern wenig variieren. Der in diesem Zusammenhang benutzte Begriff des „kulturellen Skripts“, des „Drehbuchs“ zur Beschreibung der Sichtstruktur, scheint allerdings eher hermeneutisch-deskriptiv entwickelt worden zu sein, und die im naturwissenschaftlichen Un-

terricht gebräuchlichen Skripte sind noch nicht hinreichend empirisch untersucht (Klieme & Schecker, 2001). Es gibt bisher zwei Arbeiten, die eine ähnliche Tendenz für den Physikunterricht feststellen (Fischer, Reyer, Wirth, Bos & Höllrich, 2002; Seidel, Prenzel, Duit, Euler, Geiser, Hoffmann, Lehrke, Müller & Rimmele, 2002).

Ein zentrales Problem der Unterrichtsforschung ist die Suche nach der Unterrichtsebene, die das Schülerlernen und die Schülerleistungen zentral beeinflusst. Allgemeine Didaktik und Fachdidaktik haben hierzu bisher nur wenige empirisch fundierte Hinweise geliefert. Der Ruf nach Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts wirft aber unweigerlich die Frage nach Kriterien für Unterrichtsqualität auf, nach Qualitätsstandards, die zumindest empirisch plausibel sein sollten. Wenn Unterrichtsqualität über Lernergebnisse definiert wird, dann müssen diese in Abhängigkeit von Lern- bzw. Unterrichtsprozessen beschrieben werden können. Nur dann werden Lernergebnisse planbar. Es hat sich in mehreren Untersuchungen gezeigt, dass ein Verständnis von Unterricht auf der oberflächlichen Ebene der TIMSS-Beschreibung zum Vergleich von Unterricht notwendig, aber nicht ausreichend ist. Oser und Patry (Oser & Patry, 1994; Patry & Oser, 1994; Oser, Patry, Sarasin & Wagner, 1997; Fischer et al., 2002; Seidel et al., 2002) bezeichnen die Oberflächenstruktur von Unterricht, also den Bereich des Unterrichtsgeschehens, als „Sichtstruktur“; sie kann prinzipiell in fast grenzenloser Vielfalt gestaltet werden. Der planende Lehrer beginnt die konkrete methodische Gestaltung des Unterrichts in der Regel auf dieser Beschreibungsebene, auf der über Sozialform, Medien, Aufgabenstellungen usw. entschieden wird. Die Ergebnisse dieser Beschreibungen der Sichtstruktur können aber das Wirken von Unterricht im Hinblick auf Schülerleistungen, also einen wesentlichen Teil von Unterrichtsqualität, nicht hinreichend erklären.

Aus Chomskys Transformationsgrammatik lässt sich die Unterscheidung zwischen Sicht- (Oberflächen-) und Tiefenstruktur übernehmen (vgl. etwa Chomsky, 1965). Die

Sichtstruktur wird hier als Ergebnis der Tiefenstruktur (bei Chomsky ein latentes Regelsystem, die Syntax) verstanden. Die Tiefenstruktur ist einerseits als latente Regel des Lehrers zur Planung, Gestaltung und Durchführung einer konkreten Unterrichtsstunde zu verstehen, sie „erzeugt“ das Unterrichtsgeschehen wie die grammatische Syntax den Wortlaut eines Satzes. Andererseits werden als Tiefenstruktur (in Erweiterung des ursprünglichen Begriffs) die latenten Lernschritte verstanden, mit denen die Lernenden auf den angebotenen Unterricht reagieren. Die Tiefenstruktur bewirkt durch diese latenten Regeln eine regelhafte Übersetzung der Sichtstruktur in Lernprozesse der Schüler. Auf der Lehrerseite zählen zur Tiefenstruktur die konkreten Lehrziele, die „Etappenziele“ als grobes Verlaufsmuster, die methodische Gestaltung; auf der Schülerseite sind es die auf das Unterrichtsfach bezogenen, argumentativen Denkschritte, die insgesamt einen Lernweg ergeben und in spezifische Kompetenzen münden. Sie hängen sowohl vom Lernweg als auch vom Lerninhalt ab.

Die Tiefenstruktur lässt sich nach Oser und Patry (1994) in Abhängigkeit von den Lehrzielen über Basismodelle beschreiben, die sich aus einer definierten Sequenz von Handlungskettenelementen zusammensetzen. Es ist bisher unklar, wie die aus den Handlungskettenelementen entstehenden Unterrichtschoreografien die Lernhandlungen und die Lernerfolge der Schülerinnen und Schüler beeinflussen. Nach Fischer et al. (2002) lassen sich aber im Physikunterricht bei unterschiedlichen Lehrern zeitlich sehr konstante, mehr oder weniger erfolgreiche Unterrichtsprofile im Sinne intuitiver Basismodelle ausmachen, die das Lehrerhandeln regulieren. Nach Brouër (2001) deutet sich ein positiver Effekt von basismodellorientiertem Deutschunterricht auf die Differenzierung der Unterrichtswahrnehmung durch die Lernenden an.

Für den Physikunterricht hat sich gezeigt, dass unterschiedliche Unterrichtsabschnitte, z.B. die Erarbeitung eines neuen physikalischen Konzepts oder das Einüben eines mathematischen Verfahrens zur Darstellung von Messwerten, eine ähnliche Sichtstruktur zeigen,

obwohl ihnen unterschiedliche Tiefenstrukturen zuzuordnen sind. Von unterschiedlichen Lehrerinnen oder Lehrern erteilter Unterricht zur Erarbeitung eines physikalischen Konzepts kann deshalb bei oberflächlicher Betrachtung (Sichtstruktur) ähnlich organisiert sein, aber dennoch unterschiedliche Intentionen der Unterrichtenden zum Ausdruck bringen. Dies erklärt, dass trotz ähnlicher Sichtstruktur (kulturelles Skript) die Leistung und das Interesse der Schüler, wie nach den Ergebnissen der TIMSS-Videostudie (Baumert et al., 1997; Stigler & Hiebert, 1997) angenommen werden muss, unterschiedlich beeinflusst werden. Um Aussagen über die Wirksamkeit der Basismodelle oder alternativer Modelle zu erhalten, ist deshalb nicht nur zu erfassen, wie sich diese Modelle im Handeln der Lehrerinnen und Lehrer im Unterricht widerspiegeln, sondern auch, welche Reaktionen darauf bei den Schülerinnen und Schülern zu erkennen sind. Werden diese Modelle zusätzlich als kognitive Schemata zur Handlungsregulation aufgefasst, kann ihre Wirkung auf die Unterrichtsgestaltung durch Operationalisierung und Analyse sowohl der Lehrer- als auch der Schülerhandlungen in videografierten Unterrichtsszenen (Jacobs, Kawanaka & Stigler, 1999) und auf die Leistungen und das Interesse der Schülerinnen und Schüler durch entsprechende Tests untersucht werden.

### **Kognitionspsychologische und konstruktivistische Orientierung**

Als allgemeiner Bezugsrahmen eignet sich die in der Lehr-Lernforschung aktuell verbreitete kognitionspsychologische bzw. gemäßigt konstruktivistische Grundposition (vgl. Fischer, 1993; Leutner, 1997; 1998a; Labudde, 2000). Während die behavioristische Grundposition das Verhalten eines Individuums als durch äußere Hinweisreize und Verstärkungen steuerbar betrachtet und diese Auffassung vor allem für den Einsatz von Lehrstrategien für Übungsphasen, aber auch zur Vermittlung neuer Lerninhalte nutzt (Mandl & Hron, 1989; Leutner, 1992; 1998b; 2002a; Weidenmann, 1993; Baumgartner & Payr, 1994), wird der Lernende aus der kognitionstheoretischen Grundposition heraus

als ein informationsverarbeitendes Individuum verstanden, das äußere Reize aktiv und selbstständig verarbeitet. Es wird angenommen, dass Lernende die Reize auf der Basis ihres Erfahrungs- und Entwicklungsstandes in selektiver Weise wahrnehmen, interpretieren und zu Informationen verarbeiten. Der jeweilige Entwicklungs- und Erfahrungsstand drückt sich in der Gesamtheit der dem Lernenden zur Verfügung stehenden Wahrnehmungs-, Verstehens- und Verarbeitungsmuster oder -schemata aus, die seine kognitive Struktur ausmachen (vgl. z.B. Euler, 1994; Mayer, 2001). Lernen wird als ein generativer Prozess verstanden, bei dem neue Informationen zu selektieren, zu organisieren und zu integrieren sind (Sumfleth, 1988; Wittrock, 1989). Damit basiert die Entwicklung von Lernumgebungen auf Überlegungen zu der Frage, welche Lernprozesse in der Interaktion von Unterrichtsmaterial (als externer Bedingung des Lernens) und kognitiver Struktur (als interner Bedingung des Lernens) entstehen können bzw. sollen. Bei aller Bedeutung, die von kognitionstheoretischen Ansätzen der individuellen Verarbeitung zugemessen wird, wird konsequent an der Wechselwirkungsannahme zwischen externen Präsentationen und internen Verarbeitungsprozessen festgehalten, so dass Lernen durch Instruktion und Lernhilfen angeregt, unterstützt und in gewissem Umfang gesteuert werden kann.

Diese Möglichkeit der Anregung, Unterstützung und Steuerung von Lernprozessen wird aus konstruktivistischer Perspektive wesentlich skeptischer eingeschätzt. Im konstruktivistischen Verständnis strukturiert das Individuum Situationen selbstreferenziell, konstruiert individuelle Bedeutungen dieser Situationen und gestaltet zugleich die Situationen in Wahrnehmung und Handeln mit. Auch empirisches Wissen gilt zunächst nur als eine subjektive Konstruktion von Realität, die allerdings über sprachliche Verständigungsprozesse zu sozialer Wirklichkeitskonstruktion führen kann (Glaserfeld, 1995). Für das Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht bedeutet dies, dass Lernumgebungen im Wesentlichen als nicht objektiv zu beschreibende Widerstände für selbst gestaltete Lernprozesse zu betrach-

ten und zu konzipieren sind und nicht als Mittel der direkten Steuerung von Lernprozessen (Fischer, 1993; Euler, 1994; Labudde & Pfluger, 1999). Der Selbstorganisation des Lernprozesses – im Sinne eines selbst bestimmten reflexiven Handelns – wird dabei eine besondere Bedeutung zugemessen.

Allerdings ist die konstruktivistische Auffassung in ihren radikalen Ausprägungen mit der vollständigen Ablehnung der Realität als Entität und damit der Verneinung instruktionaler Komponenten im Lernprozess umstritten. Eine „pragmatische Zwischenposition“, die gemäßigt konstruktivistischen Positionen nahe kommt, wird von Merrill (1991) als instruktionales Design der zweiten Generation bezeichnet. Hier wird einerseits im Sinne der konstruktivistischen Auffassung die Bedeutung von Lernen in Problem- bzw. Handlungszusammenhängen betont, andererseits im Sinne kognitionstheoretischer Ansätze von der Beeinflussbarkeit eines Aufbaus kognitiver Strukturen bzw. mentaler Modelle durch geeignete Lernumgebungen ausgegangen (Merrill, 1991; Weidenmann, 1993). Aus der Sicht des Lernenden wird das optimale Verhältnis von Konstruktion und Instruktion thematisiert, aus der Sicht des Lehrenden die Balance zwischen Selbst- und Fremdbestimmung im Sinne einer adaptiven Gestaltung des Unterrichts oder der Lernumgebung (vgl. Leutner, 1992; 1998a; 2002a; Sumfleth, Wild, Rumann & Exeler, 2002). Auch die von Mandl, Gruber und Renkl (1995) oder Roth (1995) favorisierten Ansätze situierten Lernens und authentischer Lernumgebungen lassen sich als eine Verbindung kognitionstheoretischer und konstruktivistischer Ansätze auffassen. Hier wird der Lebens- und Lernsituation eine besondere Bedeutung unter Berücksichtigung zusätzlicher motivationaler und kommunikativer Gesichtspunkte sowie der Komplexität der Lernumgebung beigemessen (Krapp, 1993; Fischer, 1998).

### **Der Stellenwert des naturwissenschaftlichen Unterrichts**

In der erziehungswissenschaftlichen Debatte zur Frage ‚Was ist eine gute Schule?‘ (Tillmann, 1989) bleibt die gesellschaftliche Wertschät-

zung der Naturwissenschaften und die daraus abgeleitete Art der Verankerung der Naturwissenschaften im Schulsystem zumeist außerhalb des Blickfelds. In den Schulen standen und stehen zum Teil Aktivitäten im Mittelpunkt, die auf eine Verbesserung des Schulklimas, des Schullebens, des Schulprofils, selten aber auf eine Verbesserung der Unterrichtsqualität und damit letztlich auch der im Unterricht erzielten Lern- und Leistungsergebnisse zielen. Unterrichtsentwicklung stand in der Vergangenheit eher selten im Zentrum der Qualitätsentwicklung der Schulen (Helmke, 2000). Dies ändert sich derzeit, nicht zuletzt unter dem Eindruck der Ergebnisse der large-scale assessments. Mit diesem bereits beschriebenen Paradigmenwechsel, ist jedoch das Risiko verbunden, dass die Bedeutung der Schulqualität für die Unterrichtsqualität aus dem Blick gerät - insbesondere auch deshalb, weil das Verhältnis zwischen Schul- und Unterrichtsqualität bisher empirisch wenig untersucht worden ist (Ditton, 2000). Solange dies so ist, bewegen sich auch zu entwickelnde Interventionsstrategien auf unsicherem Boden. Für den Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts ergibt sich daher die Notwendigkeit, auch seine Verankerung im Schulsystem insgesamt und in der Einzelschule in die Betrachtung einzubeziehen, wenn es um das Herausarbeiten Erfolg versprechender Interventionsstrategien für die Verbesserung der Ergebnisse des Unterrichtens geht. Dabei sind die folgenden fünf Bereiche in den Blick zu nehmen, die für den Ertrag naturwissenschaftlichen Unterrichts bedeutsam sind:

- Die kulturelle Bedeutung, die die Gesellschaft den Naturwissenschaften beimisst,
- die zur Verfügung gestellte schulische Unterrichtszeit,
- die Sequenzialität der naturwissenschaftlichen Fächer innerhalb der Bildungsgänge und die damit zusammenhängende vertikale Vernetzung,
- der Stellenwert der Naturwissenschaften in der „kulturellen Innenausstattung“ der Einzelschule sowie (Fend, 2001)
- die Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler aus den jeweils vorangehenden Schulstufen.

