

Heitzmann, Anni

Naturwissenschaftsdidaktik in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung im Spannungsfeld zwischen Natur- und Sozialwissenschaften

Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 22 (2004) 1, S. 5-19



Empfohlene Zitierung/ Suggested Citation:

Heitzmann, Anni: Naturwissenschaftsdidaktik in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung im Spannungsfeld zwischen Natur- und Sozialwissenschaften - In: Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 22 (2004) 1, S. 5-19 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-135359

in Kooperation mit / in cooperation with:

Zeitschrift zu Theorie und Praxis der Aus- und
Weiterbildung von Lehrerinnen und Lehrern

BEITRÄGE ZUR LEHRERINNEN-
UND LEHRERBILDUNG

Organ der Schweizerischen Gesellschaft für
Lehrerinnen- und Lehrerbildung (SGL)

ISSN 2296-9632

<http://www.bzl-online.ch>

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
Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF)
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Digitalisiert

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Naturwissenschaftsdidaktik in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung im Spannungsfeld zwischen Natur- und Sozialwissenschaften

Anni Heitzmann

Der Beitrag thematisiert die aktuelle Problemlage im Bereich des Naturwissenschafts- und Sachunterrichts. Er versucht eine Einordnung der Vielfalt existierender Formen und Konzepte vor dem historischen Hintergrund vorzunehmen. Er führt die aktuellen Diskussionen der Naturwissenschaftsdidaktik auf die Besonderheit der "Naturwissenschaft" als Bezugsdisziplin und dadurch existierende Dilemmata zurück. Eine Klärung der divergenten Positionen und eine verstärkte Tätigkeit im Bereich von Unterrichtsforschung wird als Herausforderung für die Lehrerinnen- und Lehrerbildung gesehen, ebenso wie eine ernsthafte Auseinandersetzung mit der "Versozialwissenschaftlichung" des naturwissenschaftlichen Unterrichts.

1. Einleitung: Naturwissenschaftsunterricht und naturwissenschaftliche Grundbildung

Naturwissenschaften sind heute ein unverzichtbarer Bestandteil des Lebens auf dieser Erde. Sie sind entscheidend für die Existenz des Menschen, einerseits in ihrer existenzsichernden, andererseits in ihrer existenzbedrohenden Rolle. Die Auseinandersetzung mit der Natur und Umwelt, mit naturwissenschaftlichen Fragen ist somit für die Menschheit (über)lebenswichtig. Deshalb ist die Förderung der Naturwissenschaften auch Gegenstand politischer Führungsentscheide geworden. Beispiele dafür sind Berichte wie "a nation at risk" (NCEE-Report, 1983) oder Zeitungsschlagzeilen wie "Ingenieure braucht die Wirtschaft". Mit zunehmender Abhängigkeit von Naturwissenschaft und Technik sind auf gesellschaftlicher Ebene gleichzeitig ambivalente Verhaltensweisen festzustellen: Technische Errungenschaften der Naturwissenschaft werden zwar hemmungslos und oft unbedacht gebraucht, zugleich wird aber eine "technikfeindliche" Haltung demonstriert und Desinteresse an naturwissenschaftlichen Zusammenhängen signalisiert. In der breiten Bevölkerung ist eine zunehmende Unkenntnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge festzustellen. Trotz langjähriger, vergeblicher und mit grosser Anstrengung unternommener Bemühungen ist es offensichtlich noch nicht gelungen, die Anliegen von Umwelterziehung und -bildung in Schule und Gesellschaft nachhaltig zu verankern.

Diskussionen um die Wirksamkeit von Naturwissenschaftsunterricht sind nicht neu. Schon ein Jahrhundert früher äusserte John Dewey seine Besorgnis über den mangeln-

den Erfolg des Naturwissenschaftsunterrichts: "Considering the opportunities, students have not flocked to the study of science in the numbers predicted, nor has science modified the spirit and purpose of all education in a degree commensurate the claims made for it" (Dewey, 1910, p. 122). Auf verschiedensten Ebenen wurde der Naturwissenschaftsunterricht seither weiterentwickelt: Ziele und Bedeutsamkeit wurden diskutiert, neue Zugänge gesucht, Lehrpläne verabschiedet; die fachdidaktische Arbeit konzentrierte sich mehrheitlich auf pädagogisch-psychologische Aspekte sowie die Entwicklung von Lehrmitteln und Unterrichtsmaterialien. Die Frage nach der Wirksamkeit und Nachhaltigkeit des naturwissenschaftlichen Unterrichts jedoch blieb als zentrale Frage bestehen. Sie wurde in neuerer Zeit akzentuiert durch die internationalen Vergleichsstudien TIMSS "Third International Mathematics and Science Study" und PISA (vgl. Baumert, Bos & Lehmann, 2000; Buschor et al., 2003). Während mit den TIMSS-Aufgaben vor allem das naturwissenschaftliche Wissen als Produkt des Unterrichts vergleichend erhoben wurde, fokussieren die PISA-Untersuchungen auf die Kompetenzen, die für die Bewältigung des Lebens in einer technisierten Gesellschaft notwendig sind. Der heutige, aktuelle Diskurs in der Naturwissenschaftsdidaktik thematisiert die Frage der naturwissenschaftlichen Grundbildung, der "scientific literacy". Auch sie steht im Spannungsfeld zwischen Kerncurricula und/oder Standards (vgl. BzL Heft 3/2003), wobei unter dem Druck der "Zeiterscheinung internationaler Vergleichsstudien" die Tendenz in Richtung eines funktionalen Bildungsverständnisses läuft, in welchem vor allem den instrumentellen Zielen ein grosses Gewicht zugemessen wird.

Dies zeigt auch die Definition der im Rahmen der PISA-Studien verabschiedeten Umschreibung der sog. "Scientific literacy" (OECD, 1999, S. 60): "*Naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) ist die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen*".

Dabei werden drei Aspekte naturwissenschaftlicher Grundbildung unterschieden:

- a) Die *Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Prozessen*: Diese umfassen das Verständnis für die Besonderheiten naturwissenschaftlicher Untersuchungen, insbesondere die Fähigkeit, Vorgänge zu beobachten und zu beschreiben, wichtige Fragestellungen zu erkennen, das Sammeln und Identifizieren von Daten, das Kommunizieren naturwissenschaftlicher Beschreibungen oder Argumente sowie das Umgehen mit Evidenz, d.h. der Fähigkeit, Daten und Befunde als Belege für Schlussfolgerungen zu verwenden.
- b) Das *Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte*: Hier wird auf die Wichtigkeit des Verständnisses und der angemessenen Anwendung von naturwissenschaftlichen Konzepten hingewiesen, welche mit der Anwendung von Alltagskonzepten beginnen und bis zu einem Arbeiten mit naturwissenschaftlichen Modellvorstellungen reichen.

