

Duit, Reinders

Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung

Zeitschrift für Pädagogik 41 (1995) 6, S. 905-923



Quellenangabe/ Reference:

Duit, Reinders: Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung - In: Zeitschrift für Pädagogik 41 (1995) 6, S. 905-923 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-105369 - DOI: 10.25656/01:10536

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-105369>

<https://doi.org/10.25656/01:10536>

in Kooperation mit / in cooperation with:

BELTZ JUVENTA

<http://www.juventa.de>

Nutzungsbedingungen

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

Terms of use

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

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

Kontakt / Contact:

pedocs
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Digitalisiert

Zeitschrift für Pädagogik

Jahrgang 41 – Heft 6 – November/Dezember 1995

Essay

- 853 FRANK-OLAF RADTKE
Interkulturelle Erziehung. Über die Gefahren eines pädagogisch
halbierten Anti-Rassismus

Thema: Konstruktion von Wissen

- 867 JOCHEN GERSTENMAIER/HEINZ MANDL
Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive
- 889 ROLF DUBS
Konstruktivismus: Einige Überlegungen aus der Sicht
der Unterrichtsgestaltung
- 905 REINDERS DUIT
Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in
der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung
- 925 HERBERT KALTHOFF
Die Erzeugung von Wissen. Zur Fabrikation von Antworten
im Schulunterricht

Thema: Bildungspolitische Orientierung nach 1945 in SBZ und DDR

- 943 PETRA GRUNER
„Nun dachte ich, jetzt fängt's neu an, nun soll's sozial werden ...“
Zur Kritik des Neulehrermythos
- 959 MICHAEL C. SCHNEIDER
Chancengleichheit oder Kaderauslese? Zu Intentionen, Traditionen
und Wandel der Vorstudienanstalten und Arbeiter-und-Bauern-
Fakultäten in der SBZ/DDR zwischen 1945 und 1952

Diskussion

- 987 SIGRID LUCHTENBERG
Multikulturalität als Grundlage von Bildung und Erziehung:
der australische Ansatz

Besprechungen

- 1009 HORST RUMPF
Hartmut von Hentig: Die Schule neu denken.
Eine Übung in praktischer Vernunft
- 1012 GISELA MILLER-KIPP
Norbert Seibert/Helmut J. Serve (Hrsg.): Bildung und Erziehung an
der Schwelle zum dritten Jahrtausend. Multidisziplinäre Aspekte,
Analysen, Positionen, Perspektiven
Volker Lenhart: „Bildung für alle“. Zur Bildungskrise in der
Dritten Welt
Heinz-Elmar Tenorth: „Alle alles zu lehren“. Möglichkeiten und
Perspektiven allgemeiner Bildung
- 1016 JÜRGEN DIEDERICH
Friedrich W. Kron: Grundwissen Didaktik
- 1020 KÄTE MEYER-DRAWE
Christoph Wulf (Hrsg.): Einführung in die pädagogische
Anthropologie

Dokumentation

- 1025 Pädagogische Neuerscheinungen

Content

Essay

- 853 FRANK-OLAF RADTKE
Intercultural Education – The dangers of a pedagogically bisected anti-racism

Topic: The Construction of Knowledge

- 867 JOCHEN GERSTENMAIER/HEINZ MANDL
The Acquisition of Knowledge From a Constructivist Perspective
- 889 ROLF DUBS
Constructivism – Reflections from the perspective of the organization of instruction
- 905 REINDERS DUIT
On the Role of the Constructivist Perspective in Didactic Research on Science Instruction
- 925 HERBERT KALTHOFF
The Production of Knowledge – On the fabrication of answers in the classroom

Topic: The Educational-Political Orientation In the Soviet-Occupied Zone and GDR After 1945

- 943 PETRA GRUNER
The Myth of the New Teacher
- 959 MICHAEL C. SCHNEIDER
Equality of Opportunity or Selection of an Elite? On the intentions, traditions, and the change of Preparatory Studies and the Workers and Farmers Faculties in the Soviet-occupied zone/GDR between 1945 and 1952