Eine differenziertere Betrachtung dieser fünf Elemente führt zu der folgenden Beschreibung:

### **Zur Verwurzelung in der Kultur der die Schule tragenden Gesellschaft**

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurden die Naturwissenschaften in Deutschland als Bestandteil des Bildungskanons an den Rand gedrängt (Blankertz, 1985; Fuhrmann, 1999, besonders das 15. Kapitel ‚Die Mathematik und die Naturwissenschaften‘). Für die lang anhaltende Wirkung dieser vom Neuhumanismus eingeleiteten Entwicklung können Autoren wie Schwanitz (1999) als Kronzeugen dienen. Schwanitz schreibt: „Naturwissenschaftliche Kenntnisse müssen zwar nicht versteckt werden, aber zur Bildung gehören sie nicht“ (Schwanitz, 1999, 482). An derlei Aussagen denken offensichtlich die Autoren der BLK-Studie, wenn sie formulieren: „Man kann sich in diesen Bereichen ohne Gesichtsverlust mangelnde Begabung eingestehen – was heißt, dass dies für die individuelle Entwicklung keineswegs hinderlich zu sein scheint. (...) Offenbar ist es dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht bislang noch nicht in ausreichendem Maße gelungen, Sinn zuverlässig erfahrbar zu machen. Dies kann nicht allein im Unterricht geschehen“ (BLK, 1997, 69).

### **Zur Bedeutungszumessung durch Lernzeit**

Das hervorragende Steuerungsinstrument für die Ordnung des Schulwissens sind die Stundentafeln, über die Gesellschaften ihren Schülern „eine thematische und zeitliche Ordnung des Schulwissens“ (Diederich & Tenorth, 1997, 81) vorgeben. In der innerdeutschen PISA-Auswertung wird der hier angesprochene Zusammenhang so ausgedrückt: „Der Umfang des in den Stundentafeln insgesamt festgelegten Unterrichtsaufkommens scheint ein Indikator für die institutionell verankerte Bedeutung und Wertschätzung von Unterricht in einem Land zu sein“ (Baumert, Artelt, Klieme, Neubrand, Prenzel, Schiefele, Schneider, Tillmann & Weiß, 2002, 233).

Während in Deutschland der relative Anteil des naturwissenschaftlichen Unterrichts der

zwölf- bis vierzehnjährigen Schülerinnen und Schüler im internationalen Vergleich mit 10% dicht bei dem Durchschnitt aller OECD-Länder (11%) liegt, beträgt das entsprechende absolute Volumen nur 271 Zeitstunden gegenüber 306 Zeitstunden im Durchschnitt der OECD-Länder. Noch deutlicher wird die Diskrepanz bei der Betrachtung einzelner OECD-Länder: Frankreich 336, England 338 und Österreich sogar 443 Zeitstunden (eigene Berechnungen nach OECD 2001, 249 ff).

Die innerdeutsche Differenz von 8.076 (Berlin) bis hin zu 9.240 Unterrichtsstunden (Bayern) beträgt mehr als ein Schuljahr. Bei den von Klasse 1 bis 9 ermittelten Unterrichtszeiten lassen sich ebenfalls fachspezifische Länderunterschiede erwarten (Baumert et al., 2002, 48).

### **Zur Sequenzialität des naturwissenschaftlichen Unterrichts**

Die Verankerung eines Unterrichtsfaches in der zeitlichen Struktur und damit die Sequenzierung eines schulischen Bildungsgangs ist von vergleichbar großer Wirkung wie das Zeitvolumen. So wird z.B. in den Gymnasien Nordrhein-Westfalens das Fach Biologie in den Klassen 5 bis 7/1 und 8, 9 und 10 unterrichtet. Chemieunterricht wird in den Klassen 7, 9 und 10 erteilt, Physikunterricht dagegen in den Klassen 6 und 8 bis 10 (vgl. die ‚Ordnung der Bildungsgänge in der Sekundarstufe I‘ in: BASS 13 – 21). Nach PISA ist anzunehmen: „Dass die Chemiekompetenz in den Gymnasien zwischen den Ländern in einem hohen Maße variiert, dürfte an der späten Berücksichtigung dieses Faches in den Lehrplänen liegen. In der Regel wird dieses Fach erstmals in der 9. Klassenstufe unterrichtet. (...) In den nicht naturwissenschaftlichen Gymnasien in Bayern (...) erst in der Klasse 11 (...)“ (Baumert, Artelt, Klieme, Neubrand, Prenzel, Schiefele, Schneider, Tillmann & Weiß, 2002, 152). Die BLK-Expertise sieht in der Tatsache der fehlenden Sequenzierung des naturwissenschaftlichen Fachunterrichts ein gravierendes Hindernis für horizontale und vertikale Vernetzung (BLK, 1997, 45). Beide Varianten der Vernetzung sind kaum möglich, wenn Unterrichtsfächer nicht kontinuierlich, sondern zeitlich gestückelt

und nicht parallel erteilt werden. Zumindest für den Physikunterricht muss die Forderung nach horizontaler Vernetzung außerdem auf spezifische Inhalte des Mathematikunterrichts erweitert werden. Diese Zusammenhänge dürfen bei Ansätzen, die Leistungssteigerungen im Unterricht der einzelnen naturwissenschaftlichen Fächer anstreben, nicht übersehen werden.

### **Zur Verankerung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der einzelnen Schule**

Die „kulturelle Innenausstattung“ jeder einzelnen Schule (Fend, 2001) ist der einzelnen Schule selbst und der in ihr gewachsenen Tradition zuzurechnen. Zu ihr gehört z.B. das Ausmaß des fachfremd erteilten Unterrichts. Eine exemplarische Auswertung der nordrhein-westfälischen Daten des Schuljahres 2000/01 zeigt, dass es beachtliche Unterschiede zwischen den Bildungsgängen der Sekundarschulen gibt: An den Gymnasien liegt der Anteil des gesamten fachfremd erteilten Unterrichts bei 4,8%; für Physikunterricht gilt dieselbe Quote. An den Realschulen liegt der Anteil bei 16,3% bzw. bei 23,1%. An den Hauptschulen liegen die Werte bei 55,6% und 52,8 %. Für die anderen naturwissenschaftlichen Fächer bietet sich ein vergleichbares Bild (eigene Berechnungen nach MSWF - NRW 2001 – vgl. dazu auch die Übersicht in der innerdeutschen PISA-Auswertung; Baumert, Artelt, Klieme, Neubrand, Prenzel, Schiefele, Schneider, Tillmann & Weiß, 2002, 204). Untersuchungen dazu, ob Schulleitungen bei der Lehrverteilung und bei der Anordnung fachfremden Unterrichts einzelne Fächer bevorzugen bzw. benachteiligen, scheinen nicht vorzuliegen. Das Gleiche gilt im Übrigen auch für den Unterrichtsausfall.

Deutlicher der einzelnen Schule und ihrer Schulkultur zurechenbar ist die Ausgestaltung der schulindividuellen Schulprofile: Die bisher einzige vorliegende repräsentative Untersuchung zur inhaltlichen Akzentuierung von Schulprofilen an Deutschlands Schulen, die im Kontext der PISA-Studie geliefert wird, macht deutlich, dass der naturwissenschaftliche Bereich bei der Profilbildung, im Vergleich zu berufs- und praxisbezogenen, auf neue

Technologien ausgerichteten Profilbildungen und zu musisch künstlerischen, insgesamt nur schwach ausgeprägt ist (Baumert, Artelt, Klie-me, Neubrand, Prenzel, Schiefele, Schneider, Tillmann & Weiß, 2001, 441).

Schließlich wissen wir aus der Wirksamkeitsforschung (research on effective schools), dass berufsbezogene Kooperation im Lehrerkollegium für die Unterrichtseffektivität von hoher Bedeutung ist. Angesichts defizitärer Sequenzialität verstärkt sich die Tendenz zu mangelnder Kooperation für naturwissenschaftlichen Unterricht in besonderer Weise.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Bedeutung der Kultur der Einzelschule, der „kulturellen Innenausstattung“, in der Fachliteratur als unumstritten dargestellt wird. Empirische Befunde zur fachspezifischen ‚Dignität‘ (BLK, 1997, 99) unter Bezug auf den naturwissenschaftlichen Unterricht liegen jedoch nicht vor.

### **Naturwissenschaftliche Vorerfahrungen der Schüler und Schülerinnen**

Der naturwissenschaftliche Unterricht der Sekundarstufe I baut auf dem Sachunterricht der Grundschulen auf. Zumindest für Nordrhein-Westfalen verweisen die Ergebnisse einer Untersuchung aus den neunziger Jahren (Möller, Tenberge & Ziemann, 1996) darauf, dass die naturwissenschaftliche Grundbildung in der Grundschule vernachlässigt wird. Die Vermutung der BLK-Gutachter, dass den unterrichtlichen Begegnungen mit Naturphänomenen der unbelebten Natur im Sachunterricht der Grundschule zu geringer Raum zukommt (BLK, 1997, 54 ff), lässt sich mit den Ergebnissen der IGLU/PIRLS-Untersuchung allerdings auf den ersten Blick nicht verifizieren (Bos, Lankes, Prenzel, Schwippert, Walther & Valtin, 2003). In dieser internationalen Leseuntersuchung wurden in Deutschland, in Erweiterung des internationalen Programms, auch mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Grundschulzeit erhoben. Die Ergebnisse sind ermutigend. Deutsche Grundschüler zeigen im Mittel Leistungen, die denen der internationalen Spitzengruppe der entsprechenden TIMS-Studie entsprechen. Es ist allerdings

nicht klar, wie dieses gute Abschneiden in Bezug auf die Fächer zu bewerten ist. Der Beitrag des schulisch erteilten Unterrichts scheint eine eher sekundäre Rolle zu spielen. Von Experten werden nur etwa 37% der Aufgaben als explizit lehrplanvalide eingeschätzt (Bos, Lankes, Prenzel, Schwippert, Walther & Valtin, 2003, 161). Bei einer von den Autoren dieses Artikels durchgeführten Bewertung der Aufgaben durch 10 Experten ergibt sich darüber hinaus das folgende Bild: 58% der Aufgaben werden dem Alltagswissen zugeordnet, 2% der Chemie (eine Aufgabe), 32% der Physik, 4% der Biologie und 2% der Geographie. Es kann deshalb vorsichtig geschlossen werden, dass naturwissenschaftlicher Sachunterricht durch den Test offensichtlich nur unvollständig abgebildet wird und dass das Wissen unserer Grundschüler im getesteten Inhaltsbereich nur zu einem kleineren Teil aus der Schule, zum größeren Teil aus der Familie, aus Peergruppen oder einschlägigen Fernsehsendungen stammt. Die Anteile dieser Bereiche sind allerdings bisher nicht zu ermitteln. Es ist anzunehmen, dass die Items des IGLU-Tests, die sich auf Alltagswissen beziehen, in einem Kompetenzbereich liegen, der zum außerschulischen Umfeld der Schüler gehört. In der Sekundarstufe I ist dies nicht mehr der Fall. Die Reform des naturwissenschaftlichen Unterrichts in den Schulen muss sich deshalb nicht primär, wie man nach IGLU vermuten könnte, auf die Qualitätsprobleme in der Sekundarstufe I konzentrieren müssen. Sie sollte sich gleichermaßen, wie in der BLK-Expertise bereits vermutet, „(...) mit der Frage des Anteils naturwissenschaftlicher Inhalte und der Qualität ihrer Behandlung im Sachunterricht“ der Grundschule (BLK, 1997, 55) auseinandersetzen.

### **Bedingungen naturwissenschaftlichen Unterrichts**

#### **Unterrichtsskripte**

Die Ergebnisse der TIMSS-Video Studie belegen sehr spezifische Unterrichtsabläufe im Mathematikunterricht in Deutschland, Japan und den USA. Seidel et al. (2002) und Fischer et al. (2002) bestätigen durch eine Analyse der Sichtstruktur für den Physikunterricht ebenfalls

höchstens eine Schülerbeteiligung von 15% an den gesamten Unterrichtsaktivitäten. In beiden Untersuchungen werden zwei Typen von Unterricht identifiziert, der lehrerzentrierte Unterricht mit Demonstrationsexperimenten und der lehrerzentrierte Unterricht mit Anteilen von Schülerexperimenten. Der lehrerzentrierte Demonstrationsunterricht (siehe auch Baumert und Köller (2000) für die Sekundarstufe II) ist durch große Anteile an Klassengesprächen, Demonstrationsexperimenten und Tafelanschriften sowie Hefteinträgen (> 80%) zu kennzeichnen. Der lehrerzentrierte Unterricht mit Anteilen an Schülerexperimenten in der Sekundarstufe I räumt den Schülerinnen und Schülern neben Klassengesprächen etwa 20% der Unterrichtszeit für eigene Experimente (selten für theoretische Arbeit) ein. Der Unterricht ist in jedem Fall lehrerdominiert und durch kleinschrittige, stark lenkende Fragen des Lehrers eng geführt, so dass der Sprachanteil der Lernenden am Unterrichtsgespräch sehr gering ist. Bei der Gruppe mit Anteilen von Schülerexperimenten ist in den lehrerzentrierten Phasen ein stärkeres Eingehen auf Schüleräußerungen zu erkennen. Schülervorstellungen werden jedoch insgesamt von den Lehrenden kaum explizit gemacht und deshalb selten berücksichtigt (z.B. Sumfleth & Pitton, 1998). Dies gilt auch für Schülerarbeitsphasen, in denen Schüler-Lehrer-Gespräche nur eine geringe Rolle spielen. Unterricht mit Schülerexperimenten ist nicht am Lernprozess orientiert, sondern am Ergebnis der experimentellen Aufgabe. Der Experimentalunterricht in Chemie und Physik (für Biologieunterricht gibt es hierzu bisher keine Aussagen) zielt daher offensichtlich auf reproduzierbares Faktenwissen und nicht auf die Anwendung von theoretischen Zusammenhängen in Problemlöse- bzw. Experimentalsituationen.

Experimentierphasen ohne inhaltliche und strukturelle Einbindung in einen größeren naturwissenschaftlichen Kontext (vertikale Vernetzung) und ohne geplanten Diskurs können deshalb höchstens manuelle Geschicklichkeit im Umgang mit diversen, sehr speziellen Apparaten und das Vermögen fördern, Arbeitsanweisungen sequenziell abzarbeiten (Lunetta,

1998; Hucke, 2000; Hucke & Fischer, 2001). Als Reaktion auf die skizzierten Defizite ist die Wirkung des Professionswissens und des unterrichtlichen Handelns von Lehrern im Rahmen experimenteller naturwissenschaftlicher Aufgaben auf der Basis bereits erforschter Unterrichtsstrukturen zu untersuchen (Fischer et al., 2002; Sumfleth, Wild, Rumann & Exeler, 2002). Die Umsetzung der Ergebnisse kann in Folgeuntersuchungen nur dann unterrichtswirksam gelingen, wenn die Rahmenbedingungen für den Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern unter besonderer Berücksichtigung von Lehrer- und Schülerexperimenten bekannt sind und Wechselwirkungen zwischen Rahmenbedingungen und Unterrichtsqualität beschrieben werden können. Hierzu müssen zunächst die eher normativen gesellschaftlichen Voraussetzungen betrachtet werden.