- c) Die *Vielfalt von Anwendungsbereichen*: Hier wird betont, dass die Anwendung von naturwissenschaftlichen Prozessen und Konzepten immer in einem multiplen Kontext stattfindet und nicht auf den Schulbereich beschränkt sein darf. Gerade die Anwendung dieser Prozesse oder Konzepte auf realistische Fragestellungen und Probleme auch im ausser-schulischen Kontext ist ein zentrales Merkmal von naturwissenschaftlicher Grundbildung.

Innerhalb und ausserhalb der Schule werden zur Zeit verschiedene Anstrengungen unternommen, das Interesse und Verständnis für naturwissenschaftliche Zusammenhänge wieder zu wecken. Die in den 1980er Jahren ins Leben gerufenen schulbezogenen Programme wie STS (Science-Technology-Society) oder STES (Science-Technology-Environment-Society) sowie das BLK-Programm (1997) in Deutschland und das Programm IMST² (2000–2004) in Österreich gehören ebenso dazu wie die aktuellen PUS (Public understanding of science) oder PUSH (Public understanding of science and humanities) -Programme, die ihre Aufmerksamkeit auf das naturwissenschaftliche Verständnis der Gesamtbevölkerung richten. Stichworte hierzu sind z.B. "Cité et science" in der Schweiz oder "Wissenschaft im Dialog" in Deutschland.

Und dennoch lassen sich die Symptome einer Krise nicht verbergen. Sie deuten auf die Situation eines Umbruchs und einer Neuorientierung hin. Schecker und seine Mitarbeiter (Schecker et al., 1996) nennen folgende drei Aspekte als Hauptmerkmale dieser Situation:

- Eine mangelnde Akzeptanz seitens der Schülerinnen und Schüler, die Naturwissenschaften, speziell Physik und Chemie, als "schwierig" und "unattraktiv" bezeichnen und nach Möglichkeit abwählen.
- Eine von vielen Lehrpersonen und Fachdidaktikern beklagte Inhalts- und Methodenkrise: die Inhalte seien zu abstrakt, entfernt von Alltagsbezügen, und die Wirkungen des Unterrichts insgesamt unbefriedigend; insbesondere gelinge es nicht, die Schülerinnen und Schüler zur Teilnahme an gesellschaftlichen Entscheidungen zu bewegen.
- Bildungspolitische Entscheidungen, die den Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern oder im Sachunterricht erschweren (z.B. das Zusammenlegen von Fächern bei gleichzeitiger Kürzung der Stundendotation, das Aufheben von Halbklassen, ...).

Auch die Ergebnisse der TIMSS- und PISA-Studien (Baumert, Bos & Lehmann, 2000; Baumert et al., 2003; Buschor et al., 2003) decken europaweit Mängel auf. Zwar schneiden Schweizer Sekundarschüler bezüglich des Problemlösens und Bearbeitens komplexer Fragestellungen gut ab, weisen aber auch klare Defizite bezüglich der Fachterminologie und des Grundwissens auf (Ramseier, 1998). Auch die PISA-Ergebnisse bescheinigen den Schweizer Schülerinnen und Schülern nur ein moderates Abschneiden im Bereich der Naturwissenschaften.

Die Naturwissenschaftsdidaktik und die Lehrerinnen- und Lehrerbildung sind hier also gefordert. Hat die Naturwissenschaftsdidaktik im weitesten Sinn, als die Didaktik von Fächern und Lernbereichen, in deren Zentrum die Auseinandersetzung mit Natur steht, in den letzten 100 Jahren versagt? Wurden die falschen Mittel bzw. Methoden angewendet oder waren etwa gar die angestrebten Ziele unangemessen? Wie reagiert die Naturwissenschaftsdidaktik auf die Krise dieses Lernbereichs heute? Im Zentrum der Diskussion dieses Beitrags stehen deshalb die folgenden Fragen:

- a) Welches sind die historischen Wurzeln der heutigen Situation?
- b) Welches ist die besondere "Natur" der Naturwissenschaftsdidaktik, d.h. welches sind die Besonderheiten einer Didaktik von Fächern oder Lernbereichen, in deren Zentrum die Auseinandersetzung mit "Natur" steht?
- c) Wie muss die Naturwissenschaftsdidaktik in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung gestaltet werden, will sie mithelfen, den Naturwissenschaftsunterricht weiter zu entwickeln?

2. Historische Wurzeln wirken noch heute nach

Auffällig ist die heute vorherrschende Pluralität an Unterrichtsformen, Unterrichtsprinzipien und Unterrichtskonzepten im Lernbereich Naturwissenschaften. Es findet sich alles: vom reinen Fachunterricht über Unterricht in unterschiedlichst konstruierten und legitimierten Lernbereichen bis hin zum 'integrierten' Unterricht, bei dem die Fächer Grenzen völlig aufgelöst sind. Die Terminologie der Lehrpläne und der Bezeichnungen (Handlungsorientierung, problemlösendes Lernen, entdeckendes Lernen, experimentelles Lernen, offener Unterricht, Lernen am Projekt, partizipatives Lernen, etc.) widerspiegelt diese Vielfalt und deutet auf ungelöste Probleme hin. Es gibt heute Didaktiken des Sachunterrichts, die Didaktiken der naturwissenschaftlichen Einzelfächer neben den Didaktiken der Naturkunde, des Realienunterrichts, der Umweltbildung, des Technikunterrichts und des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts. Gemeinsam ist allen diesen Didaktiken die "Natur"¹ als Wissensgegenstand und das Anliegen ihrer Vermittlung. Im Einzelnen sind sie geprägt durch unterschiedliche Orientierungen, die ihre Wurzeln im jeweiligen historisch-gesellschaftlichen Kontext haben (vgl. dazu die verkürzte Übersicht in Tab. 1). Einen detaillierten Überblick über die Geschichte des Sachunterrichts geben Plöger & Renner (1996) sowie Bäuml-Rosnagel (1995) und Reichen (1991). Die Entwicklungen der naturwissenschaftlichen Schulfächer werden in fachdidaktischen Grundlagenwerken beschrieben (Biologie: Eschenhagen et al., 1998; Physik: Kircher et al., 2001; Chemie: Barke & Harsch, 2001; Just, 1989). Diese ursprünglich historisch bedingten Orientierungen finden sich aber durchaus noch heute in den verschiedenen Ansätzen moderner Naturwissenschaftscurricula. Eine differenzierte Zusammenstellung diskutieren Häussler et al. (1998), und das sowohl bezüglich des Fachunterrichts in Physik, Chemie, Biologie als auch des Fächer übergreifenden Naturwissenschaftsunterrichts.