Discussion

- 987 SIGRID LUCHTENBERG
The Concept of the Multicultural Society – A Basis for Education and Instruction. The Australian approach

Book Reviews

1009

Documentation

- 1025 Recent Pedagogical Publications

REINDERS DUIT

Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung

Zusammenfassung

Die konstruktivistische Sichtweise hat sich in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung als fruchtbar und flexibel erwiesen. Zunächst eher radikal konstruktivistischen Positionen des Wissenserwerbs nahe, hat sie sich zu einem Paradigma entwickelt, das über Aspekte des Wissenserwerbs hinausgeht und wichtige Aspekte des sozialen Konstruktivismus einschließt. Dieses Paradigma sieht die individuelle und soziale Konstruktion des Wissens eingebettet in umfassende Ansätze des naturwissenschaftlichen Unterrichts, die sich an den Fähigkeiten, Interessen und Bedürfnissen der Schüler orientieren. Es hat auch der Entwicklung von neuen Modellen der Lehrerbildung wichtige Impulse gegeben. Unter dem Dach des Konstruktivismus ist ein breites Spektrum unterschiedlicher Ausrichtungen versammelt, dessen gemeinsamer Kern einem pragmatischen, moderaten Konstruktivismus entspricht.

1. Zur konstruktivistischen Sichtweise in der Naturwissenschaftsdidaktik

Es gibt eine große Anzahl von „Spielarten“ des Konstruktivismus in der Naturwissenschaftsdidaktik (GOOD/WANDERSEE/JULIEN 1993). Die konstruktivistische Sichtweise ist also keine konsistente Theorie, sondern lediglich eine Perspektive mit einem allerdings substantiellen gemeinsamen Kern, der als pragmatischer, moderater Konstruktivismus im Sinne von GERSTENMAIER und MANDL (in diesem Heft) bezeichnet werden kann. Wissenserwerb wird als aktive Konstruktion auf der Basis der vorhandenen Vorstellungen gesehen. Der aktive, selbstgesteuerte und selbstreflexive Lerner steht im Mittelpunkt und die idiosynkratischen Konstruktionsprozesse sind immer eingebunden in einen bestimmten sozialen Kontext (TOBIN 1993; STEFFE/GALE 1995).

Kritiken an der konstruktivistischen Sichtweise betreffen vor allem radikal-konstruktivistische Aspekte. Zunächst wird die Betonung des Individuellen und die daraus folgende Vernachlässigung des Sozialen kritisiert. Aus phänomenologischer (MARTON/NEUMAN 1989; McCARTY/McCARTY 1992) wie aus sozial-konstruktivistischer Perspektive (GLASSON/LALIK 1992) wird geltend gemacht, daß der radikale Konstruktivismus das Verhältnis des Individuums zur sozialen Welt nicht angemessen berücksichtigt. O'LAUGHLIN (1992) argumentiert aus der Sicht eines „sozio-kulturellen Modells des Lehrens und Lernens“ in ähnlicher Richtung. Er weist darauf hin, daß der radikale Konstruktivismus nicht in der Lage sei, die Kultur, die Machtstrukturen und die Diskurse im Klassenraum angemessen zu berücksichtigen. Diesen Kritiken (s. auch SOLOMON 1994) ist inzwischen insofern die Spitze genommen worden, als in den

vergangenen Jahren wichtige Aspekte der sozialen Gebundenheit von Wissenskonstruktionen in die konstruktivistische Sichtweise integriert worden sind.