### **Naturwissenschaftliche Grundbildung**

In den allgemeinbildenden Schulen Deutschlands vollzieht sich naturwissenschaftliche Grundbildung – zumindest dem Anspruch nach – als Bestandteil allgemeiner Bildung. Allgemeine Bildung (u.a. Heymann, 1994; Tenorth, 1994) umfasst die Anstrengung einer Gesellschaft, „die sich darauf richtet, durch gesellschaftliche Institutionen in der heranwachsenden Generation diejenigen Kenntnisse und Fähigkeiten, Einstellungen und Haltungen zu verbreiten, deren Beherrschung jeweils als notwendig und unentbehrlich gilt“ (Tenorth, 1994, 7). Vor einem solchen Hintergrund wird die Diskussion über Normen naturwissenschaftlicher Grundbildung geführt. Diese Diskussion wird durch das normative Verständnis in der US-amerikanischen Debatte geprägt (Lederemann, 2001), die inzwischen auch auf den europäischen Raum ausstrahlt (Gräber & Bolte, 1997; Gräber, Nentwig, Koballa & Evans, 2002). Eine Operationalisierung der allgemeinen Ziele für naturwissenschaftlichen Unterricht findet man bei Bybee (1997) (s.a. Jung, 1970; Bingle & Gaskell, 1994; Glynn, Muth & Denise, 1994; Fischer, 1998; OECD, 2001; Prenzel, Rost, Senkbeil, Häußler & Klopp, 2001). Im naturwissenschaftlichen Unterricht sollen demnach grundlegende Phänomene erarbeitet und

verstanden werden, die als Basis für eine naturwissenschaftliche Systematisierung und die Entwicklung naturwissenschaftlicher Konzepte dienen können. Die historischen Wurzeln sollen deutlich gemacht und wissenschafts- und erkenntnistheoretische Überlegungen in Ansätzen und dem Alter der Lernenden angemessen entwickelt werden. Der Unterricht soll naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (scientific reasoning) sowohl als Organisationsprinzip als auch als Unterrichtsziel enthalten, da Diskurs und Theoriebildung als wesentliche Bestandteile dieser Arbeitsweisen angesehen werden können. Darüber hinaus sollen Präsentation und Argumentation gefördert werden, damit die Lernenden am gesellschaftlichen Diskussionsprozess auch in Themenbereichen teilnehmen können, in denen naturwissenschaftliche Konzepte zur aktuellen Problemlösung und zur Zukunftsplanung benötigt werden.

Orientiert an US-Standards (American Association for the Advancement of Science 1989, Biological Science Curriculum Study 1990, National Science Teacher Association 1990) soll Unterricht so gestaltet werden, dass die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit bekommen, die besonderen Strukturen der Naturwissenschaften zu verstehen, sich mit ihren Inhalten auseinander zu setzen und ihre Modelle, Theorien und Methoden angemessen anzuwenden. Hierzu gehört Beobachtungs- und Einsichtsfähigkeit wie die Erkenntnis, dass Beobachten selektives Wahrnehmen ist. Sie sollen naturwissenschaftliche Messmethoden und Nachweisverfahren anwenden sowie deren Reichweite und Zuverlässigkeit beurteilen können, mit naturwissenschaftlichen Ordnungs- und Klassifizierungssystemen umgehen, sich mit den Naturwissenschaften als einer Form gesellschaftlicher Arbeit (Forschung, Entwicklung, Produktion, Anwendung) und mit Ursachen, Prozessen und Folgen von Wissenschaft auseinander setzen und dabei deren Auswirkungen auf verschiedene Lebensbereiche einschätzen. Nicht zuletzt sollen die Lernenden die Chance bekommen zu erkennen, dass die Naturwissenschaften Eingang in viele berufliche Tätigkeitsfelder gefunden haben und zunehmend finden werden. Die

Diskussion über diese Elemente wird zur Zeit unter dem Begriff „Scientific Literacy“ verstärkt aufgegriffen und findet sich u.a. auch in den neuen Richtlinien „Naturwissenschaften“ für Gesamtschulen des Landes Nordrhein-Westfalen (Lehrplan NRW, 1999, 6): „Der naturwissenschaftliche Unterricht zielt gemeinsam mit allen anderen Fächern auf Qualifikationen, die lebenslanges Lernen, gesellschaftliche Mitwirkung und Mitverantwortung sowie individuelle Selbstentfaltung ermöglichen.“ Mit unterschiedlichen Schwerpunkten sind ähnliche Forderungen an naturwissenschaftlichen Unterricht immer wieder gestellt worden (IPN Curriculum: Frey & Achtenhagen, 1975; Salters: Millar, 1993; STS: Solomon & Aikenhead, 1994; Nuffield: Waring, 1997; Chemie im Kontext: Parchmann, Demuth, Ralle, Paschmann, Hunte mann, Krilla, Bündler & Nentwig, 2001).

Die normative Forderung nach naturwissenschaftlicher Ausbildung im Sinne einer solchen Scientific Literacy erscheint angesichts der Ergebnisse von TIMSS für die Sekundarstufe I in Deutschland aus Sicht der empirischen Forschung eher utopisch (Baumert et al., 1997; Beaton, Martin, Mullis, Gonzales, Smith & Kelly, 1996; Shamos, 1995). Dennoch ist es wichtig, die Debatte über Standards in der Ausbildung zu führen und die Erstellung von Curricula stärker auf Ergebnisse der empirischen Unterrichtsforschung zu stützen. Ausgehend von der Expertise „Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards“ (Bulmahn, Wolff & Klieme, 2003) sollen, in Übereinstimmung mit Weinert (2001), Kompetenzen formuliert werden, die eine neue Sicht auf Lehrpläne eröffnen. Aus ihnen lassen sich operationalisierbare Ziele für Unterricht entwickeln. Mit in Stufen formulierten Kompetenzen werden nicht nur die zu erwartenden Lernergebnisse für unterschiedliche Altersstufen begründbar, es ist darüber hinaus möglich, anzustrebende Entwicklungen des Wissens stufenförmig zu beschreiben und, mit geeigneten Testverfahren, die Lernergebnisse zu überprüfen (Weinert, 2001, 59). Diese für Deutschland neue Output-Kontrolle erfordert eine andere Sicht auf Schulleistungen als bisher. Als Orientierung dient die im Mittel erreichte Leistung und die durch Unterricht zu

beeinflussende Varianz und nicht ein Maximal- oder Minimalziel. Es entsteht dadurch ein Anspruch an das System: Die Schule muss die Bedingungen dafür schaffen, dass möglichst viele Schüler und Schülerinnen die Chance haben in der vorgesehenen Zeit die formulierten Ziele zu erreichen und das System durch Qualitätssicherungsmaßnahmen mit diesem Ziel optimieren. Wissenschaftlich ist deshalb zu klären, wie die normativen Ziele von naturwissenschaftlicher Grundbildung nach Kompetenzmodellen entwickelt, wirksam in naturwissenschaftlichen Unterricht implementiert und die Umsetzung im Unterricht kontrolliert werden kann. Dabei besteht die Notwendigkeit, die nicht zu vermeidenden inhaltlichen Inseln durch übergreifende Konzepte vertikal zu verbinden und die zur Qualitätssicherung benötigten Testinstrumente zu entwickeln.

### **Inhaltliche Vernetzung**

Kompetenzstufenmodelle liefern auch eine Basis für die gezielte Entwicklung stärker vernetzter Curricula, um die Anschlussfähigkeit des erworbenen Wissens zu fördern. Vor dem Hintergrund kumulativen Lernens wird in diesem Zusammenhang vor allem die vertikale Vernetzung betont, aber auch die horizontale Vernetzung ist bei deutschen Schülerinnen und Schülern nur wenig ausgeprägt. Verfügbares Vorwissen (Weinert, 1996), an das angeknüpft werden kann, ist nur wenig gegeben. Andererseits gibt es übergreifende naturwissenschaftliche Konzepte, die zum einen helfen, Inhalte zu strukturieren und weiterzuentwickeln (Erhaltungssätze, Energieumwandlung, Kontinuum-Diskontinuum, Donator-Akzeptor-Prinzip, chemisches Gleichgewicht usw.) und die zum anderen, im Sinne von Hypertext-Lernen (Wagner, 1999; Oser & Baeriswyl, 2001), den Lernenden einen mehr-perspektivischen Zugang zum Inhaltsbereich unter verschiedenen übergeordneten Prinzipien ermöglichen. Sie können als von außen angebotene Advance Organizer (Ausubel, 1963) dienen und kumulatives Lernen ermöglichen. Bei Seel (2000) werden sie „Ankerideen“ genannt. Das oben beschriebene Naturwissenschaftliche Arbeiten wäre auf der Ebene der Forschungsmethode

ein weiterer Advance Organizer im Sinne von Ausubel (1963).

Nach Weber (2002) sollten zwei Arten der vertikalen, zeitlich und inhaltlich konsekutiven Vernetzung berücksichtigt werden. Die interne vertikale Vernetzung bezieht sich auf die Sachstruktur eines abgeschlossenen Inhaltsbereiches (Mechanik, Wärmelehre, usw.), die externe vertikale auf die Schnittstellen zwischen diesen Bereichen. Während gerade mit Blick auf die Physik einzelne Inhaltsbereiche in der Schule anscheinend unverbunden nebeneinander stehen, resultiert ein Teil der Schwierigkeiten in der Chemie gerade aus der Tatsache, dass die verschiedenen Bereiche (z.B. durch ein verstehendes Umgehen mit Reaktionen und Reaktionssymbolen oder mit Atom- und Bindungsmodellen) so eng miteinander verknüpft sind, dass Lernende ohne Verständnis für diese Zusammenhänge keine Chance auf sinnvolles Weiterlernen haben. Diese starke vertikale Vernetzung wird aber weder im 45-Minuten-Takt isoliert dastehender Unterrichtsabschnitte, noch in der Kapitelstruktur der Schulbücher deutlich. Die empirisch fundierte Erarbeitung eines fachdidaktischen Konzepts zur Förderung kumulativen Lernens ist bisher in Deutschland nur in einer Arbeit für den Physikunterricht und hier auch nur innerhalb eines abgeschlossenen Inhaltsbereichs, der Optik, versucht worden (Weber, 2002). Hier besteht erheblicher Forschungsbedarf.

Auch die Wirkung horizontaler (auch zeitlich paralleler) Vernetzung der Inhalte unterschiedlicher Fächer ist weitgehend ungeklärt. Es kann vermutet werden, dass eine fächerübergreifende oder fächerverbindende Gestaltung des Unterrichts in einem Unterrichtsfach Naturwissenschaften leichter zu erreichen wäre als in getrennt unterrichteten Einzelfächern, entsprechend ausgebildete Lehrer vorausgesetzt. In einem integrierten Fach oder „Lernbereich Naturwissenschaften“ ist allerdings die Komplexität der Problemstellungen erheblich größer als im Unterricht der einzelnen Fächer. Bei den schon jetzt als besonders schwierig charakterisierten Fächern Chemie und Physik wird die Erhöhung der Komplexität ein Verständnis fachlicher Modelle und Konzepte

nicht erleichtern (Schecker & Winter, 1999). Im Naturwissenschaftsunterricht kann stärker exemplarisch gearbeitet werden, im Unterricht der Einzelfächer dagegen systematischer. Infolgedessen muss insbesondere im integrierten Naturwissenschaftsunterricht dem Aufbau von Systematiken der Sachstruktur erhebliche Aufmerksamkeit geschenkt werden, damit die notwendige Differenzierung in die unterschiedlichen Perspektiven geleistet werden kann. Demgegenüber muss im Fachunterricht horizontale Vernetzung in exemplarischem Vorgehen betont werden, um Gemeinsamkeiten zwischen den Fächern herauszuarbeiten. Naturwissenschaftliche Grundbildung benötigt horizontale und vertikale Vernetzung, damit qualitative Verständnisrahmen aufgebaut werden können, die anschlussfähig sind (Sumfleth, 1988). Eine auch formal-organisatorische Vernetzung der einzelnen Fächer, etwa in einem Fach Naturwissenschaften, könnte ein Schritt zum Erreichen eines Hauptfachcharakters sein (Prenzel et al., 2001). In diesem Zusammenhang sind auch schulformabhängige Varianten in Erwägung zu ziehen und zu untersuchen.

Eine Betonung der inhaltlichen Verknüpfungen kann einerseits z.B. durch den Einsatz von Concept-Maps als Hilfen zur inhaltlichen Strukturierung und als Lernstrategie erfolgen (Sumfleth, 1985; 1988; Sumfleth & Stachelscheid, 1986; Sumfleth & Dannat, 1988; Sumfleth, Stachelscheid & Gramm, 1989; Sumfleth, Bergmann & Dannat, 1990; Schreiber, 1998; Fischer & Hucke, 2001; Leopold & Leutner, 2002; Leutner & Leopold, 2003a, b), andererseits z.B. durch Aufgabentypen, die neue Arten der Aufgabenbearbeitung nahe legen (Fischer & Draxler, 2002).

### **Aufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht**

Neben Experimenten nimmt die Bearbeitung von Aufgaben einen beträchtlichen Anteil im naturwissenschaftlichen Unterricht ein. Häußler und Lind (1998, 3) verstehen unter Aufgaben „... wohl definierte Probleme, die (mindestens) eine Lösung haben und deren Bearbeitung in relativ kurzer Zeit möglich ist.

Aufgaben im Physikunterricht sind meist verbal formuliert und erfordern zu ihrer Lösung eine schriftliche Ausarbeitung.“ Aufgaben werden im naturwissenschaftlichen Unterricht mit unterschiedlichen Intentionen eingesetzt. Sie dienen dem Erschließen von neuem Wissen, dem routinierten Anwenden und dem Übertragen auf neue Anwendungsgebiete und ermöglichen durch ihr Struktur bildendes Potenzial eine „Orchestrierung“ (Duit, Fischer & Müller, 2002) des Unterrichts in verschiedene Phasen. Darüber hinaus bieten Aufgaben die Möglichkeit, naturwissenschaftliche Arbeitsweisen wie z.B. das Generieren von Hypothesen oder das Bewerten von Evidenzen zu vermitteln und Unterricht entlang dieser Prinzipien naturwissenschaftlichen Arbeitens zu organisieren (Labudde, 1993; Dweck & Mueller, 1998; Stebler, Reusser & Ramseier, 1998; Fischer, 1999).

Die Eignung der zurzeit in den naturwissenschaftlichen Fächern verwendeten Aufgaben ist nicht klar. TIMS-Video für den Mathematikunterricht (Klieme & Bos, 2000) und einzelne Untersuchungen im Physikunterricht (Fischer & Draxler, 2002) legen allerdings die Vermutung nahe, dass Aufgaben z.B. nicht sinnvolles Anwenden von Wissen fördern, sondern ein Abarbeiten von Algorithmen. Dies kann zum Einüben von Löseverfahren zwar sinnvoll sein, fördert aber z.B. kein Verständnis von Zusammenhängen. Die Situation in den Fächern Chemie und Physik unterscheidet sich allerdings grundlegend. Während das Üben im Physikunterricht durch eine Fülle von Aufgaben bestimmt ist, über deren Qualität mit Blick auf Anforderungsprofil und Lernwirksamkeit bisher wenige Aussagen gemacht werden können, werden im Chemieunterricht Aufgaben kaum eingesetzt. Es gibt hier fast keine Aufgaben, die Problemlösungen in komplexen Situationen verlangen (Gabel & Bunce, 1994). Zoller (1990) schlägt eine computerbasierte Umgebung zum Lösen komplexer Alltagsprobleme vor (IEE), in denen chemische Fragestellungen eine Rolle spielen, die aber nicht zur Entwicklung von fachbezogenen Chemieaufgaben geführt hat.