¹ Hier wird Natur im weitesten Sinne verstanden, d.h. auch Technik als "beherrschte Natur" oder Umwelt als "auf den Mensch bezogene Natur".

Tab. 1: Der Einfluss historischer Wurzeln auf die heutige Situation des Naturwissenschaftsunterrichts

| Orientierung/ Bezugspunkt | Historische Wurzeln | | Auslösende Impulse | heutige Relevanz |
|--|--|--|---|---|
| | Merkmale | | | |
| Nützlichkeit | Bewältigung des Alltags, "Berufswelt" Beherrschung der Natur | | Comenius (1632) Wissenschaftliche Revolution | Realienunterricht Alltagsorientierung, Kontextbezug Technik/Technikunterricht |
| Erfahrungswelt des Kindes | heimatkundlicher Anschauungsunterricht ganzheitliche Durchdringung der Sache Objekte als Gegenstände des Unterrichts | | Romantik Reformpädagogik | Heimatkundeunterricht: vom Nahen zum Fernen Sachunterricht = Anschauungsunterricht Ganzheitlichkeit |
| Psychologie des Kindes | Prinzip des Exemplarischen die Sache und Umwelt als unmittelbare Bildungsinstanz Konstruktion von Wirklichkeit | | Wagenschein/Klafki Rousseau Piaget Konstruktivismus | Betrachtung der Sache vor Ort, Exkursionen Orientierung an Phänomenen Selbsttätigkeit, Entdeckendes Lernen Einbezug von Vorwissen, Konzeptwechsel |
| Wissenschaft | "Bildung an sich", Erkenntnisgewinn Fächerkanon wissenschaftliche Methoden wissenschaftliche Konzepte und Prozesse höhere Effizienz des Unterrichts Orientierung an externen Systemen | | Humanismus Humboldt Neuhumanismus "Science for all" Sputnikschock Vergleichsstudien Gesamtschulen | Wissen, höhere gymnasiale Bildung Trennung in den angewandten Sachunterricht auf unteren und den Fachunterricht auf oberen Schulstufen Experimentalunterricht, Technikunterricht scientific literacy Integrierter Naturwissenschaftsunterricht |
| Wissenschafts- kritik/ Philosophie | | | Kritik des Positivismus Umweltdiskussion | Problem- und Anwendungsorientierung STS (Science – Technology – Society) Umweltbildung |

3. Die komplizierte "Natur" der Naturwissenschaftsdidaktik – wichtige Dilemmata

Wie jede (Fach)-Didaktik muss auch die Naturwissenschaftsdidaktik Vermittlerin zwischen der "Sache" (hier der Natur und der Wissenschaft) und den Lernenden sein. Als Didaktik hat sie sich mit Fragen der Konstitution und Namengebung der Schulfächer, der Zielsetzungen, der Auswahl und Anordnung der Inhalte und der didaktischen Inszenierungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts auseinander zu setzen. Die Naturwissenschaftsdidaktik befindet sich im Spannungsfeld der drei Pole "Bezugswissenschaft" (hier Naturwissenschaft) – "Gesellschaft" – "Schule". Sie ist also, wie auch Duit in seinem Beitrag (in diesem Heft) darlegt, eine interdisziplinäre Wissenschaft. Die Einzelsysteme bestimmen mit ihren historischen und zukünftigen Entwicklungen und den gegenseitigen Wechselwirkungen auch die jeweilige Ausrichtung bzw. Stossrichtung der Naturwissenschaftsdidaktik. So ist die oben erwähnte Pluralität an Unterrichtskonzepten als direkte Folge verschiedener, historischer Strömungen der Bezugssysteme zu sehen (vgl. auch Kap. 2).

Das Bezugssystem der Naturwissenschaft ist aber kein einfaches Bezugssystem, es zeichnet sich durch verschiedene Dilemmata aus, die zur Zeit die Diskussionslinien innerhalb der Naturwissenschaftsdidaktik prägen.

3.1 Differenzierung versus Integration

Heute sind die Naturwissenschaften ein grosses, nicht offensichtlich zusammenhängendes, ungeordnetes, sich rasch ausdehnendes System von Erkenntnissen über die Natur. Zugleich stellen sie eine spezifische Form organisierter, gesellschaftlicher Tätigkeit in Forschung, Lehre, Weitervermittlung und Ausbildung dar. Kennzeichen dieser Entwicklung ist eine hochgradige Spezialisierung und Disziplinarität: In den Naturwissenschaften wird heute das Wissen mehrheitlich nicht mehr von Einzelwissenschaftlern produziert, sondern von Forschungsteams hochspezialisierter Wissenschaftler, welche immer kleinere Ausschnitte des Naturwissens bearbeiten und die "Natur" der Naturwissenschaft oft aus den Augen verlieren. Es ist also eine zunehmende Aufsplitterung und Verfächerung festzustellen, Naturwissenschaften an sich existieren gar nicht mehr. Auf der andern Seite finden sich aber – angesichts mannigfacher komplexer Probleme, mit denen sich die Menschheit konfrontiert sieht – Bestrebungen, diese Verfächerung aufzulösen, Kommunikations- und Integrationsanstrengungen werden unternommen. In diesem Zusammenhang ergeben sich nun für eine Naturwissenschaftsdidaktik Konstitutionsschwierigkeiten für die Schulfächer, die sich mit der Charakterisierung "Differenzierung vs. Integration" zusammenfassen lassen. Allgemein ist im Laufe der Schulzeit ein "Aufstieg" von lebensweltlichen Vorstellungen und Denkweisen zur disziplinären Sichtweise festzustellen. Besonders auf den oberen Schulstufen zielt der Naturwissenschaftsunterricht auf die Abstraktion der entsprechenden Konzepte und Grundgesetze. So findet sich auf unteren Schulstufen oft ein integrierter Naturkunde- und Sachunterricht, der sich auf höheren Stufen in den Unterricht einzelner Fächer