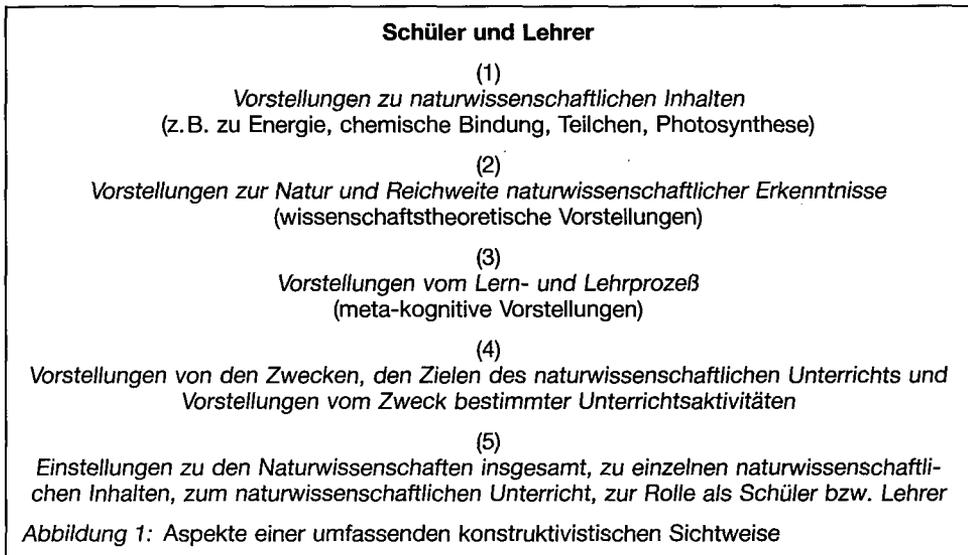
Die schärfste Kritik am radikalen Konstruktivismus wird von philosophischer Seite vorgetragen (SUCHTING 1992; MATTHEWS 1993; JUNG 1995). Er wird als Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie kategorisch abgelehnt. Allerdings scheinen diese Kritiken epistemologische und ontologische Subtilitäten zu betreffen, die für eine pragmatische und moderate konstruktivistische Position als Leitperspektive für den naturwissenschaftlichen Unterricht kaum von Bedeutung sind. Dies räumt auch MATTHEWS (1993) indirekt ein, wenn er als einer der Kritiker zugibt, daß die konstruktivistische Sichtweise zu einem aus pädagogischen Gründen wünschenswerten naturwissenschaftlichen Unterricht führe und traditionellen Ansätzen weit überlegen sei. Eine ähnliche Situation liegt bei W. JUNG vor, dessen Forschungsansatz und dessen Unterrichtsvorschläge (JUNG 1987, 1989; WIESNER 1994) mit einer pragmatischen und moderaten konstruktivistischen Sichtweise übereinstimmen.

Diese Sichtweise steht im Mittelpunkt des vorliegenden Beitrags. Es soll gezeigt werden, inwiefern sie der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung und der Entwicklung naturwissenschaftlichen Unterrichts insgesamt neue Impulse gegeben hat und weiterhin geben kann.

2. Zur Entwicklung der konstruktivistischen Sichtweise in der Didaktik der Naturwissenschaften

Es ist keine neue Einsicht, daß der Unterricht beim Standpunkt der Schüler ansetzen muß, daß die Schüler dort abzuholen sind, wo sie sich befinden. AUSUBELS (1968, S. vi) Diktum „The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly“ spiegelt einen lange vertrauten didaktischen Konsens, der zumindest auf DIESTERWEG (1835) zurückgeführt werden kann. Allerdings wurde dieser Konsens in der Regel in der Schulpraxis nicht wirksam. Seit Anfang des Jahrhunderts gibt es empirische Untersuchungen zu den Vorstellungen von Kindern und Schülern (HALL/BROWNE 1903) zu naturwissenschaftlichen Phänomenen und Begriffen. Eine Bibliographie aus der Mitte des Jahrhunderts (OAKES 1947) listet bereits einige Hundert diesbezügliche Arbeiten auf, unter ihnen die paradigmatischen frühen Untersuchungen von PIAGET und die deutschen Untersuchungen von ZIETZ (1936, 1939) und BANHOLZER (1936) aus den dreißiger Jahren.