Das oben genannte Potenzial von Aufgaben wird im deutschen Unterricht der naturwis-

senschaftlichen Fächer also nur unzureichend genutzt (Baumert et al., 2001). Hinweise auf mögliche Ursachen liefert bereits die TMS-Videostudie (Stigler, Gonzales, Kawanaka, Knoll & Serrano, 1997). Hier wurden insgesamt 231 Unterrichtsstunden der 8. Jahrgangsstufe im Fach Mathematik in Japan, den USA und Deutschland aufgezeichnet. Ein systematischer transkultureller Vergleich von Sichtstrukturen zeigt, dass insbesondere der japanische Mathematikunterricht auf die Förderung von Problemlösekompetenz ausgerichtet ist. Die oftmals offen formulierten Aufgaben ermöglichen verschiedene Formen des Übens und Anwendens und sind durch das gleichzeitige Zulassen mehrerer Lösungswege charakterisiert. Damit unterscheiden sich die im japanischen Unterricht vorkommenden Aufgaben deutlich von denen im deutschen oder amerikanischen Unterricht. Letztere sind vorwiegend auf das Ergebnis und weniger auf den Prozess der Lösungsfindung oder gar auf das Diskutieren mehrerer Lösungswege ausgerichtet. Dementsprechend ist die Entwicklung und Untersuchung eines Aufgabenkonzepts für den naturwissenschaftlichen Unterricht erforderlich, mit dem auch die experimentellen Anteile des naturwissenschaftlichen Unterrichts thematisiert werden können. Auf der Basis bereits entwickelter Kriterien (Klieme & Baumert, 2001; Klieme, Funke, Leutner, Reimann & Wirth, 2001; OECD, 2001; Fischer & Draxler, 2002; Leutner, 2002b; Wirth, 2003) können Strategien erarbeitet werden, mit denen den Lernweg berücksichtigende Aufgaben auf Kompetenzen bezogen konstruiert werden können. Diese Art von Aufgaben sind in unterschiedlichen Unterrichtssituationen (zum Entwickeln neuer Konzepte, theoretisch und experimentell, zum Üben, zur Diagnose und Kompetenzrückmeldung, zur Leistungs- und zur Qualitätskontrolle) einsetzbar.

Zur Charakterisierung der Schwierigkeit von Aufgaben und der zur Lösung notwendigen Kompetenzen sind in der letzten Zeit mehrere Vorschläge gemacht worden. Die Tragfähigkeit der Ansätze kann derzeit allerdings noch nicht abgeschätzt werden. Klieme (2000) hat zur Charakterisierung von TIMSS-Aufgaben Merk-

male formuliert, die sich auf Anforderungen an die kognitiven Eigenschaften des „typischen“ Aufgabebearbeiters beziehen. Das Instrumentarium besteht aus acht allgemeinen Kennzeichen für Physik- und Mathematikaufgaben: (1) Kenntnisse von Definitionen, mathematischen Sätzen bzw. physikalischen Sätzen, (2) Qualitatives Verständnis mathematischer bzw. physikalischer Begriffe, (3) Rechnen, (4) Operieren mit mathematischen Termen und Kalkülen, (5) Interpretation von Diagrammen, (6) Textverständnis, (7) Bildliches Vorstellen und (8) Problemlöseprozesse. Für Chemie oder Biologie-Aufgaben existieren bislang keine vergleichbaren Klassifizierungen.

Prenzel, Häußler, Rost und Senkbeil (2002) haben auf der Grundlage einer detaillierten Analyse der in der PISA-Studie verwendeten Aufgaben die Merkmale herausgearbeitet, mit denen sich die Schwierigkeit einer Aufgabe vorhersagen lässt. Sie unterscheiden als Analyse Kriterien formale Aufgabenmerkmale (z.B. „Länge des Aufgabentextes“, „Aufgabe enthält Zahlen“ oder „grafischer Output“), kognitive Anforderungen beim Lösen der Aufgabe (z.B. „Textinformationen verarbeiten“, „logisch verknüpfen“ oder „etwas ausrechnen“) und die Merkmale der für das Lösen notwendigen Wissensbasis (z.B. „lösungsrelevante Informationen im Text“, „Faktenwissen“ oder „Je-desto-Beziehungen“). Der Zusammenhang dieser Aufgabenmerkmale (Prädikatoren) mit der Itemsschwierigkeit (Kriteriumsvariable) wird durch eine Regressionsanalyse ermittelt. Die Autoren können zeigen, dass eine Aufgabe im wesentlichen als schwieriger eingestuft wird, wenn „etwas auszurechnen ist“, „terminologisches Wissen“ erforderlich ist, „freie, längere Antworten zu formulieren sind“ oder ein „räumliches Modell aufzubauen ist“. Dagegen werden eine Grafik sowie bildliche Informationen als erleichternde Merkmale gesehen. Die Länge eines Aufgabentextes beeinflusst die Aufgabenschwierigkeit jedoch kaum. Diese Schwierigkeitsanalyse validiert damit gewissermaßen das in PISA zu Grunde gelegte Raster der Aufgabenkonstruktion (Prenzel, Rost, Senkbeil, Häußler & Klopp, 2001). Danach sollen folgende kognitive Aspekte des Kompe-

tenzbereiches „Naturwissenschaften“ erhoben werden: (1) aus einer grafischen Repräsentation richtige Informationen ableiten, (2) Fakten- und Kompetenzwissen aus dem Gedächtnis abrufen und anwenden, (3) aus einer gegebenen Information die richtigen Schlüsse ziehen, (4) ein mentales Modell heranziehen und (5) einen Sachverhalt verbalisieren.

Im Zusammenhang mit dem BLK-Programm zur „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (BLK, 1997) und der „Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung von Unterricht in der Sekundarstufe I“ (Klieme & Baumert, 2001) wird ein Kompetenzstufenmodell vorgeschlagen, das die eben skizzierten Ansätze der Aufgabenanalyse aufnimmt. Es betrachtet Problemlöseprozesse differenzierter und formuliert als höchste Kompetenzstufe das Überwinden von Fehlvorstellungen. Fischer und Draxler (2001) haben die verschiedenen in der Literatur formulierten Anforderungen an Aufgaben für den Physikunterricht zu einem Kriterienkatalog zusammengefasst, der zumindest eine theorieorientierte Charakterisierung von Aufgaben zum gezielten Einsatz im Unterricht ermöglichen soll. Sie unterscheiden im Wesentlichen den Inhaltsbereich, die Lösungswege, das Antwortformat, die Kompetenzstufen und die Unterrichtsphase:

- Der Inhaltsbereich wird anhand der Zuordnung der fachwissenschaftlichen Inhalte und durch den Realitätsbezug des gewählten Inhalts für die Schülerinnen und Schüler bestimmt.
- Lösungswege werden als experimentell bezeichnet, wenn die Durchführung und Auswertung eines Experiments sowie die aktive Auseinandersetzung mit der experimentellen Methode den Schwerpunkt bilden. Werden vorhandene graphische Darstellungen interpretiert oder aus vorgegebenen Werten erstellt, so wird der Lösungsweg als halbquantitativ kategorisiert. Ein rechnerischer Weg liegt vor, wenn die Aufgabe mit Hilfe eines physikalischen Gesetzes und mathematischer Fertigkeiten gelöst werden soll.
- Beim Antwortformat, welches nach Klie-

me (2001) etwa 30% der Schwierigkeit einer Aufgabe erklärt, wird zwischen Multiple-Choice-Aufgaben, Kurzantwort-Aufgaben und Aufgaben mit erweitertem Antwortformat unterschieden. Insbesondere das erweiterte Antwortformat ist von Interesse, da die für den naturwissenschaftlichen Unterricht häufigen experimentellen Aufgaben entweder sehr eng formuliert sind oder so offen gehalten werden, dass die Schülerinnen und Schüler besondere Schwierigkeiten beim Lösen haben. Im ersten Fall bleibt der Lernerfolg wegen zu geringer kognitiver Aktivierung aus, im zweiten Fall sind die Schüler durch die Offenheit der Situation bzw. mangelnde Strukturierungsmöglichkeiten überfordert. Horstendahl (1999) unterscheidet in Anlehnung an Dörner (1996) und Fischer (1989) nach dem Grad der Hilfestellung beim Bearbeiten experimenteller Aufgaben zwischen imitatorischem Experimentieren („Abarbeiten“ von Versuchsanleitungen), organisatorischem Experimentieren (selbstständiger Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung) und konzeptuellem Experimentieren. Bei letzterem finden die Schülerinnen und Schüler selbstständig die relevanten Messgrößen und organisieren die experimentelle Aufgabe entsprechend.

- Bei den Kompetenzstufen ist die Stufe anzugeben, die zum Lösen einer Aufgabe notwendig ist. Dabei wird zwischen dem Anwenden von naturwissenschaftlichem Alltagswissen, einfachen Erklärungen naturwissenschaftlicher Phänomene, dem Anwenden von Gesetzen und Faktenwissen, dem Anwenden von Konzepten, Verfahren und Modellvorstellungen, dem Argumentieren und Problemlösen sowie dem Überwinden von Fehlvorstellungen unterschieden.
- Letztlich ist bei der Bewertung einer Aufgabe anzugeben, in welcher Unterrichtsphase ihre Verwendung vorgesehen ist: Erarbeitungsphase, Übungsphase oder Leistungsmessungsphase.

Der so erstellte Kriterienkatalog kann zur

Charakterisierung von bereits vorliegenden Physikaufgaben herangezogen werden. Für Biologie- und Chemie-Aufgaben muss ein entsprechendes Kategoriensystem erst noch entwickelt werden.

Nach PISA korreliert Lesekompetenz („Reading Literacy“) in hohem Maße mit den Leistungen im Bereich der naturwissenschaftlichen Grundbildung. Für den deutschsprachigen Raum ist diese Lesekompetenz größtenteils nicht zufrieden stellend (Baumert et al., 2001), so dass die erste Voraussetzung für ein erfolgreiches Bearbeiten naturwissenschaftlicher Aufgaben nicht gegeben ist. Es ist somit bei der Konstruktion von Aufgaben für den naturwissenschaftlichen Unterricht erforderlich, auch Kriterien der Lesekompetenz mit zu berücksichtigen (Fischer & Draxler, 2002; Tiemann, Fischer, Labusch & Draxler, 2002), insbesondere dann, wenn die Aufgaben in einem schriftlichen Format vorgegeben werden.

Angemessen konstruierte Aufgaben bieten „einen Anlass zur Identifikation mit dem Problem, eine Anbindung an gesellschaftlich relevante Fragestellungen, eine Möglichkeit, eigene Ideen zu überprüfen und zu entwickeln, einen Anlass, physikalische Modelle kontrolliert anzuwenden und die Möglichkeit, über physikalische Sachverhalte zu diskutieren“ (Fischer, 2001, 42). Adäquat formulierte und eingesetzte Aufgaben ermöglichen es also, Standards einer naturwissenschaftlichen Grundbildung im Unterricht zu erreichen (deBoer & Bybee, 1995; Bybee, 1997; Fischer, 1998). Wie diese Umsetzung bzw. „angemessene Konstruktion“ zu konkretisieren ist und ob bzw. inwieweit das wenig zufrieden stellende Abschneiden der deutschen Schülerinnen und Schüler in den internationalen Schulleistungsvergleichsstudien möglicherweise mit einem weit verbreiteten Einsatz suboptimaler Aufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht zusammenhängt, ist bislang noch nicht hinreichend untersucht worden.

### Experimente im Unterricht

Ähnlich ungeklärt wie die Lernwirksamkeit von Aufgaben ist die von Experimenten, und zwar sowohl von Lehrerdemonstrationsexpe-

rimenten als auch von Schülerexperimenten, obwohl sie unbestritten inhärenter Bestandteil naturwissenschaftlichen Unterrichts sind (Rosen, 1954). In England und den USA wird seit Beginn und verstärkt seit den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts der naturwissenschaftliche Unterricht deutlich am Schülerexperiment orientiert. Die Funktion des Experimentierens in diesem Teil des naturwissenschaftlichen Unterrichts wurde Ende der siebziger und Anfang der achtziger Jahre zunehmend hinterfragt. So plädiert Woolnough (1983) sogar dafür, sich von allen üblichen Erwartungen an das Experimentieren zu verabschieden, insbesondere davon, dass das Durchführen von physikalischen Experimenten einen Einfluss auf theoretische Konzepte von Lernenden habe. In der Tat weisen viele Untersuchungen darauf hin, dass die durchgeführten Praktika die postulierten Ziele nur unvollkommen erreichen (vgl. Bates, 1978; Hofstein & Lunetta, 1982; Toothacker, 1983). Deutlich wird aber auch der Zusammenhang zwischen Lernerfolg und Design der Lernumgebung (Woolnough, 1983, 24ff). Tamir und Lunetta (1981) kritisieren, dass den Lernern kaum Möglichkeit zur Diskussion und zum Testen eigener Hypothesen gegeben wird. Sie müssen den Anleitungen wie einem Kochbuch folgen (s.a. Gallagher & Tobin, 1987; Guillon, 1995; Hucke & Fischer, 2001), der naturwissenschaftliche Inhalt der Experimente und die Unterschiede zwischen naturwissenschaftlichen Modellen und eigenen Fehlvorstellungen werden selten thematisiert (Champagne, Gunstone & Klopfer, 1985; Eylon & Linn, 1988). „To many students, a ‚lab‘ means manipulating equipment and not manipulating ideas.“ In diesem Zitat von Lunetta (1998) spiegeln sich viele aktuelle Ergebnisse von Forschungen wider, die sich mit Praktika in der naturwissenschaftlichen Ausbildung auseinandersetzen (siehe u.a. Rosen, 1954; Tamir & Lunetta, 1981; Millar & Driver, 1987; van den Berg, Katu & Lunetta, 1994). Einen möglichen Ausweg bieten Stebler, Reusser und Ramseier (1998) an, wenn sie das im Rahmen der TIMS-Studie gute Abschneiden der Deutschschweizer Siebtklässler darauf zurückführen, dass dort nicht nur die Lehrpläne „flexibel anwendbares Sach- und

Problemlösewissen“ verlangen, sondern dass dieser Forderung mit “Experimentieraufgaben als produktive Lernaufgaben” tatsächlich auch begegnet werden kann.