ausdifferenziert, die sich an den wissenschaftlichen Bezugsdisziplinen orientieren, z.B. Physik oder Chemie. Andererseits aber werden auch auf höheren Stufen Integrationsfächer gebildet, wie z.B. die Schwerpunktfächer "Biologie und Chemie" oder "Physik und Anwendungen der Mathematik" (neues Maturitätsanerkennungsreglement in der Schweiz MAR, 1995) oder ganze Lernbereiche wie "Natur-Mensch-Mitwelt" oder "Natur-Umwelt" ausgewiesen, die sich an der Lebenswelt orientieren und keine entsprechende Bezugswissenschaft aufweisen oder ihre Bezüge in mehreren unterschiedlichen Disziplinen sowohl der Natur- als auch Sozialwissenschaften haben. Kremer & Stäudel (1992) betonen, dass Unterricht gemäss diesen an externen Systemen orientierten Ansätzen nicht mehr durch Curricula charakterisiert werden könne, sondern nur mehr durch sogenannte Strukturelemente, wie Lebenswelt, Natur-Technik-Umwelt, Offenheit, Berücksichtigung von spezifischen Bedürfnissen (z.B. von Mädchen oder der Konsumgesellschaft) und fordern dafür Lehrmittel im Bausteinprinzip, die *"mögliche fachliche Inhalte zu fächerübergreifenden Themen in Beziehung setzen, die Materialien für leicht handhabbare Versuche, Experimente, Untersuchungen und Vorschläge für Aktivitäten innerhalb und ausserhalb der Schule bereitstellen und beispielhaft Realisierungsmöglichkeiten für den Unterricht aufzeigen"* (Kremer & Stäudel, 1992, S. 56 ff.).

Das von Müller und Adamina diskutierte Beispiel 'Natur – Mensch – Mitwelt' (NMM) in diesem Heft zeigt die praktische Realisierung einer solchen Integration für den Sachunterricht in den Schweizer Volksschulen auf. Diese ist gekennzeichnet durch Begrifflichkeiten wie 'Umweltorientierung', 'offene Konzeptionen', 'lebenspraktische Umweltbetrachtung', 'Exemplarizität', 'Individualisierung', 'Erziehung zur Mündigkeit' oder auch 'problemorientiertes Lernen', 'anwendungsorientiertes Lernen', 'Lernen am Projekt'. Integrationsversuche anhand dieser Begriffe sind nicht nur auf der Elementarstufe, sondern auch auf höheren Schulstufen weit verbreitet. Ebenso sind auch Konzepte in der Umweltbildung wie 'Erziehung zu nachhaltiger Entwicklung' oder 'Lernen für eine Welt' aus diesen wissenschaftskritischen Ansätzen hervorgegangen. Die Konstitution der Schulfächer bzw. Lernbereiche gestaltet sich also in Anbetracht des uneinheitlichen Bezugssystems "Naturwissenschaften" unterschiedlich: Auf der einen Seite bilden Schulfächer die Entwicklung der Wissenschaften ab, auf der anderen Seite steht die Orientierung an Problemen der Gegenwart. Auch die Didaktik der Umweltbildung greift diese Problemorientierung auf (vgl. dazu die Beiträge von Kyburz und Nagel & Affolter, in diesem Heft) und betont mit den Ansätzen der sozioökologischen Umweltbildung, der Partizipation und der Erziehung für eine nachhaltige Entwicklung eindeutig den gesellschaftlich-sozialen Bezug.

3.2 Naturwissenschaft vs. Naturgeschichte

Nicht nur besteht für die Didaktik der Naturwissenschaften bezüglich 'Disziplinarität und Integration' ein Dilemma, sondern ein solches zeigt sich auch bezüglich der Methoden des Faches. Innerhalb der Naturwissenschaften muss zwischen der beschreibenden "Naturgeschichte", die sammelt, ordnet und rekonstruiert und den empirischen Naturwissenschaften, die einer technischen Rationalität mit streng hypothetisch-deduktivem

Vorgehen gehorchen, unterschieden werden. Die beiden unterscheiden sich nicht nur in der Art der Zugänge, sondern auch in der Konsequenz ihrer Aussagen. So erhebt die Naturgeschichte keinen Anspruch auf eine absolute Wahrheit, während im Bereich der experimentellen Wissenschaften wahr ist, was bewiesen werden kann. Diese beiden Stränge ziehen sich auch durch den Unterricht. Stufenabhängig werden andere Vorstellungen von Naturwissenschaft in der Schule umgesetzt. Traditionsgemäss herrscht auf den unteren Schulstufen der naturgeschichtlich beschreibende Naturkunde- bzw. Sachunterricht vor, auf höheren Stufen erfolgt dann die Orientierung an den empirischen Wissenschaften, was sinngemäss eine zunehmende Abstraktion zur Folge hat.

3.3 Naturwissenschafts- und/oder Technikunterricht

Auch die Frage nach der Auswahl des Wissens gestaltet sich für die Naturwissenschaftsdidaktik schwierig, da die Verquickung von Naturwissenschaft und Technik zwar offensichtlich ist, aber innerhalb der Naturwissenschaften selbst eine Debatte zu Grundlagenwissen und angewandtem Wissen herrscht. Die systematische, umfassende Wissenschaft von der Natur mit ihren spezifischen Methoden, Zielen, Begriffen und Gesetzen ist vor allem ein Produkt der Neuzeit. Allerdings reichen Ansätze von Erfahrung über Natur und Naturvorgänge und die gedankliche Verarbeitung der gesammelten Kenntnisse bis in die Frühgeschichte der Menschheit zurück. Menschen stellten sich zu jeder Zeit Fragen zu Naturphänomenen, lernten diese zu nutzen und hinterfragten Effekte, die sich aus dieser Nutzung ergaben. Am Anfang war demnach Naturwissen gleichzusetzen der "techne", der Kunst der Anwendung und Nutzung dieses Wissens. Es wurde "Wissen um des Handelns willen" erworben. Dies änderte sich zur Zeit des Neuhumanismus, wo Anwendung des Wissens verpönt war und "Handeln um des Wissens willen" im Vordergrund stand. Als Folge davon kam es zur Trennung der "reinen" Naturwissenschaften von den angewandten, "technischen" Wissenschaften.