In der Mitte der 70er Jahre setzte weltweit ein Boom von Arbeiten zu „Schülvorstellungen“ (students' misconceptions, students' alternative frameworks) ein. Es scheint, daß Enttäuschungen mit den großen Curriculumprojekten der 60er und frühen 70er Jahre, die relativ stark an den grundlegenden Strukturen der Wissenschaften orientiert waren, und Enttäuschungen mit Ansätzen, die sich an der orthodoxen Stufenlehre von PIAGET ausrichteten, nach einem neuen Paradigma verlangten. Die bereichsspezifische Wende in der Lern- und Entwicklungspsychologie (SEILER 1973) hat sicher den Weg zu diesem Paradigma gewiesen, das den Vorstellungen, die Schülerinnen und Schüler



zu naturwissenschaftlichen Phänomenen, Begriffen und Prinzipien in den Unterricht mitbringen, einen entscheidenden Einfluß auf das Erlernen der wissenschaftlichen Sichtweise zumaß. Es ist ein wichtiges Kennzeichen dieser Phase wie der weiteren Entwicklung naturwissenschaftsdidaktischer Forschung und Entwicklung zu „Schülvorstellungen“, daß es von Beginn an eine enge Kooperation mit der Kognitionspsychologie gab. Fachdidaktiker nutzten die von den Psychologen entwickelten theoretischen Modelle und Untersuchungsmethoden; diese wiederum untersuchten ihre Theorien anhand naturwissenschaftlicher Inhalte.

Untersuchungen von Schülvorstellungen zu den wichtigsten Inhalten des naturwissenschaftlichen Unterrichts standen zunächst im Mittelpunkt. Erst mit einiger Verspätung setzten Bemühungen ein, Unterricht zu entwickeln, der die diagnostizierten Lernschwierigkeiten zu überwinden versuchte. Dabei stellte sich heraus, daß die Anlage der bisherigen Untersuchungen zu eng gewesen war. Zu den vorunterrichtlichen Vorstellungen über naturwissenschaftliche Inhalte mußten vielmehr weitere in Betracht gezogen werden (s. in Abb. 1), um den Lernschwierigkeiten angemessen begegnen zu können.

Die konstruktivistische Sichtweise beförderte diese Erweiterung des Blicks auf ein breites Spektrum vorunterrichtlicher Vorstellungen. Es wurden von der Naturwissenschaftsdidaktik im wesentlichen die konstruktivistischen Ideen aufgenommen, die im Beitrag von GERSTENMAIER und MANDL in diesem Heft untersucht werden. Ergänzt werden muß lediglich, daß wissenschaftstheoretische und wissenschaftshistorische Studien von KUHN (1970), LAKATOS (1970), FEYERABEND (1970) und anderen einen großen Einfluß auf die Entwicklung konstruktivistischer Ansätze nahmen. Das *conceptual change* Modell von POSNER, STRIKE, HEWSON und GERTZOG (1982), das weiter unten näher vorgestellt wird, beruht zum Beispiel auf einer Analogie zwischen dem Paradigmenwechsel in der Geschichte der Wissenschaften, wie es KUHN (1970) beschrieben

hatte, und den Konzeptwechseln, die Schüler beim Erlernen der naturwissenschaftlichen Sichtweise durchlaufen müssen. Der radikale Konstruktivismus (GLASERSFELD 1981, 1989) hat sich neben den erwähnten wissenschaftstheoretischen Gesichtspunkten im Verlaufe der 80er Jahre zur wichtigsten konstruktivistischen Referenzposition entwickelt.

Anhand von Abbildung 1 erläutert, lassen sich die folgenden Trends der weiteren Entwicklung des Forschungsgebiets erkennen (DUIT 1993). (1) Die Anzahl von Untersuchungen, in denen neue, konstruktivistische Unterrichtsansätze erprobt werden, nimmt stetig zu. (2) Lehrervorstellungen wird zunehmend, insbesondere seit Anfang der 90er Jahre, Aufmerksamkeit gewidmet. Sie werden in empirischen Studien untersucht, und die Ergebnisse dienen als Grundlage für die Entwicklung neuer, konstruktivistischer Modelle der Lehrerbildung. (3) Untersuchungen zu wissenschaftstheoretischen und meta-kognitiven Vorstellungen von Schülern wie Lehrern erscheinen ebenfalls seit Beginn der 90er Jahre mit stark zunehmender Tendenz. Damit ist eine Entwicklung zu einer umfassenden konstruktivistischen Sichtweise abgeschlossen, die ihren Anfang mit der Beschränkung auf die Rolle inhaltlicher Vorstellungen im Lernprozeß genommen hatte. Parallel zu diesen Tendenzen verläuft eine Entwicklung, die Aspekte des sozialen Konstruktivismus in den „main stream“ der konstruktivistischen Sichtweise integriert.