In Deutschland gibt es bisher nur wenige empirische Untersuchungen, die sich mit dem Lernen durch Experimentieren beschäftigen, Ansätze zu Veränderungen des Experimenteinsatzes aus dieser Perspektive plausibel machen oder Aussagen über die Effektivität der durchgeführten experimentellen Arbeiten in der Schule ermöglichen. Die Literatur beschränkt sich in der Regel auf allgemeine Verbesserungsvorschläge oder die Beschreibung von neuen Versuchen zu bestimmten Themengebieten. In jüngster Vergangenheit begann die Untersuchung der Lernwirksamkeit physikalischer Praktika an den Universitäten (u.a. Theyßen, 2000). Haller (1999) untersuchte die Rolle der Handlungsziele von Lernenden und die lernprozessbezogenen Auswirkungen einer Veränderung von Versuchsanleitungen unter Berücksichtigung der Komplexität der Inhalte. Sander (1999) analysierte Lernprozesse im Zusammenhang mit dem Einsatz eines Modellbildungssystems in einem offen angelegten Praktikum mit starkem Vorlesungsbezug, und Hucke und Fischer (2001) untersuchten vergleichend den Wissenserwerb in einzelnen, traditionell und computerunterstützt (Modellbildung) durchgeführten Praktikumsversuchen.

Zusammenfassend lässt sich aus den Ergebnissen dieser Studien ableiten, dass Experimentalunterricht die von Experten erwarteten Kompetenzen nur dann ermöglicht, wenn er explizit auf diese Kompetenzen bezogen geplant wird und wenn er eine angemessene Balance zwischen Offenheit und Geschlossenheit als Unterrichtsziel berücksichtigt, also das autonome Handeln in experimentellen Situationen.

Experimentalunterricht aller Schulformen lässt sich im Sinne naturwissenschaftlichen Arbeitens in eine Planungs- und Gestaltungssequenz (Aushandeln von Hypothesen), eine Durchführungssequenz (Experimentieren), eine Analyse- und Interpretationssequenz (Diskussion der Ergebnisse), eine Anwendungssequenz (Bearbeitung eines neuen Problems, neue

Hypothesen) und eine Präsentationssequenz unterteilen (BLK-Expertise, 1997; Fischer & Breuer, 1997). Der kommunikative Umgang mit eigenen Ideen ist deshalb ein wesentlicher Aspekt der in den naturwissenschaftlichen Fächern anzustrebenden Lernprozesse (s.a. Sumfleth & Pitton, 1998; Sumfleth, Ploschke & Geisler, 1999). Die Erfolgsaussicht eines Unterrichtsansatzes, der diese Sequenzen vollständig und aufeinander aufbauend umsetzt, wird dadurch plausibel, dass nach Stebler, Reusser und Ramseier (1998) und TIMSS-Video (Baumert et al., 1997; Stigler & Hiebert, 1997) nicht-adäquate Unterrichtsdrehbücher und mangelnde Interaktionsmöglichkeiten im Inhaltsbereich ursächlich für die mittelmäßige Leistung und das mangelnde Interesse der Schüler an naturwissenschaftlichen Fächern zu sein scheinen. Der in den USA und im UK hauptsächlich für Umwelterziehung diskutierte „enquiry“ Ansatz geht von der Beschreibung derselben Defizite experimentellen Unterrichts aus, lässt aber zur Zeit nur einen äußerst pragmatischen „action research“ Ansatz zur wissenschaftlichen Aufarbeitung erkennen (Tamir & Lunetta, 1981; Harland, 2002). Die Implementation und die Untersuchung der Funktion interaktiver Strukturen in Experimentalsituationen sollte deshalb ein weiterer Schwerpunkt empirischer Unterrichtsforschung sein. Die Untersuchung entsprechender Unterrichtsstrukturen und durch Aufgaben organisierter Lernsequenzen gehören ebenfalls zu diesem Forschungsbeereich wie auch die Untersuchung von individuellen Lern- und Problemlöseprozessen beim Experimentieren und die Untersuchung von individuellen Lernstrategien bei der Bearbeitung naturwissenschaftlicher Fragestellungen. Lernprozesse

TIMSS und PISA bescheinigen deutschen Schülerinnen und Schülern eine relativ hohe Kompetenz beim routinierten Bearbeiten naturwissenschaftlicher Aufgaben. Hierbei wird, beispielsweise beim Berechnen physikalischer Größen, naturwissenschaftliches Wissen angewandt, um das Rechenergebnis durch eine Auswahl, Verkettung und Durchführung bekannter Operationen herbeizuführen. Bei einem solchen Lösungsprozess wird nicht

notwendigerweise Wissen nachhaltig erweitert, es werden in der Regel Lösungsverfahren trainiert. Nach Hussy (1984) muss deshalb dieser Prozess der routinierten Bearbeitung einer Aufgabe unterschieden werden von dem Prozess des Lösen eines Problems. Das Erreichen eines situationalen Zielzustandes ist dann eine Aufgabe, wenn das dafür notwendige Sach- und Handlungswissen verfügbar ist und routiniert angewandt werden kann. In diesem Fall ist der Prozess der Wissensanwendung frei von Lernprozessen, die dem Suchen, Identifizieren und Aufnehmen neuer Information und dem dauerhaften Verändern kognitiver Strukturen dienen. Ein Problem liegt dagegen dann vor, wenn eine Person nicht oder nicht vollständig auf das notwendige sach- und handlungsbezogene (Vor-)Wissen zurückgreifen kann oder es neu strukturieren muss. In diesem Fall entsteht zusätzlich zu der Anforderung, die vorgegebene Situation zu verändern, die Notwendigkeit, neue und für die Problemlösung notwendige Informationen zu entdecken oder zu erschließen (vgl. z.B. Preußler, 1997). Der Prozess des Problemlösens ist somit – im Vergleich zur routinierten Bearbeitung von Aufgaben – durch informations-identifizierende und handlungsstrukturierende Teilaspekte des Lernens gekennzeichnet. Er ist jedoch nicht notwendig mit einem Lernprozess gleichzusetzen, da die neu entdeckten Informationen nur so lange verfügbar sein müssen, bis das Problem gelöst und damit der situational definierte Zielzustand erreicht ist. Eine Wissensveränderung durch die Integration neuer Informationen in die individuelle Wissensstruktur (was letztendlich einen Lernprozess kennzeichnet) ist beim Problemlösen nicht explizit gefordert. Damit wird Lernen durch diesen Prozess zwar nicht prinzipiell ausgeschlossen, es ist jedoch kein zwingender Aspekt des Problemlösens.

Die Anwendung von Wissen erfolgt jedoch nicht ausschließlich, um routiniert situationale Zustände zu erreichen. Naturwissenschaftliches Sach- und Handlungswissen kann auch mit dem Ziel angewandt werden, neue Informationen über einen bestimmten Inhaltsbereich zu entdecken, zu identifizieren und zu lernen, um also den eigenen Wissenszustand

quantitativ und/ oder qualitativ zu verändern. Innerhalb naturwissenschaftlicher Domänen ist ein (erfolgreich) auf dieses Ziel ausgerichtetes Vorgehen im Unterricht charakterisierbar als ein Generieren von Hypothesen, ihr systematisches Überprüfen durch Experimente und die Integration der auf diese Weise neu erhaltenen Informationen in die Wissensstruktur der Schülerinnen und Schüler.

Der hypothesengenerierende und überprüfende Aspekt des Lernens lässt sich nach Klahr und Dunbar (1988) als *Scientific Discovery as Dual Search (SDDS)* beschreiben (s.a. Dunbar & Klahr, 1989; Klahr, Dunbar & Fay, 1993; van Jooling & de Jong, 1997). Die Autoren modellieren auf der Basis des Zwei-Räume-Modells von Simon und Lea (1974) die Repräsentation naturwissenschaftlichen Wissens als aus einem Hypothesen-Raum und aus einem Experimente-Raum bestehend. Im Hypothesen-Raum ist das – mehr oder weniger gesicherte – Wissen über die Beziehungen zwischen Variablen und über Effekte von Veränderungen von Variablenwerten abgebildet. Hier werden Hypothesen entworfen, verändert, als gültig oder als ungültig bewertet und gespeichert. Dagegen wird der Experimente-Raum durch alle möglichen Tests aufgespannt, die in einer gegebenen Situation zur Überprüfung von Hypothesen durchgeführt werden können. Anwenden naturwissenschaftlichen Wissens bedeutet hier das systematische Auswählen, Planen und Durchführen eines Experiments oder einer Serie von Experimenten, deren Ergebnisse Aufschluss über die Gültigkeit der generierten Hypothesen geben. Dieses Modell erlaubt die Beschreibung erfolgreicher Strategien des Entdeckens oder Produzierens bislang unbekannter Informationen über einen bestimmten (naturwissenschaftlichen) Inhaltsbereich. Auf seiner Grundlage lassen sich jedoch keine Aussagen darüber treffen, wie diese Informationen so verarbeitet und in die eigene Wissensstruktur integriert werden sollten, dass sie auch in späteren Situationen sicher und leicht abgerufen und angewandt werden können.

Der Prozess der Integration neu entdeckter oder produzierter Informationen, seine Be-

dingungen, Merkmale und Erfassungsmöglichkeiten werden in den Forschungsarbeiten zum selbstregulierten, strategischen Lernen umfangreich beschrieben (z.B. Baumert, 1993; Lompscher, 1994; Baumert & Köller, 1996; Schiefele & Pekrun, 1996; Schreiber, 1998; Artelt, 2000; Leutner & Leopold, 2003a). Jedoch beschränken sich diese Ansätze wiederum auf solche kognitiven und metakognitiven Lernstrategien und Strategien des Ressourcenmanagements, deren Einsatz gewährleisten soll, dass bereits identifizierte Informationen zu späteren Zeitpunkten erneut abrufbar und anwendbar sind. Strategien des Identifizierens oder Produzierens von Informationen werden in den Modellen des selbstregulierten Lernens meist ausgeklammert.

Zu jedem Zeitpunkt eines Lernprozesses muss die lernende Person entscheiden, ob sie das Ziel verfolgen möchte, neue Informationen zu identifizieren oder ob sie bereits bekannte Informationen integrieren möchte, um ihre spätere Anwendbarkeit zu sichern (Wirth, 2003). Die Regulation des Prozesses muss sich dabei fortwährend nach dem sich stetig ändernden Wissenszustand richten und zu jedem Zeitpunkt eine optimale Balance zwischen dem Identifizieren und dem Integrieren neuer Informationen gewährleisten. Nach Schreiber (vgl. auch Leutner & Leopold, 2003a) sind hierfür übergeordnete Lernstrategien (im Sinne metakognitiver Kontrollstrategien) gefordert, die den Einsatz untergeordneter Strategien des Identifizierens und Integrierens regulieren (vgl. Klauer, 1985). Sowohl das SDDS-Modell von Klahr und Dunbar (1988) als auch die Forschung zum selbstregulierten Lernen betrachten jeweils nur einen Teilaspekt des (entdeckenden) Lernens und sind somit - isoliert für sich betrachtet - wenig geeignet, den vollständigen Prozess des Lernens im naturwissenschaftlichen Unterricht und seine Regulation abzubilden. Die Zusammenführung beider Forschungsansätze ist erforderlich, um die Prozesse des selbständigen Identifizierens und Integrierens beim naturwissenschaftlichen Lernen und Handeln umfassend beschreiben zu können.

## Lehrerbildung

Die Lehrerbildung, insbesondere die für das Lehramt an Gymnasien, hat in allen Bundesländern ihren Schwerpunkt im Fach und ist gerade in den Naturwissenschaften stark auf die Profession eines Naturwissenschaftlers ausgerichtet. Hierin begründet sich in der Regel auch die Wissenschaftlichkeit des Studiums. Die geringe Herausarbeitung eines wissenschaftlichen Profils der Fachdidaktiken hat in der Vergangenheit mit zu dieser ausgeprägt fachwissenschaftlichen Ausrichtung der Lehrerbildung beigetragen. Eine auf die Profession des Naturwissenschaftslehrers ausgerichtete wissenschaftliche Ausbildung ist bisher noch nicht umgesetzt. Diese Situation hat offensichtlich zu Defiziten in bestimmten Kompetenzbereichen geführt. Z.B. kann davon ausgegangen werden, dass Lehrende aller Schulstufen, aber in je unterschiedlicher Ausprägung, über nur geringe Diagnose- und Methodenkompetenz verfügen (Baumert et al., 2001). Lehrkonzepte und Unterrichtsziele werden hauptsächlich fachlich dominiert und berücksichtigen nicht, dass die Variation der inhaltlichen Aufbereitung des Unterrichts Unterschiede in den Schülerleistungen nur in geringem Maße erklären kann. In der Diskussion um Profession und die Professionalisierung des Lehrerberufs und um die Herleitung und Begründung bestimmter Maßnahmen der Lehrerbildung wird deshalb zunehmend das normative Verständnis von „guter Lehrarbeit“ kritisiert. Dagegen wird die Entwicklung einer Professionsidentität als iterativer Lernprozess im Rahmen individueller Auseinandersetzung mit beruflichen Handlungs-, Begründungs- und Entscheidungssituationen unter Einbezug einschlägigen kognitiven Wissens, normativer Orientierung und pragmatischer Kompetenz des Lehrers gefordert (vgl. Terhart, 1992; Bauer; Bauer, 1997; Kopka & Brindt, 1999; Dewe, 2000; Terhart, 2000). Radtke (1996) beschreibt die Möglichkeiten und Grenzen der wissenschaftlich angeleiteten Selbstreflexion mit dem Ziel der Professionalisierung pädagogischen Handelns und entwickelt Kriterien für eine Revision der Lehrerbildung. Für die Lehrerbildung heißt dies, dass Lehrer mit genügend Hand-

lungs- und Entscheidungssituationen konfrontiert werden müssen, die es ihnen erlauben, ihr pädagogisches Handeln reflexiv mit allgemeinen didaktischen, fachdidaktischen und fachwissenschaftlichen Kompetenzen, systematisch zu vernetzen und weiterzuentwickeln. Professionelles Handeln wird im Wesentlichen normativ abgeleitet, und eine Vermittlung zwischen „professionellem Wissen“ und „disziplinärem Wissen“ wird als notwendige Voraussetzung für erfolgreichen Unterricht gesehen (Dewe, 2000). Erfolgreiches Lehrerhandeln setzt, u.a. nach Kennedy (1994) oder Moallem und Earle (1998), Standards voraus wie z.B. die Fähigkeit zur Systemsicht, inhaltliche und lerntheoretische Selektionskriterien oder die wissenschaftstheoretische Basierung der Unterrichtsdurchführung.