Auch hier sind auf Unterrichtsebene nun verschiedene Vorstellungen umgesetzt worden. Während es legitim war, im Sachunterricht der Unter- und Mittelstufe angewandtes Wissen zu vermitteln, wurde als Folge humanistischer Ideale auf der gymnasialen Oberstufe lange Zeit das abstrakte Wissen der "reinen" Naturwissenschaften favorisiert. Die Trennung in die Naturwissenschaften einerseits, welche versuchen, neues Wissen im Universum zu entdecken, und der Technik andererseits, die mit Technologien dieses Wissen für die Bedürfnisse der Menschen nutzt, ist aber eine künstliche. Sie suggerierte lange Zeit die "fatale Idee" der wertfreien Wissenschaft. Zum Beispiel ist zur Zeit im Bereich der biomedizinischen Forschung sehr deutlich zu erkennen, dass diese Grenze fließend ist. Heute hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass der Naturwissenschafts- oder Sachunterricht auch immer Technikunterricht sein muss. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch das Ergebnis der vor 20 Jahren vom Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Kiel (IPN) durchgeführten Expertenbefragung (Delphistudie zum Physikunterricht von Häussler et al., 1980). Die Experten befürworteten deutlich einen anwendungsorientierten Unterricht, in dessen Zentrum die Tätigkeiten des Menschen in der technischen Umwelt stehen. Diese Studie löste verbreitet im Naturwissen-

schaftsunterricht den Einbezug verschiedener Kontexte aus, z.B. Physik und Technik oder Physik und Ethik. Der Beitrag von Bündler & Parchmann (in diesem Heft) diskutiert ein Beispiel aus dem Chemieunterricht.

3.4 Natur – ein vielschichtiger Bezugspunkt

Ein weiteres Dilemma stellt sich der Naturwissenschaftsdidaktik dadurch, dass der Begriff "Natur" ganz unterschiedlich gefasst werden kann. Will man Ziele oder Inhalte für den Unterricht definieren, spielt es eine entscheidende Rolle, von welchem Naturbegriff man ausgeht. "Natur" kann z.B. entweder im Gegensatzpaar (1) "natürlich-künstlich" (= verändert durch den Menschen) oder (2) "natürlich-übernatürlich" gesehen werden. Die beiden Sichtweisen führen nun zu einem je anderen Naturbegriff. Im ersten Fall (1) ist die Natur das natürlich Gewordene (nicht das vom Menschen Geschaffene), im zweiten Fall (2) ist Natur das im Rahmen von Naturgesetzen Mögliche (und nicht das von einer übernatürlichen Macht Bestimmte). Was soll jetzt Gegenstand des Unterrichts sein? Wichtig ist die Differenzierung auch im Zusammenhang der Bewertung menschlicher Tätigkeiten in der Natur. Soll z.B. im Ökologieunterricht die Frage nach dem Einsatz einer bestimmten Massnahme geklärt werden, z.B. ob es vertretbar sei, bestimmte Eingriffe in einem Ökosystem vorzunehmen, spielt es eine wesentliche Rolle, von welchem Naturbegriff man ausgeht. Nimmt man Natur "als das naturgesetzlich Mögliche" (2), so könnte man solche Eingriffe durchaus positiv beurteilen. Wenn man aber vom Naturbegriff (1), "der Natur als dem natürlich Gewordenen", ausgeht, käme man zur gegenteiligen Haltung. Die Diskussion mündet schlussendlich in die Frage, wie weit der Mensch und menschliche Aktivitäten auch Teil der "Natur" sein sollen, die im Naturwissenschaftsunterricht Bezugspunkt ist. Heute scheint klar zu sein, dass sich der Mensch nicht mehr ausklammern lässt, der Realien- oder Sachunterricht des letzten Jahrhunderts entwickelte sich zu den Lernbereichen: "Natur – Mensch – Umwelt" oder "Natur – Mensch – Mitwelt" (vgl. Müller&Adamina, in diesem Heft).

3.5 Wissen und Verstehen vs. instrumentelle Ziele

Beim Diskurs zur Frage der Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts befindet sich die Naturwissenschaftsdidaktik im Dilemma, weil sie sich mit verschiedenen Zieldimensionen konfrontiert sieht. Es können im wesentlichen drei Dimensionen unterschieden werden, welche die Diskussion um die Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts bestimmen (vgl. Abb. 1).

Traditionellerweise wurden schon immer zwei Dimensionen differenziert, die den verschiedenen Wissensformen entsprechen, dem deklarativen Wissen einerseits und dem prozeduralen, instrumentellen Wissen andererseits. In englischsprachigen Publikationen werden sie auf die einfache Formel (1) "*understanding science and the nature of science*" (Naturwissenschaft und die Natur der Naturwissenschaft verstehen) und (2) "*understanding the nature of scientific knowledge*" (die Natur des wissenschaftlichen Wissens verstehen) (Matthews, 1994, 2000) gebracht.

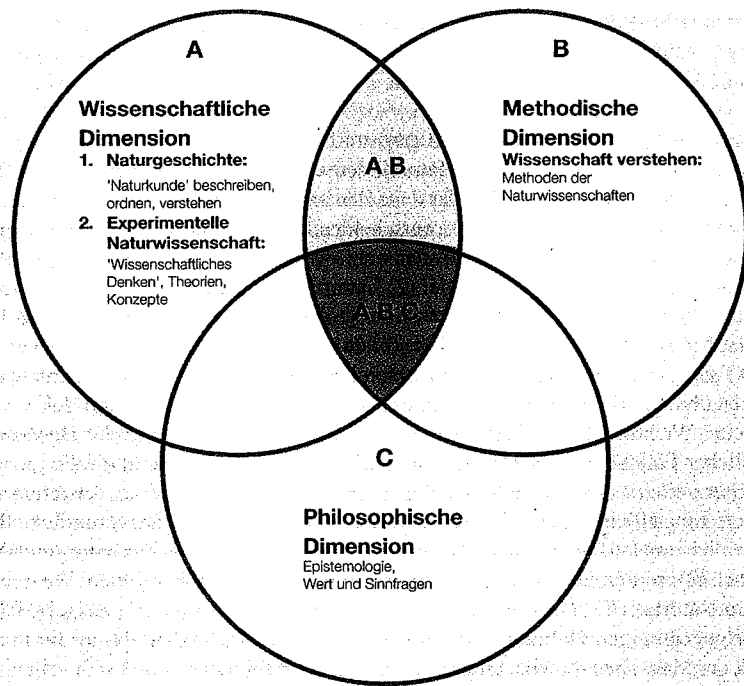


Abbildung 1: 'Scientific literacy' und die drei Zieldimensionen von Fächern und Lernbereichen, in deren Zentrum die Auseinandersetzung mit Natur steht. Der Bereich AB bezeichnet eine naturwissenschaftliche Grundbildung im engeren Sinne, bei der die Fach- und Methodenkenntnisse im Zentrum stehen. Der Bereich ABC bezeichnet eine naturwissenschaftliche Grundbildung, bei der Wert- und Sinnfragen einbezogen werden (Heitzmann, verändert nach Matthews, 2000).