3. Die konstruktivistische Sichtweise als konsistenter Interpretationsrahmen für Ergebnisse von Untersuchungen zu „Schülervorstellungen“

Es gibt eine große und stetig steigende Zahl von Untersuchungen zu den Vorstellungen, die Schülerinnen und Schüler in den naturwissenschaftlichen Unterricht mitbringen, und zu den Veränderungen der Vorstellungen durch Unterricht (PFUNDT/DUIT 1994). Es zeigt sich, daß die konstruktivistische Sichtweise es in konsistenter Weise erlaubt, die wichtigsten Befunde dieser Studien zu interpretieren. Dabei wird empirisch belegt, daß vorunterrichtliche Vorstellungen der Schüler ihr Lernen und Vorstellungen der Lehrer ihr Lehren tiefgreifend bestimmen, und es wird deutlich, auf welche Weise dies der Fall ist.

3.1 Vorstellungen und Beobachtungen

Es ist aus neuro-physiologischen Forschungsarbeiten bekannt, daß unsere Sinnesorgane keine passiven Empfänger sind, sondern aktiv in die Prozesse der Sinneswahrnehmung, z. B. des Sehens und Hörens, eingreifen (ZEKI 1992). Vorstellungen der Gestalttheorie, nach der Konzeptionen Perzeptionen wesentlich bestimmen, finden damit eine biologische Deutung. HANSON (1965) hat dafür den Terminus „theory laden observation“ geprägt. BREWER und LAMBERT (1993) untersuchen die empirischen Belege für die These, daß Vorstellungen Beobachtungen mitbestimmen. Sie kommen zum Schluß, daß dies nicht in jedem Fall zutrifft, sondern nur dann, wenn die zu beobachtenden Sinnes-

daten mehrdeutig und damit interpretationsbedürftig sind, also unterschiedliche Deutungen erlauben. Untersuchungen zu Schülervorstellungen stützen diese Auffassung.

In der Naturwissenschaftsdidaktik spielen Experimente eine zentrale Rolle. In der Regel wird davon ausgegangen, daß die Schüler das sehen, was aus der Sicht des Lehrers klar und eindeutig zu erkennen ist. Das ist aber keineswegs in jedem Fall zutreffend. In vielen Fällen sehen die Schüler etwas anderes, etwas, das von ihren Vorstellungen nahegelegt wird. In einer Untersuchung zur Optik (WIESNER 1994) beispielsweise geht es um das folgende Experiment. Eine Linse wird benutzt, um einen Gegenstand, zum Beispiel eine Kerze, auf einem Schirm scharf abzubilden. Es wird die Frage gestellt, was geschieht, wenn die Hälfte der Linse abgedeckt wird. Viele Schüler sind der Auffassung, daß dann nur die Hälfte des Bildes zu sehen sein sollte. Das Experiment wird durchgeführt. Viele Schüler mit dieser Vorstellung „sehen“ dies tatsächlich, obwohl auf dem Schirm, mit dem Auge des „Wissenden“ betrachtet, nach wie vor das gesamte Bild erscheint, allerdings ist es dunkler und weniger kontrastreich. Es gibt viele Beispiele dieser Art. Sie belegen, daß Vorstellungen Beobachtungen bei Experimenten wesentlich mitbestimmen können, wenn die Beobachtungsdaten es „erlauben“, also im Sinne von BREWER und LAMBERT (1993) mehrdeutig sind.