Von der Diskussion über Qualität von Unterricht wenig beeinflusst gibt es eine ganze Reihe von Vorschlägen zu Lehrerfort- und -weiterbildung, deren Effektivität aber widersprüchlich dargestellt wird. Pallasch (1997) beschreibt unterrichtliche Supervision als berufsbegleitende Praxisberatung in pädagogischen Arbeitsfeldern. Das Kieler Supervisionsmodell wird von Pallasch (1993) dargestellt, der Erfolg aber nicht evaluiert. Klippert (2000) macht erprobte Vorschläge zur Einführung neuer Methoden in den Unterricht und eröffnet Möglichkeiten im Umgang mit dem Schulumfeld („Konsensbildung im Kollegium“, „Arbeits erleichterung durch Teamarbeit“, „Methodenpflege im Fachunterricht“, „Sensibilisierung der Elternschaft“ etc.). Borchert, Dabhshi und Knopf-Jarchow (1996) haben in einer empirischen Untersuchung über die Effektivität verbaler und videogestützter Rückmeldungen in Lehrertrainings festgestellt, dass Verfahren, die am realen Unterrichtsgeschehen orientiert sind, bessere Ergebnisse zeigen. Lehrertraining sollte danach unterrichtsbegleitend eingesetzt werden und sich auf eine empirisch hinreichend überprüfte Theorie stützen. Das Konstanzer Trainingsmodell (KTM; vgl. Tennstädt, 1992) versteht sich als Selbsthilfeprogramm für Lehrkräfte aller Schularten und -stufen, besteht aus einem Set dokumentierter Verfahrenstechniken und Übungsmaterialien und zählt zu den weni-

gen Lehrertrainings, die erfolgreich evaluiert wurden. Obwohl das KTM mit Blick auf das Umgehen mit konflikthaltigen Situationen (vor allem mit aggressivem Schülerverhalten und Disziplinproblemen) entwickelt wurde, erlaubt die theoretische Grundlage eine Übertragung des Konzepts auch auf andere Arten unterrichtlicher Anforderungen. Das Vorgehen im KTM weist einige Parallelen zu dem von Fischler und Zedler (1999) (Projekt im DFG-Schwerpunktprogramm „Bildungsqualität von Schule“ - BIQUA) gewählten Vorgehen auf, das sich allerdings noch in der Erprobung befindet und deshalb keine Aussagen über Wirksamkeit zulässt.

Konzepte zur Lehrerfort- und -weiterbildung lassen sich im Wesentlichen wie folgt klassifizieren: Bei einem Teil der Konzepte geht es vorrangig um die Erweiterung und Differenzierung didaktisch/ methodischer Handlungskompetenzen; teils im Charakter von Rezeptbüchern werden hier konkrete und erprobte Vorschläge bzw. Trainings zur Einführung neuer Methoden in den Unterricht, auch unter Berücksichtigung des Schulumfeldes, der Konsensbildung im Kollegium, der Sensibilisierung der Elternschaft usw. angeboten (vgl. z.B. Borchert, Dabhshi & Knopf-Jarchow, 1992; Korte, 1998; Klippert, 2000). Bei einer zweiten Gruppe dieser Konzepte geht es eher um die „supervisory Begleitung“, sei es durch externe und/oder interne, kollegiale Supervision des pädagogischen Alltags (vgl. z.B. Pallasch, Mutzek & Reimers, 1992; Pallasch, 1997). In der dritten Gruppe werden darüber hinaus besonders die institutionellen und systemischen Aspekte der Organisations- und Personalentwicklung im Rahmen von Schule und Unterricht im Schulentwicklungsprozess berücksichtigt (vgl. z.B. Kempfert & Rolff, 1999; Horster & Rolff, 2001).

Dabei wird deutlich, dass neben der Ebene der Unterrichtsentwicklung im engeren Sinn auch die Ebenen der Organisationsentwicklung und der Personalentwicklung bzw. der Entwicklung des professionellen Selbst berücksichtigt werden (Rolff, Buhren, Lindau-Bank & Müller, 1998, 13ff; Bauer, 1997; Klippert, 2000). Das heißt, dass neben individuellen Einflüssen

auch Faktoren als wichtig angesehen werden, die auf der Ebene zwischen Schule als Organisation und individueller Handlungsebene liegen. Es handelt sich bei diesen Faktoren um Bedingungen der Kooperation, der Leitung und Führung und der Mitarbeitermotivierung. Diskutiert wird in diesem Zusammenhang auch die Frage, in welchem Umfang externe Beraterinnen und Berater, Moderatoren oder Trainer hinzugezogen werden und welche Effekte sie erzielen können.

Diese durchaus positiv einzuschätzenden Konzepte setzen allerdings bezüglich des konkreten fachunterrichtlichen Handelns auf der Ebene der Sichtstruktur an. Darüber hinaus haben sie sich, was den Zuwachs an Fachleistungen von Schülern und die Lehrerkonzepte von gutem Unterricht angeht, bisher keiner objektiven Evaluation gestellt. In den Bereichen Unterrichtsentwicklung und Professionswissen erkennt man in der Regel eine Gegenüberstellung von „Professionswissen“ und „disziplinärem Wissen“, bei der es um eine Trennung beider Wissensbereiche und ihre Zusammenführung im Lehrerhandeln geht. Dies entspricht der bisher national und international anzutreffenden großen Distanz zwischen den betroffenen Fächern und den so genannten Grundwissenschaften. Eine Integration beider Bereiche hat bisher nur in Ansätzen durch die Kooperation von einzelnen Fachdidaktikern, Fachwissenschaftlern, Erziehungswissenschaftlern und/oder Lehr-Lernpsychologen stattgefunden. Aus integrativer Sicht geht es nicht um eine Zusammenführung beider Bereiche, sondern darum, im Sinne eines gemeinsam entwickelten Kerncurriculums, das spezifische, auf ein Unterrichtsfach bezogene disziplinäre Wissen des Lehrers als Teil des Professionswissens aufzufassen.

Die Lehrerbildung als Teil eines Systems der Qualitätsentwicklung von Schule und Unterricht ist empirisch bisher wenig in den Blick genommen worden. Der Begriff der Lernwirksamkeit kommt in der Lehrerbildung fast nicht vor. Bezeichnend ist, dass der Bereich der Lehrerfort- und -weiterbildung auch in Basisartikeln zu Unterrichtsqualität nur peripher behandelt wird, das QAIT und das MACRO

Modell sollen hier prototypisch genannt werden (einen Überblick gibt Ditton, 2000). QAIT bezieht sich auf die Hauptdimensionen des Unterrichts: Quality (Qualität; z.B. Klarheit, Strukturiertheit, Verständlichkeit), Appropriateness (Angemessenheit, z.B. Schwierigkeit, Tempo; diagnostische Kompetenz), Incentives to learn (Anregungsgehalt des Unterrichts; z.B. Interesse wecken) und Time (Zeit; z.B. Zeitnutzung, Klassenmanagement). MACRO bezieht sich auf Merkmale der Schule: Meaningful, Universally Understood Goals („gemeinsame Ziele“), Attention to Daily Academic Functioning („Organisation der Schule“), Coordination Among Programs and Between School and Parents over Time („Koordination“), Recruitment of Teachers, Development of all Staff („Personalpolitik“) und Organization of the School to Support Universal Student Learning („Lernbezug“). Unterrichtsqualität wird zwar häufig an relativ leicht messbaren Variablen fest gemacht (Clausen, 2000), der Bezug zum Lehrerhandeln und zur Leistung der Schüler wird aber nicht konsequent hergestellt. Demgegenüber stellt Criblez (2001, 109) fest: „Das Resultat einer wirksamen Lehrerbildung ist also der wirksame Unterricht, den eine ausgebildete Lehrperson erteilt.“ Um dieses Konzept von Wirksamkeit umzusetzen, muss sowohl die Lehrervariable (Berufswissen, Lehrerhandlungen im Unterricht) als auch die Schülervariable (Schülerhandlungen im Unterricht, Leistungen, Motivation) kontrolliert werden. Da sich empirisch postum nicht feststellen lässt, ob die Fähigkeiten eines Lehrers in seiner Ausbildung oder danach erworben wurden, enthält die Überprüfung der Ursachen des aktuellen Lehrerhandelns, losgelöst von einer konkreten Fortbildungsmaßnahme, immer eine subjektive Komponente. Wären die Ziele der Lehrerbildung als Standards allerdings ebenso formuliert wie die Ziele der Ausbildung in der Schule, könnte die Wirksamkeit auf diese Ziele gerichteter Bildungsmaßnahmen anhand beobachtbarer Indikatoren im Lehrerhandeln und anhand von Schülerleistungen systematisch kontrolliert werden.

Zunächst ist deshalb das Professionswissen von Lehrern der naturwissenschaftlichen

Unterrichtsfächer zu beschreiben, und es ist zu klären, welche (erfolgreichen bzw. nicht erfolgreichen) Profile von Basismodellen das Professionswissen ergänzen müssen. Mit dieser Grundlage für die Ausbildung von Lehrern kann dann, unter Berücksichtigung der oben genannten Konzepte für Lehrerbildung, ein lernprozessorientiertes Modul für Lehrerbildung gestaltet und sowohl die Wirkung auf die Lehrer- und Schülerhandlungen im Unterricht als auch auf die Schülerleistungen untersucht und kontrolliert werden.

### Resumee

Unterrichtsforschung mit dem Ziel, Unterrichtsqualität zu verbessern, sollte mindestens die fünf elementaren Bereiche Lehrprofession, Schülerleistung, fachdidaktische Strukturierung des Unterrichts, System bzw. Struktur der Einzelschule und individuelle Lernprozesse berücksichtigen. Natürlich geht es um Fachunterricht, deshalb stehen fachliche Inhalte und Strukturen als Inhalte des Lernens im Zentrum des Bemühens. Abgesehen davon, dass rein fachlich begründete Variationen der Inhalte selten bezüglich ihrer Wirkung auf Schülerleistung und Schülerverhalten evaluiert werden, stellen die wenigen bekannten Untersuchungen keine oder nur geringe Effekte fest, wie z.B. Starauschek (2001) für den Karlsruher Physikkurs als nicht üblichem Arrangement des Physikunterrichts insgesamt oder Weber (2002) für eine fachliche Variation der Optik nach dem Fermatschen Prinzip. Es ist zu vermuten, dass die im vorliegenden Artikel skizzierten Einflussfaktoren auf naturwissenschaftlichen Unterricht die Effekte fachlicher Veränderungen überlagern. Reyer (2003) beschreibt, wie Schüler der Sekundarstufe I auf die Intentionen des Physiklehrers reagieren und stellt für Physikunterricht in der 8. und 9. Jahrgangsstufe fest, dass die im Unterricht deutlich werdenden Lehrer-Intentionen nicht mit den Leistungen der Schüler korrelieren. Die hier festgestellten Defizite der Schüler korrespondieren allerdings mit den PISA-Defiziten, und sie lassen sich darauf zurückführen, dass den Schülern die intendierten Lernprozesse, wie etwa Problemlösen oder

Konzeptwechsel, nicht konsequent und nicht vollständig ermöglicht wurden.

Eine ausschließlich inhaltliche Orientierung, verstanden als didaktische Reduktion, hat eine „Entwissenschaftlichung“ der naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken zur Folge. Wissenschaftliche Standards für fachlich orientierte Fachdidaktik sind nicht aus den Naturwissenschaften ableitbar, da die Forschungsgegenstände der Fachdidaktik nicht mit den Forschungsgegenständen der Naturwissenschaften übereinstimmen und dementsprechend in der Fachdidaktik nicht biologisch, chemisch oder physikalisch geforscht wird. Allerdings werden in der Fachdidaktik auch die Standards empirischer Sozialforschung selten erreicht. Auf diese Weise wird zwar Unterricht und Lehreraus- und Weiterbildung entwickelt, aber eher intuitiv und damit in seiner Wirkung wenig einschätzbar.

Auf der anderen Seite führt die fehlende Orientierung der pädagogischen und der pädagogisch-psychologischen Unterrichtsforschung an fachlichen Strukturen und Kompetenzen im Fach zwar zu allgemeinen und in der Regel auch empirisch abgesicherten Aussagen über die Qualität von Unterricht, die Anwendung und Adaption der entwickelten Kriterien im Fachunterricht oder die Überprüfung der Wirkung entsprechender Maßnahmen der Ausbildung der Fachlehrer auf Lehrerhandeln und Schülerleistung aber hat bisher kaum stattgefunden. Ein Ausdruck hiervon ist die geringe Präsenz der entsprechenden Unterrichtsentwicklungen in begutachteten nationalen oder internationalen Zeitschriften und die geringe Drittmittelfinanzierung entsprechender Projekte (vgl. Leutner, 2000c).

Der skizzierte Befund nimmt dramatische Ausmaße an, betrachtet man den sich bereits kurz- aber sicher mittelfristig abzeichnenden Bedarf an fachdidaktischer Forschung und Entwicklung bezüglich bereits geplanter Qualitätssicherungsmaßnahmen. Es müssen hierfür sowohl Test- und Steuerungsinstrumente als auch entsprechende Lehrer(fort)bildung und Beratungsstrategien für Schulen entwickelt werden, die den Regeln empirischer Forschung genügen und die am jeweiligen

Fach orientiert sind. Eine Arbeit, die nur von den Fachdidaktiken in Zusammenarbeit mit Psychologie und Pädagogik geleistet werden kann. Für Deutsch- und Mathematikunterricht steht die Notwendigkeit zur Entwicklung solcher Instrumente für unterschiedliche Schulstufen unmittelbar bevor, die naturwissenschaftlichen Fächer werden folgen.

Ohne die Untersuchungen überbewerten zu wollen, kann festgestellt werden, dass TIMSS und PISA der Unterrichtsforschung eine neue Perspektive gegeben haben. Wie bereits berichtet können Schülerleistungen durch beide Vorhaben allerdings nicht befriedigend auf (Fach-) Unterricht oder Lehrerhandeln bezogen werden. Hier sehen die Autoren ein Forschungsfeld, das nur in Kooperation mit den für Unterricht relevanten wissenschaftlichen Disziplinen Fachdidaktik, Bildungsforschung und Lehr-Lernpsychologie bearbeitet werden kann.

## Literatur

- American Association for the Advancement of Science (1989). Science for all Americans. Washington D.C.
- Artelt, C. (2000). Strategisches Lernen. Münster: Waxmann.
- Ausubel, D. P. (1963). The psychology of meaningful verbal learning. New York: Grune & Stratton.
- BASS. Bereinigte Amtliche Sammlung der Schulvorschriften des Landes NRW. Düsseldorf.
- Bates, G. R. (1978). The role of laboratory in secondary school science programs. In M. B. Browe (Ed.), What research says to the science teacher. Washington D.C.: National Science Teachers' Association, 55-82.
- Bauer, K.-O. (1997). Pädagogische Professionalität und Lehrarbeit. In: Pädagogik 49/4, 22-26.
- Bauer, K.-O., Kopka, A. & Brindt, S. (1999). Pädagogische Professionalität und Lehrarbeit. Eine qualitativ empirische Studie über professionelles Handeln und Bewußtsein. Weinheim/München: Juventa.
- Baumert, J. & Köller, O. (1996). Lernstrategien und schulische Leistungen. In J. Möller & O. Köller (Hrsg.), Emotionen, Kognitionen und Schulleistung (S. 137-154). Weinheim: Beltz.
- Baumert, J. & Köller, O. (2000). Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Eds.), TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie-Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn: Vol. 2. Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe. Opladen: Leske + Budrich, 271-315.
- Baumert, J. (1993). Lernstrategien, motivationale Orientierung und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen im Kontext schulischen Lernens. Unterrichtswissenschaft 21(4), 327-354.
- Baumert, J., Artelt, C., Carstensen, C.H., Sibberns, H. & Stanat, P. (2002). Untersuchungsgegenstand, Fragestellungen und technische Grundlagen der Studie. In Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.), PISA 2000 – Die Länder der Bundesrepublik Deutschland im Vergleich. Opladen: Leske + Budrich, 11-38.
- Baumert, J., Artelt, C., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Tillmann, K.-J. & Weiß, M. (Hrsg.) (2002). PISA 2000 – Die Länder der Bundesrepublik Deutschland im Vergleich. Opladen: Leske + Budrich.
- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Tillmann, K.-J. & Weiß, M. (Hrsg.) (2001). PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske + Budrich.
- Baumert, J. & Lehmann, R. (1997). TIMSS - Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Opladen: Leske + Budrich.
- Baumert, J., Stanat, P. & Demmrich, A. (2001). PISA 2000: Untersuchungsgegenstand, theoretische Grundlagen und Durchführung in der Schule. In Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.), PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske + Budrich, 15-68.
- Baumgartner, P. & Payr, S. (1994). Lernen mit Software, Innsbruck: Österreichischer Studienverlag.