Mit dem ersten Ausdruck "*understanding science and the nature of science*" wird die Wichtigkeit betont, die angeborene Neugierde des Menschen zu nutzen und aus der fragenden Haltung heraus Zugänge zur natürlichen und technischen Umwelt zu eröffnen, die zum naturwissenschaftlichen Denken, nämlich zur Suche nach Zusammenhängen und zum Verstehen von Naturvorgängen führen und in der Folge verantwortungsbewusste Gestaltungsprozesse ermöglichen. Hierzu zählt die Kenntnis wichtiger theoretischer naturwissenschaftlicher Grundkonzepte, die als grundlegende Deutungsmuster helfen, die Welt zu verstehen, ebenso wie lebenspraktisch nutzbare Kenntnisse im Umgang mit Natur. Diese erste Dimension ist also die Dimension des deklarativen Wissens. Zweitens wird mit der Formulierung "*understanding the nature of scientific knowledge*" die methodische Dimension ins Blickfeld genommen. Die naturwissenschaftlichen Erkenntnismethoden des geplanten, hypothesengeleiteten

Beobachtens, Untersuchens und Experimentierens sollen Ziel des Naturwissenschaftsunterrichts sein. Es soll die logische, rationale Abstraktion als Denkwerkzeug gelernt werden, die – weil sie von Einzelphänomenen absieht – auf unzählige konkrete Situationen anwendbar ist. Die zweite Dimension fokussiert also auf das instrumentelle Verfahrenswissen. Diese Fokussierung ist nicht neu, schon Dewey sprach in diesem Zusammenhang von der Bildung eines "neuen, naturwissenschaftlichen Geistes": "*Scientific method in its largest sense is the justification on its intelligent side of science teaching, and the formation of scientific habit of the mind should be the primary aim of the science teacher,..... a new type of mind is gradually developing under the influence of scientific methods*" (Shamos, 1995, S. 79).

Zusammenfassend kann gemäss diesen zwei Dimensionen die Hauptaufgabe des Naturwissenschaftsunterrichts in einer Art Denkschulung von abstraktem und vernetztem Denken gesehen werden. Diese Denkschulung kann nach Kubli (1983) nur im sozialen Rahmen des Unterrichts stattfinden. Er weist unter Bezugnahme auf die Forschungsergebnisse von Piaget darauf hin, wie wichtig das experimentelle Vorgehen und die Diskussion im Rahmen von Verifikation und Falsifikation für die Stiftung von Inter-subjektivität sind. In diesem Zusammenhang hebt er die Wichtigkeit von intersubjektiv geteilten Erfahrungen (seien es nun experimentelle Beobachtungen oder sinnliche Naturwahrnehmungen) als wichtige Elemente des Unterrichts für subjektive Konstruktionsprozesse hervor, welche ihrerseits erst die Erfahrung objektiver Sachverhalte erlauben. In diesem Sinn betont er, dass der naturwissenschaftliche Unterricht auf allen Stufen auch immer einen wichtigen Beitrag zum Selbst- und Weltverständnis von Schülerinnen und Schülern leistet. Damit ist die dritte Zieldimension angesprochen, mit der sich die Naturwissenschaftsdidaktik konfrontiert sieht. Sie umfasst die gesellschaftliche Komponente Naturwissenschaft und kann als philosophische Dimension bezeichnet werden. Sie bezieht Wert- und Sinnfragen bezüglich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse und ihrer Anwendungen sowie politische Prozesse mit ein und eröffnet den Blick auf die Allgemeinbildung. Aussagen wie "Vorbereitung auf zukünftige Lebenssituationen", "Anleitung zum kritischen Vernunftgebrauch", "Stiftung kultureller Kohärenz" (Heymann, 1990, S. 22) oder "Selbstbestimmung über die persönlichen Lebenssituationen", "Mitbestimmungsfähigkeit und Solidaritätsfähigkeit" (Klafki, 1994) umschreiben die Zielvorstellung dieser Dimension. Schecker et al. (1996) diskutieren die Aufgaben des Naturwissenschaftsunterrichts im Kontext der Allgemeinbildung und nennen explizit die Vermittlung und Kommunikation zwischen den Fachkulturen, die Herausbildung des Selbst- und Weltverständnisses und die Kommunikation zwischen Experten und Laien als wichtige Ziele. Die Forderung nach dem Einbezug der philosophischen Dimension ist seit einigen Jahren vor allem im angloamerikanischen Raum verbreitet und hatte dort in der Lehrerbildung die Einführung von HPS-Kursen (history and philosophy of science) zur Folge (Matthews, 1994). In Europa fordert Fouré (1994, S. 188 ff.) als Konsequenz dieser drei Zieldimensionen des Unterrichts explizit eine Veränderung der Aus- und Weiterbildung für die Lehrerbildung, nämlich

- une formation à l'histoire des sciences (Geschichte der Naturwissenschaften)
- une formation à l'épistémologie et à la socio-épistémologie (Erkenntnistheorie)
- une formation à l'interdisciplinarité (Interdisziplinarität)
- une formation aux technologies et à leur évaluation (Technik und Technikbewertung)
- la mise en oeuvre d'un projet interdisciplinaire (interdisziplinäre Projekte)
- une formation à l'analyse de société, liée à l'"enseignement" (Sozialanalysen im Zusammenhang mit Unterricht).