3.2 Vorstellungen und Problemlösungsstrategien

In den oben genannten Untersuchungen gibt es viele Belege dafür, daß Problemlösungsstrategien sehr stark von den Vorstellungen der Problemlöser mitbestimmt sind. Ein Beispiel findet sich in einer Studie von KARMILOFF-SMITH und INHELDER (1976). Zwei Gruppen von Kindern, Vierjährige und Achtjährige, wurden gebeten, die Gleichgewichtspunkte von Stäben zu bestimmen. Diese mußten dazu auf eine Schneide gelegt werden. In einigen Stäben war, ohne daß es von außen zu sehen war, auf einer Seite ein Zusatzgewicht angebracht, andere enthielten auf einer Seite im Inneren einen Hohlraum. Folglich lag bei diesen Stäben der Gleichgewichtspunkt nicht in der Mitte. Die Vierjährigen hatten keine Probleme mit dieser Aufgabe, sie folgten einer Trial-and-Error-Strategie. Die Achtjährigen hatten dagegen große Schwierigkeiten. Sie „wußten“ bereits, wo der Gleichgewichtspunkt zu suchen ist, nämlich in der Mitte. Das unerwartete Ergebnis machte sie unsicher, sie waren nicht in der Lage, wie die jüngeren Kinder eine Trial-and-Error-Strategie anzuwenden.

3.3 Vorstellungen und empirische Evidenz

Der kognitive Konflikt ist im naturwissenschaftlichen Unterricht eine populäre Methode, um Schülervorstellungen in Frage zu stellen. Es wird bei dieser Strategie z. B. ein Experiment vorgestellt, und die Schüler werden um Voraussagen gebeten, bevor es durchgeführt wird. Das Experiment ist so ausgewählt worden, daß es zu einem ganz anderen Ergebnis führt, als die Schüler erwartet haben. Es gibt eine große Zahl von Studien, die belegen, daß die empirische Evidenz (aus Sicht des Lehrers) die Schüler keineswegs davon

überzeugt, daß ihre Vorstellung „falsch“ war. Auch hier mag ein Beispiel für viele andere stehen: In einer Untersuchung von TIBERGHIE (1980) soll ein 12jähriges Mädchen herausfinden, ob ein Eisblock, der in Wolle eingewickelt ist, schneller oder langsamer schmilzt als ein Eisblock, der in Aluminiumfolie eingewickelt ist. Das Mädchen ist der Meinung, der in Wolle eingewickelte Eisblock müsse schneller schmelzen, weil Wolle warm ist und folglich Wärme abgibt. Das gegenteilige Ergebnis überzeugt das Mädchen keineswegs, daß ihre, offenbar tief in Alltagserfahrungen verankerte Vorstellung falsch ist. Es erfindet vielmehr ad hoc eine Reihe von Erklärungen, warum in diesem speziellen Fall ihre Vorhersage nicht eingetroffen ist. Ähnliches Verhalten wird aus vielen anderen Untersuchungen berichtet. Empirische Evidenz überzeugt nicht unbedingt, es gibt für die Lernenden ein weites Spektrum von Möglichkeiten, einen Konflikt wegzudiskutieren oder ihn als nicht bedeutsam anzusehen (CHINN/BREWER 1993).

3.4 Vorstellungen und Lernen

Untersuchungen über „Schülvorstellungen“ zu naturwissenschaftlichen Phänomenen, Begriffen und Prinzipien haben alle gezeigt, daß die Schüler bereits vor dem Unterricht über zum Teil tief in Alltagserfahrungen verankerte Vorstellungen verfügen. Die wichtigsten Vorstellungen, mit denen im Unterricht zu rechnen ist, sind mittlerweile bekannt. Die Untersuchungen zeigen auch, daß es dem naturwissenschaftlichen Unterricht in der Regel nicht gelingt, die Schülerinnen und Schüler von diesen Vorstellungen zu den naturwissenschaftlichen Sichtweisen zu führen. Häufig werden nur Hybride erreicht, also Vorstellungen, bei denen gewisse Aspekte der neuen wissenschaftlichen Sichtweise mit den alten Vorstellungen verwoben sind. Die vorunterrichtlichen Vorstellungen haben sich als wichtiger Faktor für das Lernen erwiesen. Einerseits müssen sie als Lernhemmnis angesehen werden, denn sie bestimmen mit, wie das vom Lehrer oder vom Lehrbuch Präzentierte wahrgenommen und verstanden wird. Die Interpretationen, zu denen die Schülerinnen und Schüler auf der Basis ihrer Vorstellungen geführt werden, stimmen in der Regel nicht mit den Interpretationen der Lehrer (bzw. der Lehrbuchautoren) überein. Es bedarf eines langen, mühsamen Prozesses, um jedenfalls ein erstes und noch vorläufiges Verständnis anzubahnen. Andererseits aber sind die bereits vorhandenen Vorstellungen die Bausteine, aus denen das neue Wissen konstruiert werden muß.