- 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.
- Bellenberg, G., Böttcher, W. & Klemm, K. (2001). Stärkung der Einzelschule. Neuwied: Luchterhand.
- 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, 1.
- Blankertz, H. (1985). Berufsbildung und Utilitarismus. Problemgeschichtliche Untersuchungen. Weinheim: Juventa.
- 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.
- Borchert, J., Knopf-Jerchow, H. & Dabashi, A. (1992). Testdiagnostische Verfahren in Vor-, Sonder- und Realschulen. Heidelberg: Asanger.
- Bos, W., Lankes, E.-M., Prenzel, M., Schwippert, K., Walther, G. & Valtin, R. (2003). Erste Ergebnisse als IGLU. Münster: Waxmann.
- Brouër, B. (2001). Förderung der Wahrnehmung von Lernprozessen durch die Anwendung der Basismodelle des Lernens bei der Gestaltung von Unterricht. *Unterrichtswissenschaft* 29, 153-170.
- Bulmahn, E., Wolff, K., Klieme, E. (2003). Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards - Eine Expertise. Berlin.
- Bybee, R.W. (1997). Toward an Understanding of Scientific Literacy. In W. Gräber, & C. Bolte (eds), *Scientific Literacy*. Kiel: IPN, 37-68.
- Champagne, A. B., Gunstone, R. F. & Klopfer, L. E. (1985). Instructional consequences of students' knowledge about physical phenomena. In L.H.T. West & A.L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change*. New York: Academic Press.
- Chomsky, N. (1965). *Aspects of the theory of syntax*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Clausen, M. (2000). Wahrnehmung von Unterricht / Übereinstimmung, Konstruktvalidität, und Kriteriumsvalidität in der Forschung zur Unterrichtsqualität. Dissertation am Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie, Berlin, Freie Universität.
- Criblez, L. (2001). Die Wirksamkeit der Lehrerbildungssysteme in der Schweiz. In: F. Oser & J. Ölkens (Hrsg.), *Die Wirksamkeit der Lehrerbildungssysteme*, Zürich: Rüegger, 99-140.
- 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, CO: BSCS, 71-74.
- Dewe, Bernd (2000): *Betriebspädagogik und berufliche Weiterbildung: Wissenschaft – Forschung – Reflexion*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Diederich, J. & Tenorth, H.-E. (1997). *Theorie der Schule. Ein Studienbuch zur Geschichte, Funktionen und Gestaltung*. – Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Ditton, H. (2000). Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung in Schule und Unterricht. Eine Übersicht über den empirischen Forschungsstand. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik 41, 73-92.
- Dörner, D. (1996). Lernmotivation. In Hoffmann, J. und Kintsch, W. (Hrsg.). *Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C Theorie und Forschung, Ser. 2 Kognitionen, Bd. 7 Lernen*, Göttingen: Hogrefe, 179-202.
- Duit, R, Fischer, H. E., Müller, W. (2002). Vielfalt und Anregung statt Routine. Der Physikunterricht bracht eine andere Aufgabenkultur. *Unterricht Physik* 67, 4-7.
- Dunbar, K. & Klahr, D. (1989). Developmental differences in scientific discovery processes. In D. Klahr & K. Kotovsky (Eds.), *Complex information processing* (pp. 109-143). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Euler, D. (1994). Multi-Mediales Lernen - Theoretische Fundierungen und Forschungsstand, *Unterrichtswissenschaft* 22 (4), 291-311.
- Eylon, B. & Linn, M.C. (1988). Learning and instruction: An examination of four research

- perspectives in science education. Review of Educational Research 58(3), 251-301.
- Fend, H. (2001). Qualität im Bildungswesen. Schulforschung zu Systembedingungen, Schulprofilen und Lehrleistung. Weinheim: Juventa.
- 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). Framework for conducting empirical investigations of learning processes. Science Education 77 (2), 131- 152.
- Fischer, H. E. (1998). Scientific Literacy und Physiklernen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 4 (2), 41-52.
- Fischer, H. E. (1999). Ein handlungs- und kommunikationsorientierter Einstieg in die Elektrostatik. NiU-Physik 10 (50), 16-20.
- 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. & Draxler, D. (2001). Aufgaben und naturwissenschaftlicher Unterricht. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 54 (7), 388-393.
- Fischer, H. E. & Draxler, D. (2002). Unterrichtspraxis: Konstruktion und Bewertung von Physikaufgaben. In E. Kircher (Hrsg.), Physikdidaktik in der Praxis. Berlin: Springer, 300-322.
- Fischer, H. E., Reyer, T., Wirz, T. Bos, W. & Höllrich, N. (2002). Unterrichtsgestaltung und Lernerfolg im Physikunterricht, Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft 45, 124-138.
- Fischler, H. & Zedler, P. (1999). Unterrichtsskripts und Lehrerexpertise: Bedingungen ihrer Modifikation. Erstantrag zum DFG-Schwerpunktprogramm BIQUA. Berlin, Erfurt.
- Frey, K. & Achtenhagen, F. (1975). Curriculum-Handbuch Bd. 1-3. IPN-Kiel an der Universität Kiel, München: Piper.
- Fuhrmann, M. (1999). Der europäische Bildungskanon des bürgerlichen Zeitalters. Frankfurt/Leipzig: Insel.
- Gabel, D. L. & Bunce, D. M. (1994). Research and problem solving: Chemistry. In: Gabel, D. L. (Ed.). Handbook of Research on Science Teaching and Learning. A Project of the National Science Teacher Association. New York: Macmillan.
- Glaserfeld, E. v. (1995). Radical Constructivism, A Way of Knowing and Learning. Washington: Farmer Press.
- Glynn, S. M., Muth, K. & Denise (1994). Reading and Writing to Learn Science: Achieving Scientific Literacy. Journal of Research in Science Teaching 31 (9), 1057-1074.
- Gräber, W. & Bolte, C. (eds) (1997). Scientific Literacy. Kiel : IPN.
- Gräber, W., Nentwig, P., Koballa, T. & Evans, R. (2002). Scientific Literacy. Opladen : Leske + Budrich.
- Guillon, A. (1995). Démarches scientifiques en Travaux Pratiques de physique de DEUG à l'Université Cergy Pontoise. Didaskalia 7, 113-127.
- Haller, K. (1999). Über den Zusammenhang von Handlung und Zielen - Eine empirische Untersuchung zu Lernprozessen im physikalischen Praktikum. Berlin: Logos.
- Harland, T. (2002). Zoology Students' Experiences of Collaborative Enquiry in Problem-based Learning. Teaching in Higher Education 7 (1), 3-15.
- Häußler, P. & Lind, G. (1998). BLK-Programmförderung „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Erläuterungen zu Modul 1 mit Beispielen für den Physikunterricht. Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Kiel: IPN.
- Helmke, A. & Weinert, F. E. (1997). Bedingungsfaktoren schulischer Leistung. In F. E. Weinert (Hrsg.). Psychologie des Unterrichts und der Schule. Göttingen: Hogrefe, 71-176.
- Helmke, A. (2000). Von der externen Leistungs-evaluation zur Verbesserung des Lehrens und Lernens. In P. U. Trier (Hrsg.), Bildungswirksamkeit zwischen Forschung und Politik. Chur/Zürich: Rüegger.
- Heymann, H. W. (1994). Über Mathematikunterricht unter dem Anspruch von Allgemeinbildung. In M. A. Meyer & W. Plöger (Hrsg.), Allgemeine Didaktik. Fachdidaktik und Fachunterricht. Weinheim: Beltz.

- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects for research. *Review of Educational Research* 52, 201-217.
- Horster, L. & Rolff, H.-G. (2001). *Unterrichtsentwicklung, Grundlagen, Praxis, Prozesssteuerung*. Weinheim: Beltz.
- Hucke, L. & Fischer, H. E. (2001). Fachdidaktische Forschung zur Verbesserung der experimentellen naturwissenschaftlichen Ausbildung - Eine Untersuchung im physikalischen Anfängerpraktikum. In C. Finkbeiner & G. W. Schnaitmann (Hrsg.), *Lehren und Lernen im Kontext empirischer Forschung und Fachdidaktik*. Donauwörth: Ludwig Auer, 496-517.
- Hucke, L. (2000). Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computer-gestützten Experimenten des physikalischen Praktikums. Berlin: Logos.
- Hussy, W. (1984). *Denkpsychologie. Ein Lehrbuch* (Bd. 1). Stuttgart: Kohlhammer.
- Jacobs, J.K., Kawanaka, T., and Stigler, J.W. (1999). Integrating Qualitative and Quantitative Approaches to the Analysis of Video Data on Classroom Teaching. *International Journal of Educational Research*, 31, 717-724.
- Jung, W. (1970). *Beiträge zur Didaktik der Physik*, Frankfurt: Diesterweg.
- Kempfert, G. & Rolff, H.-G. (1999). *Pädagogische Qualitätsentwicklung*. Weinheim: München
- Kennedy, M. F. (1994). Instructional design or personal heuristics in classroom instructional planning. *Educational Technology*, March, 17-25.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive science* 12, 1-48.
- Klahr, D., Dunbar, K. & Fay, A. L. (1993). Heuristics for scientific experimentation: A developmental study. *Cognitive Psychology* 25, 111-146.
- Klauer, K. J. (1985). Framework for a theory of teaching. *Teaching and Teacher Education* 1, 5-17.
- Klemm, K. (1998). Steuerung der Schulentwicklung durch zentrale Leistungskontrollen. In: H.-G. Rolff, K.-O. Bauer, K. Klemm & H. Pfeiffer (Eds.): *Jahrbuch der Schulentwicklung* 10. Weinheim: Juventa, 271- 294.
- Klieme, E. (2001). Fachleistungen im voruniversitären Mathematik- und Physikunterricht: Theoretische und methodische Grundlagen. In: J. Baumert et al.: *TIMSS/III. Schülerleistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften am Ende der Sekundarstufe II*. Opladen: Leske und Budrich.
- Klieme, E. & Baumert, J. (2001). Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung: Konzeptuelle Grundlagen und die Erfassung und Skalierung von Kompetenzen. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Eds.), *TIMSS/III. Schülerleistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften am Ende der Sekundarstufe II*, Band 1. Opladen: Leske und Budrich, 85-134.
- Klieme, E. & Bos, W. (2000). Mathematikleistung und mathematischer Unterricht in Deutschland und Japan. Triangulation qualitativer und quantitativer Analysen am Beispiel der TIMS-Studie. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 3, 359-379.
- Klieme, E. & Schecker, H. (2001). Mehr Denken, weniger Rechnen. *Physikalische Blätter* 57 (7/8), 113-117.
- Klieme, E., Funke, J., Leutner, D., Reimann, P., & Wirth, J. (2001): Problemlösen als fächerübergreifende Kompetenz? Konzeption und erste Resultate aus einer Schulleistungstudie. *Zeitschrift für Pädagogik* 47, 179-200.
- Klippert (2000). *Pädagogische Schulentwicklung*. Weinheim: Juventa.
- Korte, H. (1998). *Einführung in die Geschichte der Soziologie*. Opladen: Leske & Buderich
- Krapp, A. (1993). Die Psychologie der Lernmotivation. *Zeitschrift für Pädagogik* 39 (2), 187-206.
- Labudde, P. (1993). *Erlebniswelt Physik*, Bonn: Dümmler.
- Labudde, P. (2000). *Konstruktivismus im Physikunterricht der Sekundarstufe II*. Bern - Stuttgart - Wien: Haupt.
- Labudde, P. & Pfluger, D. (1999). *Physikunterricht in der Sekundarstufe II: Eine empirische Analyse der Lern-Lehr-Kultur aus konstruktivistischer Perspektive*. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 5 (2), 33-50.
- Lange, H. (1999). Qualitätssicherung in Schulen. In: *Die Deutsche Schule* 2, 144-159.
- Ledermann, L. (2001). Revolution in Science Education: Put Physics First! *Physics Today* 54 (9), 11-12.

- Lehrplan Naturwissenschaften (Physik, Chemie, Biologie) Gesamtschule (1999). Ministerium für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Frechen: Ritterbach.
- Leopold, C. & Leutner, D. (2002). Der Einsatz von Lernstrategien in einer konkreten Lernsituation bei Schülern unterschiedlicher Jahrgangsstufen. *Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft* 45, 240-258.
- Leutner, D. & Leopold, C. (2003a). Lehr-lernpsychologische Grundlagen selbstregulierten Lernens. In U. Witthaus, W. Wittwer & C. Espe (Hrsg.), *Selbst gesteuertes Lernen – Theoretische und praktische Zugänge*. Bielefeld: Bertelsmann, 43-67.
- Leutner, D. (1992). Adaptive Lehrsysteme. Instruktionspsychologische Grundlagen und experimentelle Analysen. Weinheim: Beltz – Psychologie Verlags Union.
- Leutner, D. (1997). Instruktions-Design im Spannungsfeld von Behaviorismus, Kognitionspsychologie und Konstruktivismus. In H. Bayrhuber, U. Gebhard, K.-H. Gehlhaar, D. Graf, H. Gropengießer, U. Harms, U. Kattmann, R. Klee & J. C. Schletter (Hrsg.), *Biologieunterricht und Lebenswirklichkeit*. Kiel: IPN, 79-97.
- Leutner, D. (1998a). Instruktionspsychologie. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Psychologie Verlags Union, 198-205.
- Leutner, D. (1998b). Programmierter und computerunterstützter Unterricht. In D.H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Psychologie Verlags Union, 404-409.
- Leutner, D. (2000c). Blick zurück nach vorn: Trends der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft* 28, 30-37.
- Leutner, D. (2002a). Adaptivity in open learning environments. In N. M. Seel & S. Dijkstra (Eds.), *Curriculum, plans and processes of instructional design: international perspectives*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Leutner, D. (2002b). The fuzzy relationship of intelligence and problem solving in computer simulations. *Computers in Human Behavior* 18, 685-697.
- Leutner, D. & Leopold, C. (2003b). Selbstreguliertes Lernen als Selbstregulation von Lernstrategien. Ein Trainingsexperiment mit Berufstätigen zum Lernen mit Sachtexten. *Unterrichtswissenschaft* 31, 38-56.
- Lompscher, J. (1994). Lernstrategien: Zugänge auf der Reflexions- und Handlungsebene, LLF-Berichte (Bd. 9, S. 114-129). Potsdam: Universität Potsdam.
- Lunetta, V. N. (1998). The school science laboratory: historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In K. Tobin & B. Fraser. (Hrsg.), *International Handbook of Science Education*. Amsterdam: Kluwer, 249-264.
- Mandl, H. & Hron, A. (1989). Psychologische Aspekte des Lernens mit dem Computer, *Zeitschrift für Pädagogik* 35 (5), 657-678.
- Mandl, H., Gruber, H. & Renkl, A. (1995). Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. In L. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia*. Weinheim: Psychologie Verlags Union, 167-178.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimediales Lernen*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Merkens, H., Dreyer, J. (2002). Professuren im Fach Erziehungswissenschaft – Denomination und Anzahl im September 2001. In H. Merckens, Th. Rauschenbach & H. Weishaupt (Hrsg.), *Datenreport Erziehungswissenschaft 2*. Opladen: Leske+Budrich, 125-142.
- Merrill, M. D. (1991). Constructivism and Instructional Design, *Educational Technology* 31, 45-53.
- Millar, R. (1993). Physics in Salters' Science, *Physics Education* 28, 356-361.
- Millar, R. & Driver, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education* 14, 33-62.
- Moallem, M. & Earle, R. S. (1998). Instructional design models and teacher thinking: toward a new conceptual model for research and development. *Educational Technology March-April*, 5-22.
- Möller, K., Jonen, A., Hardy, I. & Stern, E. (2002). Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45. Beiheft, 176-191.
- Möller, K., Tenberge, C. & Ziemann, U. (1996): *Technische Bildung im Sachunterricht: Eine*