4. Dilemmata als Chance? – Herausforderungen an die Didaktik

Ist nun die eingangs erwähnte Krise von Fächern oder Lernbereichen, in deren Zentrum die Auseinandersetzung mit "Natur" steht, auf diese Dilemmata zurückzuführen und ist sie somit in der "Natur der Sache" begründet, nämlich im Naturwissenschaftsunterricht selbst? Eine simple Bejahung dieser Frage würde wohl als Erklärung zu kurz greifen. Eher müsste man sagen, dass es die Naturwissenschaftsdidaktik verpasst hat, die Dilemmata fruchtbar zu machen. Zentral scheint ein Grundproblem zu sein, nämlich, dass eingenommene Positionen nicht transparent gemacht und zu wenig geklärt werden. Dies gilt für die aus ihrem historisch-gesellschaftlichen Kontext herausgelösten Unterrichtsprinzipien oder Haltungen ebenso wie für didaktische Begriffe, die in den Unterricht transferiert werden, ohne die dafür geltenden Prämissen transparent zu machen. Der Unterricht, der Naturwissenschaft vermitteln will, hat Abgrenzungsprobleme nach verschiedenen Seiten: Auf der naturwissenschaftlichen Seite einerseits kann zwar empirisches "wahres" Wissen vermittelt werden, aber es ist unerlässlich, auch darzulegen, welche zweckmäßigen Prämissen gemacht wurden, um den "Wahrheitsgehalt" dieses Wissens zu bestimmen. Andererseits – sobald Technologien oder lebensweltliche Erfahrungen (sog. vorwissenschaftliche Erfahrungen) ins Blickfeld genommen werden – stehen sich verschiedene Interpretationen der Ethik oder Naturphilosophie gegenüber, über deren "Richtigkeit" nur normativ entschieden werden kann. Schon Kerschensteiner hat 1914 bemerkt, dass ein Mangel im Erziehungswert der Naturwissenschaften darin liege, dass naturwissenschaftliche Kenntnisse nicht zur "Seite des Sollens", "in die Welt der Werte" führen (Kerschensteiner, 1914, S. 98 ff.). Dieser Weg muss auch beschritten werden. Die philosophische Dimension muss also einbezogen werden und die naturwissenschaftliche Grundbildung um diese Dimension erweitert werden (vgl. Abb. 1). Ebenso wie auf der naturwissenschaftlichen Seite die Prämissen, die zweckmäßig sind und gemacht werden, um den Wahrheitsgehalt von empirisch produziertem Wissen zu bestimmen, transparent gemacht werden müssen, müssen auf der anderen Seite die Positionen der Interpretation, die Normen und Werte, geklärt werden. Ist das nicht der Fall und wird die jeweilige Position bzw. der Bezugsrahmen nicht geklärt oder werden die Prämissen nicht benannt, bleibt der Unterricht gleichsam im luftleeren Raum hängen. Wert- und Sinnfragen können dann nicht ernsthaft diskutiert werden. Schülerinnen und Schüler resignieren, wenden sich von den Naturwissenschaften und

dem politischen, ethischen Engagement ab. Diese Klärungen sind nicht nur auf den Unterricht der Oberstufe zu beziehen, auch im Sachunterricht der Elementarstufe müssen die Positionen geklärt werden, ob es z.B. das Ziel ist, objektives Wissen zu erwerben oder ob nur verschiedene Positionen einander gegenüber gestellt und allenfalls gegeneinander abgewogen werden.

Eine Klärung der Positionen ist auch auf struktureller und inhaltlicher Ebene notwendig. Curricula passen nicht zu Lehrmitteln oder die (vorwiegend disziplinäre) Ausbildung von Sekundarlehrkräften entspricht nicht dem Bildungsgedanken der Volksschule (vgl. Müller & Adamina, in diesem Heft). Hier muss vorab die Frage der Curricula (welche Inhalte werden in welchen Gefäßen, auf welcher Stufe vermittelt?) und die der Standards bzw. überprüfbarer Kompetenzen für die einzelnen Teilbereiche oder Fächer im Sinne von "Treppunkten" geklärt werden. Wichtig ist, dass diese Klärung bezüglich der Inhalte und der Kompetenzen erfolgt, nur dann kann auch das – oft als Defizit genannte – Problem der mangelnden horizontalen und vertikalen Vernetzung gelöst werden.

Auch auf bildungstheoretischer Ebene sind Klärungen anstehend, vorab muss die Bestimmung "des Allgemeinen" der Allgemeinbildung in einer pluralistischen Gesellschaft geklärt werden. Fragen, wie "Welchen Beitrag soll der Naturwissenschaftsunterricht zu einer Allgemeinbildung leisten?" und "Welches sind die wirklich spezifischen Anteile des Naturwissenschaftsunterrichts?" müssen offen diskutiert werden. Hierzu gehört auch die Frage der Integration politischer Bildung! Diese Diskussionen sollten nicht nur in so genannten Querschnittsbereichen wie z.B. Umweltbildung oder Gesundheitsbildung erfolgen, sondern ebenso im disziplinären Fachunterricht, in Lernbereichen oder im Sachunterricht. Mit der Übernahme der Begrifflichkeit, z.B. von Wortschöpfungen wie "nachhaltige Erziehung" oder "ökologische Bildung" ist es nicht getan, sollen nicht die alten Probleme unter neuer Begrifflichkeit bestehen bleiben.

Welche Herausforderungen ergeben sich nun daraus für die Lehrerinnen- und Lehrerbildung? Eine erste Herausforderung gilt für die Fachdidaktiken der naturwissenschaftlichen Fächer, für die Didaktik des Sachunterrichts oder für eine Fächer übergreifende Didaktik der Naturwissenschaften gleichermaßen: Sie müssen aus ihrem "Aschenbrödel-Dasein" (Hopmann, 1998) her austreten und sich aktiv an der Bildungsdiskussion beteiligen, als interdisziplinäre Wissenschaften (vgl. Duit, in diesem Heft) sind sie prädestiniert dazu. Wichtig ist hier, dass sie sich nicht nur auf die Entwicklung von Lehrmitteln beschränken, sondern aktiv Unterrichtsforschung betreiben. Eine weitere, wichtige Herausforderung liegt in der Klärung des Verhältnisses zwischen naturwissenschaftlich orientiertem und technologieorientiertem Unterricht und dessen konsequenter Umsetzung in den Curricula. Eine letzte Herausforderung liegt endlich in der Klärung von Disziplinarität und Inter- bzw. Transdisziplinarität: Das Verhältnis zwischen gefächertem und Fächer übergreifendem Unterricht muss einerseits auf der Ebene des konkreten Unterrichts und andererseits auf der Ebene der Didaktik geklärt werden. In

diesem Zusammenhang müssen die integrativen Prinzipien, die das Bewusstsein um die Bedeutung der Naturwissenschaften und Naturbeziehung fördern, bestimmt und deklariert werden. Shamos (1995) warnt in diesem Zusammenhang vor zwei Gefahren, nämlich der verbreiteten und propagierten Praxis, Wissen über die Natur über ein soziales oder politisches Thema einzuführen, wie es z.B. die STS-Bewegung (siehe oben) macht. Er weist darauf hin, dass dabei aus einer Vermischung der Positionen heraus oft emotionale Kritik resultiere, die für die Problemlösung nicht weiterführe. Vielmehr plädiert er dafür, dass ein naturwissenschaftliches Curriculum mit einem Thema der Natur bzw. der Naturwissenschaft beginnen und enden sollte, aber dazwischen mit Hilfe des "Interface" Technologie die Prämissen und Positionen aus naturwissenschaftlicher und gesellschaftswissenschaftlicher Sicht geklärt und im Diskurs zwischen Laien und Experten kommunikativ bearbeitet werden sollten.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass angesichts der reell für die Gesellschaft existierenden Probleme die grösste Herausforderung an die Naturwissenschaftsdidaktik wohl in der nächsten Zeit darin bestehen wird, auf die "Versozialwissenschaftlichung" des Naturwissenschaftsunterrichts zu reagieren, sei es durch eine Öffnung im Sinne einer aktiven Teilnahme an der Bildungsdiskussion mit der Klärung ihres Beitrags an die Ziele einer allgemeinen Bildung, sei es durch eine Rückbesinnung auf das Spezifische einer naturwissenschaftlichen Bildung oder sei es durch das Deklarieren der eingenommenen Positionen bezüglich der existierenden Dilemmata. Eine Stärkung der fachdidaktischen und bereichsdidaktischen Unterrichtsforschung ist eine unabdingbare Voraussetzung dazu.