Die konstruktivistische Sichtweise stellt einen Rahmen bereit, der die beobachteten Lernschwierigkeiten zu verstehen gestattet. Ein wichtiger Aspekt dieses Rahmens ist der bekannte hermeneutische Zirkel, der im hier beschriebenen Zusammenhang einer Kommunikationssituation zwischen zwei Partnern mit verschiedenen Vorstellungen auch „Zirkel des Verstehens des Verstehens“ genannt werden kann. Es scheint, daß Unterricht, aus dieser Perspektive betrachtet, sehr häufig eine Kette von Mißverständnissen ist. Die Schüler verstehen auf der Basis ihrer Vorstellungen nicht zutreffend, was der Lehrer präsentiert, dieser wiederum versteht nicht genau, was die Schüler antworten, weil er versucht, diese Antworten aus seiner Perspektive zu ver-

stehen. Es gibt in der Literatur viele Beispiele von Unterrichtsdialogen, aus denen solche Ketten des Mißverstehens deutlich werden.

4. Die konstruktivistische Sichtweise als Motor der Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts

Die konstruktivistische Sichtweise hat sich in der Naturwissenschaftsdidaktik, trotz aller Kritik, als wichtige treibende Kraft zur Weiterentwicklung des Unterrichts erwiesen. SOLOMON (1994) hat diese Entwicklung kritisch unter die Lupe genommen. Sie führt aus, daß ein solches „neues“ Paradigma kreative Kräfte freisetzen kann, auch wenn es in wenig stringenter Weise verwendet wird. Sie weist aber auch nachdrücklich auf die Gefahren hin, wenn ein solches Paradigma gewissermaßen zum „Glaubensinhalt“ erhoben wird. Ohne Zweifel steht die konstruktivistische Sichtweise bisweilen in der Gefahr, zur Ideologie der zeitgenössischen Naturwissenschaftsdidaktik zu werden, wenn sie für alles in Anspruch genommen wird, was aus pädagogischer Sicht als gut für den Schüler und seine Entwicklung angesehen wird (DUIT 1993). Dennoch überwiegen die positiven Aspekte. Die konstruktivistische Sichtweise hat sich als flexibel und entwicklungsfähig erwiesen (s.o.). Sie hat, insgesamt gesehen, dem naturwissenschaftlichen Unterricht wichtige Impulse gegeben, die über die Verbesserung des Wissenserwerbs hinausgehen. Inwiefern das der Fall ist, soll im folgenden erläutert werden.

4.1 Die konstruktivistische Sichtweise als Teil einer Bewegung zur Orientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts an den Bedürfnissen der Schüler

Konstruktivistische Theorie und Methode stellt zunächst lediglich eine andere Sicht auf Lernen bereit. Die ihr inhärente Idee, daß die Vorstellungen und Interpretationen der Schüler ernst genommen werden müssen, haben allerdings dazu geführt, sie als genuinen Teil einer an den Schülerinnen und Schülern, an ihren Fähigkeiten, Interessen, Einstellungen und Bedürfnissen orientierten Pädagogik des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu sehen. Naturwissenschaftlicher Unterricht hat aus dieser Perspektive nicht allein das Ziel, Schülerinnen und Schüler mit den naturwissenschaftlichen Begriffen und Prinzipien vertraut zu machen, also sie gewissermaßen in die Naturwissenschaften als kulturelles Erbe einzuführen. Es geht in einem solchen Unterricht nicht allein oder vorwiegend um die Bedeutung, der ein bestimmter Inhalt vom Standpunkt der Naturwissenschaften aus zukommt, sondern um die Bedeutung, den dieser Inhalt ganz persönlich für die Schülerinnen und Schüler und für die Gesellschaft hat. Die konstruktivistische Sichtweise ist Teil eines Ganzen, das auch Bemühungen einschließt, den naturwissenschaftlichen Unterricht für Mädchen und Jungen interessanter zu machen (HÄUSSLER/HOFFMANN 1995) und das Zusammenspiel von Naturwissenschaften, Technik und Gesellschaft in den Unterricht einzugliedern. Letztere Bemühungen werden *interna-*