- quantitative Studie zum Sachunterricht an nordrhein-westfälischen Grundschulen. Veröffentlichungen der Abteilung Didaktik des Sachunterrichts/ Institut für Forschung und Lehre der Primarstufe. Band 2, Universität Münster.
- MSWF – NRW (2001). Allgemeinbildende Schulen. Statistische Übersicht Nr. 321. Düsseldorf.
- Mueller, C. M. & Dweck, C. S. (1998). Intelligence praise can undermine motivation and performance. *Journal of Personality and Social Psychology* 75, 33-52.
- National Science Teacher Association (1990). Science education initiatives for the 1990s. Washington, D.C.
- OECD (2001). Knowledge and Skills for Life. First results from the OECD Programme for International Student Assessment (PISA) 2000.
- Oser, F. & Patry, J.-L. (1994). Sichtstruktur und Basismodelle des Unterrichts: Über den Zusammenhang von Lehren und Lernen unter dem Gesichtspunkt psychologischer Lernverläufe. In R. Olechowski & B. Rollett (Hrsg.): *Theorie und Praxis – Aspekte empirisch-pädagogischer Forschung – quantitative und qualitative Methoden*. Frankfurt/M., Berlin, Bern, New York, Paris, Wien: Lang, 138-146.
- Oser, F. K. & Baeriswyl, F. J. (2001). *Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning*. In Richardson, V. (Hrsg.), *AERA's Handbook of Research on Teaching – 4th Edition*. Washington: American Educational Research Association (AERA).
- Oser, F., Patry, J.-L., Elsässer, T., Sarasin, S. & Wagner, B. (1997). *Choreographien unterrichtlichen Lernens – Schlußbericht an den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung*. Pädagogisches Institut der Universität Freiburg, Schweiz.
- Pallasch, W. (1993). *Supervision. Neue Formen beruflicher Praxisbegleitung in pädagogischen Arbeitsfeldern*. Weinheim/München: Juventa.
- Pallasch, W. (1997). *Supervision. Neue Formen beruflicher Praxisbegleitung in pädagogischen Arbeitsfeldern*. Weinheim, Juventa.
- Borchert, J., Dahbashi, A. & Knopf-Jerchow, H. (Hrsg.) (1996). *Das Konzept eines innerschulischen Lehrertrainings unter Einbeziehung verbaler und videogestützter Rückmeldungen*. In Pallasch, W., Mutzek, W. Reimers, H. (Hrsg.). *Beratung – Training – Supervision. Eine Bestandsaufnahme über Konzepte zum Erwerb von Handlungskompetenz in pädagogischen Arbeitsfeldern*. Weinheim: Juventa, 53-62.
- Pallasch, W., Mutzek, W. Reimers, H. (1992). *Beratung – Training – Supervision. Eine Bestandsaufnahme über Konzepte zum Erwerb von Handlungskompetenz in pädagogischen Arbeitsfeldern*. Weinheim: Juventa
- Parchmann, I.; Demuth, R.; Ralle, B.; Paschmann, A.; Huntemann, H.; Krilla, B.; Bünder, W.; & Nentwig, P. (2001). *Chemie im Kontext - Begründung und Realisierung eines Lernens in sinnstiftenden Kontexten. Praxis der Naturwissenschaften/ Chemie* 50 (1), 2ff.
- Patry, J.-L. & Oser, F. (1994). *Untersuchungen zu den Basismodellen des Unterrichts: Erste Ergebnisse*. In R. Olechowski & B. Rollett (Hrsg.): *Theorie und Praxis – Aspekte empirisch-pädagogischer Forschung – quantitative und qualitative Methoden*. Frankfurt/M., Berlin, Bern, New York, Paris, Wien: Lang, 147-154.
- Prenzel, M., Häußler, P., Rost, J. & Senkbeil, M. (2002). *Der PISA-Naturwissenschaftstest: Lassen sich die Aufgabenschwierigkeiten vorher-sagen? Unterrichtswissenschaft* 30, 120-135.
- Prenzel, M., Rost, J., Senkbeil, M., Häußler, P. & Klopp, A. (2001). *Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse*. In J. Baumert et al. (Hrsg.), *PISA 2000*. Opladen: Leske + Budrich, 191-248.
- Preußler, W. (1997). *Effekte des Kontexts auf den Wissenserwerb bei der Steuerung eines dynamischen Systems. Sprache und Kognition*, 16(1), 48-59.
- Radtke, F.-O. (1996). *Wissen und Können - die Rolle der Erziehungswissenschaft in der Erziehung*. Opladen: Leske & Buderich.
- Rolf, H.-G., Buhren, C. G., Lindau-Bank, D. & Müller, S. (1998). *Manual Schulentwicklung*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Rosen, S. A. (1954). *History of the Physics Laboratory in the American Public Schools*, *American Journal of Physics* 22, 194-204.
- Roth, W.-M. (1995). *Authentic school science: Knowing and learning in open-inquiry science laboratories*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishing.

- Sander, F. (1999). Handeln und Lernen im Praktikum. Dissertation am Fachbereich 1 (Physik/Elektrotechnik) der Universität Bremen.
- Schecker, H. & Winter, B. (Hrsg.) (1999). Abschlussbericht des Modellversuchs BINGO. Bremen. Senator für Bildung und Wissenschaft.
- Schiefele, U. & Pekrun, R. (1996). Psychologische Modelle des fremdgesteuerten und selbstgesteuerten Lernens. In: Weinert, F.E. (Hrsg.). Enzyklopädie der Psychologie. Themenbereich D, Praxisgebiete: Serie 1, Pädagogische Psychologie; Band 2, Psychologie des Lernens und der Instruktion. Göttingen: Hogrefe, 249-278.
- Schreiber, B. (1998). Selbstreguliertes Lernen. Münster: Waxmann.
- Schwanitz, D. (1999). Bildung. Frankfurt: Eichborn.
- Seel, N. M. (2000). Psychologie des Lernens. Stuttgart: UTB.
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., Euler, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Lehrke, M., Müller, Ch. Th. & Rimmel, R. (2002). „Jetzt bitte alle nach vorne schauen!“ – Lehr-Lernskripts im Physikunterricht und damit verbundene Bedingungen für individuelle Lernprozesse. Unterrichtswissenschaft 30 (1), 52-77.
- Shamos, M. H. (1995). The myth of scientific literacy. Liberal Education 82 (3), 44-49.
- Simon, H. A. & Lea, G. (1974). Problem solving and rule induction: A unified view. In L. W. Gregg (Ed.), Knowledge and cognition (pp. 105-127). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Snow, R. E. & Swanson, J. (1992). Instructional psychology: Aptitude, adaptation, and assessment. Annual Review of Psychology 43, 583-626.
- Solomon, J. & Aikenhead, G. S. (1994). STS education: international perspectives on reform, New York: Teachers College Press, Columbia University.
- Staraschek, E. (2001). Physikunterricht nach dem Karlsruher Physikkurs, Ergebnisse einer Evaluationsstudie. Berlin: Logos-Verlag.
- Stebler, R., Reusser, K. & Ramseier, E. (1998). Praktische Anwendungsaufgaben zur integrierten Förderung formaler und materialer Kompetenzen, Bildungsforschung und Bildungspraxis 20/1, 28-54.
- Stigler, J.W. & Hiebert, J. (1997). Understanding and improving classroom mathematics instruction: An overview of the TIMSS Video Study. Phi Delta Kappan 79(1), 14-21.
- Sumfleth, E. (1988). Lehr- und Lernprozesse im Chemieunterricht – Das Vorwissen des Schülers in einer kognitionspsychologisch fundierten Unterrichtskonzeption. Bern, Frankfurt, New York: Lang.
- Sumfleth, E. & Dannat, P. (1988). Konzeption eines problemlösenden Chemieunterrichts für die gymnasiale Oberstufe. Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V. 41, 25-40.
- Sumfleth, E. & Pitton, A. (1998). Sprachliche Kommunikation im Chemieunterricht – Schülervorstellungen und ihre Bedeutung im Unterrichtsalltag. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 4 (2) 4-20.
- Sumfleth, E. & Stachelscheid, K. (1986). Carbonylverbindungen – ein Unterrichtsvorschlag zur Einführung in die Organische Chemie unter Einsatz der neuen Lernhilfen. Chimica didactica 12, 137-148.
- Sumfleth, E. (1985). Lernhilfen für den problemlösenden Chemieunterricht. Chimica didactica 11, 63-88.
- Sumfleth, E., Wild, E., Rumann, S. und Exeler, J. (2002). „Wege zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung deutscher Schülerinnen und Schüler im Chemieunterricht“, Zeitschrift für Pädagogik, 45. Beiheft, 207 - 221
- Sumfleth, E., Bergmann, D. & Dannat, P. (1990). Ein Unterrichtsvorschlag zum Thema Elektrochemie für die Sekundarstufe II“. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 43 (1), 31-40.
- Sumfleth, E., Ploschke, B. & Geisler, A. (1999). Schülervorstellungen und Unterrichtsgespräche zum Thema Säure-Base. In E. Sumfleth (Hrsg.), Chemiedidaktik im Wandel. Münster: Lit, 91-115.
- Sumfleth, E., Stachelscheid, K. & Gramm, A. (1989). Stoffe: Eigenschaften und Reaktionen – Modelle: Teilchenanordnungen und –umordnungen, eine mit Lernhilfen gestützte Einführung in die Chemie. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 42 (7), 411-422.

- Tamir, P. & Lunetta, V. N. (1981). Inquiry related tasks in high school science laboratory handbooks. *Science Education* 65, 477-484.
- Tennstädt, K.-C. (Hrsg.) (1992). *Das Konstanzer Trainingsmodell (KTM); neue Wege im Schulalltag: ein Selbsthilfeprogramm für zeitgemäßes Unterrichten und Erziehen*, Band 4. Bern: Hans Huber.
- Tenorth, H.-E. (1994). „Alles zu lehren“ - Möglichkeiten und Perspektiven Allgemeiner Bildung. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Terhart, E. (1992). Reden über Erziehung. In: *Neue Sammlung* 32, (195-214).
- Terhart, E. (2000). Perspektiven der Lehrerbildung in Deutschland. Abschlussbericht der von der Kultusministerkonferenz eingesetzten Kommission. Weinheim/Basel: Beltz.
- Theyßen, H. (2000). *Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin*. Berlin: Logos.
- Tiemann, R., Fischer, H. E., Labusch, S., Draxler, D. (2003). Strukturierung von Lehr-/Lernprozessen im Physikunterricht. In Pitton, A. (Hrsg.). *Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd.23. Münster: Lit.
- Tillmann, K.-J. (Hrsg. 1989). *Was ist eine gute Schule?* Hamburg: Bergmann & Helbig.
- Toothacker, W. S. (1983). A critical look at introductory labwork instruction. *American Journal of Physics* 51, 516-520.
- Van Ackeren, I. & Klemm, K. (2000). TIMSS, PISA, LAU, MARKUS und so weiter – Ein aktueller Überblick über Typen und Varianten von Schulleistungsstudien. *Pädagogik* 12, 0-15.
- Van den Berg, Katu & Lunetta (1994). 'The Role of "Experiments" in Conceptual Change', Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Anaheim: CA.
- Van Jooling, W. R. & de Jong, T. (1997). An extended dual search space model of scientific discovery learning. *Instructional Science* 25, 307-346.
- Wagner, B. (1999). *Lernen aus der Sicht der Lernenden: eine Untersuchung zum Einfluss des Basismodell-Unterrichts auf das Lernen von Schülerinnen und Schülern*; Europäische Hochschulschriften: Reihe 11, Pädagogik, Bd. 780. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Waring, M. (1997). Social pressures and curriculum innovation. A study of the Nuffield Foundation Science Teaching Project.
- Weber, Th. (2002). *Kumulatives Lernen im Physikunterricht. Eine vergleichende Untersuchung in Unterrichtsgängen zur geometrischen Optik*. Dissertation an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin.
- Weidenmann, B. (1993). Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess. In L. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia*. Weinheim: Psychologie Verlags Union, 65-84.
- Weinert, F.E. (1996). *Psychologie des Lernens und der Instruktion*. Göttingen: Hogrefe.
- Wirth, J. (2003). *Selbstregulation von Lernprozessen*. Münster: Waxmann (im Druck)
- Witrock, M. C. (1989). Generative processes of comprehension. *Educational Psychologist* 24, 345-376.
- Woolnough, B. E. (1983). Exercises, investigations and experiences. *Physics Education* 18, 60-63.
- Zoller, U. (1990). The IEE – an STS approach, *Journal of College Science Teaching* 19 (5), 289-291.

Alle Autoren arbeiten an der Universität Duisburg-Essen.

Dr. rer. nat. Hans Ernst Fischer ist Professor für die Didaktik der Physik.

Dr. phil. Klaus Klemm ist Professor für Erziehungswissenschaft mit dem Schwerpunkt Bildungsforschung.

Dr. phil. Detlev Leutner ist Professor für Lehr-Lernpsychologie.

Dr. rer. nat. Elke Sumfleth ist Professorin für die Didaktik der Chemie.

Dr. rer. nat. Rüdiger Tiemann ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich Physik.

Dr. rer. nat. Joachim Wirth ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich Erziehungswissenschaft.

Prof. Dr. Hans E. Fischer  
Universität Duisburg-Essen  
Leiter der Forschergruppe  
Naturwissenschaftlicher Unterricht  
Schützenbahn 70  
D-45117 Essen  
Tel.: +49201/183 4639  
Hans.Fischer@uni-essen.de