Literatur

- Bäumel-Rosnagel, M. (1995). *Sachunterricht: Bildungsprinzipien in Geschichte und Gegenwart*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Barke, H.-D. & Harsch, G. (2001). *Chemiedidaktik heute: Lernprozesse in Theorie und Praxis*. Berlin: Springer.
- Baumert, J., Bos, W. & Lehmann, R. (Hrsg.). (2000). *TIMSS/III: Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie*. Opladen: Leske & Budrich.
- Baumert, J. et al. (Hrsg.). (2003). *PISA 2000: ein differenzierter Blick auf die Länder der Bundesrepublik Deutschland*. Opladen: Leske & Budrich.
- BLK (1997). *Gutachten zur Vorbereitung des Programms "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts"*. Bonn: Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung.
- Buschor, E., Gilomen, H. & McCluskey, H. (2003). *PISA 2000: Synthese und Empfehlungen*. Neuchâtel: Bundesamt für Statistik.
- Comenius, J. A. (1658) *Orbis sensualium pictus*. Dortmund: Harenberg (Nachdruck 1978).
- Dewey, J. (1910). Science as subject-matter and as method. *Science* 31, 121–127. Reproduced in *Science & Education* 1995, 4 (4), 391–98.
- Eschenhagen, D., Kattmann, U. & Rodi, D. (1998). *Fachdidaktik Biologie*. Köln: Aulis Verlag Deubner & Co.
- Fouriez, G. (1994). *Alphabétisation scientifique et technique*. Bruxelles: De Boeck-Wesmael.

- Häussler, P., Frey, K., Hoffmann, L., Rost, J. & Spada, H. (1980). *Physikalische Bildung: Eine curriculare Delphistudie*. IPN-Arbeitsberichte 41. Kiel: IPN.
- Häussler, P., Bünder, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung – Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN.
- Heymann, H.W. (1990). Überlegungen zu einem zeitgemässen Allgemeinbildungskonzept. In H. W. Heymann & W. Van Lück (Hrsg.), *Allgemeinbildung und öffentliche Schule. Klärungsversuche* (S. 21–26). Bielefeld: Institut für Didaktik der Mathematik, Materialien und Studienbriefe, Bd. 37.
- Hopmann, St. (1998). Fach und Didaktik – Anmerkungen zu einer produktiven Dauerkrise. Tagungsbericht des 2. internationalen Kolloquiums der Forschungsstelle vom 18.–23. Oktober 1998, Monte Verità, Ascona. Bern: Forschungsstelle für Schulpädagogik und Fachdidaktik (FSF).
- von Humboldt, W. (1841–1852). *Gesammelte Werke*. In Königlich Preussische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.), *Gesammelte Schriften I–XVII. Band XIII*, Berlin 1903–1936 (repr. 1968).
- IMST² (2004). Online unter http://imst.uni-klu.ac.at/was_ist_imst/grundidee/index.php (Februar 2004).
- Just, N. (1989). Geschichte und Wissenschaftsstruktur der Chemiedidaktik. In A. Gramm, N. Just, C. Möller, M. Soostmeyer & E. Sumfleth (Hrsg.), *Naturwissenschaft und Unterricht* (Bd. 1). Mülheim: Westarp.
- Kerschensteiner, G. (1914). *Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts*. Leipzig: B.G. Teubner.
- Kircher, E., Girwidz, R. & Häussler, P. (2001). *Physikdidaktik*. Berlin: Springer-Verlag.
- Klafki, W. (1994). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik* (4. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Kremer, A. & Stäudel L. (1992). Integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht – Zur Renaissance einer Reformidee. *Pädagogik*, 7/8, 56–61.
- Kubli, F. (1982). *Piaget und die Naturwissenschaftsdidaktik*. Köln: Aulis.
- MAR (1995). *Verordnung des Bundesrates/Reglement der EDK über die Anerkennung von gymnasialen Maturitätsausweisen*. Bern: Schweizerische Konferenz der Kantonalen Erziehungsdirektoren.
- Matthews, M.R. (1994). *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science*. London: Routledge.
- Matthews, M.R. (2000). *Time for Science Education*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publisher.
- NCEE National Commission on Excellence in Education (1983). *A nation at risk: the Imperative for Education Reform*. Washington DC: US Department of Education.
- OECD (1999). *Measuring Student Knowledge and Skills. A New Framework for Assessment*.
- Plöger, W. & Renner, E. (1996). *Wurzeln des Sachunterrichts – Genese eines Lernbereichs in der Grundschule*. Weinheim: Beltz.
- Ramseier, E. (1998). Leistungsprofil und Unterricht – Eine Analyse der schweizerischen Leistungen im naturwissenschaftlichen Test von TIMSS. *Bildungsforschung und Bildungspraxis*, 20 (1), 8–27.
- Reichen, J. (1991). *Sachunterricht und Sachbegegnung*. Zürich: Sabe Verlag.
- Schecker, H., Bethge, T., Breuer, E., von Dwingelo-Lütten, R., Graf, H.-U., Gropengiesser, I. & Langensiepen, B. (1996). Naturwissenschaftlicher Unterricht im Kontext allgemeiner Bildung. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 49 (8), 488–492.
- Shamos, M.H. (1995). *The myth of scientific literacy*. New Brunswick, New Jersey: Rutgers University Press.

Autorin

Anni Heitzmann, Dr., Fachdidaktik Biologie, Fachhochschule Aargau, Dep. Pädagogik, Küttigerstr. 42, 5000 Aarau und Universität Bern, Abteilung für das Höhere Lehramt AHL, Erlachstr. 9a, 3012 Bern
 anni.heitzmann@fh-aargau.ch, heitzmann@sis.unibe.ch