itional mit STS (Science, Technology, Society) gekennzeichnet (SOLOMON/AIKENHEAD 1994).

4.2 Konstruktivistische Ansätze zielen auf grundlegende Änderungen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Viele konstruktivistische Ansätze für den naturwissenschaftlichen Unterricht, die in den letzten Jahren entwickelt worden sind, beschränken sich nicht auf die Verbesserung von Methoden des Wissenserwerbs, sondern zielen auf grundlegende Revisionen des „traditionellen“ Unterrichts. Als Beispiel für einen solchen umfassenden konstruktivistischen Ansatz mag das „Portfolio Science Culture“ dienen, das von DUSCHL und GITOMER (1991) entwickelt und erprobt worden ist. Dort stehen Änderungen des Bilds der Wissenschaft, das im Unterricht vermittelt wird, Änderungen der Rolle der Lerner und der Lehrer sowie Änderungen der Ziele des Curriculum im Mittelpunkt. Die konstruktivistische Sichtweise wird nicht allein als gewissermaßen „technisches“ Hilfsmittel gesehen, um Lehr- und Lernprozesse effektiver gestalten zu können. Sie wird vielmehr selbst zum Gegenstand des Unterrichts.

4.3 Sachstrukturen als tentative Konstruktionen

In den führenden konstruktivistischen Ansätzen wird das naturwissenschaftliche Wissen, das es zu vermitteln gilt, selbst als tentative Konstruktion gesehen. Was gemeinhin als *die* naturwissenschaftliche Sachstruktur bezeichnet wird, ist aus konstruktivistischer Sicht der Konsens der betreffenden Wissenschaftlergemeinschaft. Jede Präsentation der Sachstruktur, einschließlich der Präsentationen in den führenden Lehrbüchern, ist die idiosynkratische Rekonstruktion des oben genannten Konsenses durch die betreffenden Autoren. Es gibt deshalb auch keine „wahre“ Sachstruktur, die es zu vermitteln gilt. Wenn die Ziele der Vermittlung verschieden sind, führt dies dazu, daß die Rekonstruktion etwas unterschiedlich ausfällt, weil unterschiedliche Aspekte betont oder vernachlässigt werden.

CONFREY (1990) hat gezeigt, daß die intime Kenntnis der Schülervorstellungen zu einem Inhalt, in ihrem Fall zu mathematischen Inhalten, es erlaubt, die wissenschaftlichen Inhalte neu zu sehen. In entsprechender Weise gehen KATTMAN, DUIT, GROPENGIESSER und KOMOREK (1995) davon aus, daß eine „didaktische Rekonstruktion“ notwendig ist, bei der neben fachlichen Gesichtspunkten die Ziele des Unterrichts und die Vorstellungen der Schüler zu berücksichtigen sind. Im Modell der didaktischen Rekonstruktion, auf das sie sich beziehen, wird von einer engen Wechselwirkung zwischen analytisch-hermeneutischen Analysen zur Sachstruktur und zu den Zielen des Unterrichts auf der einen und empirischen Untersuchungen zu Schülervorstellungen auf der anderen Seite ausgegangen.

Es hat sich in vielen Untersuchungen gezeigt, daß eine solche didaktische Rekonstruktion ein wichtiger Gesichtspunkt für konstruktivistische Ansätze zur Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist. In einer Unter-

suchung von WIESNER (1994) wird die Bedeutung einer angemessenen didaktischen Rekonstruktion evident. Aufgrund von vielfältigen Voruntersuchungen zu Schülervorstellungen zur elementaren Optik (z. B. JUNG 1987, 1989) wurde die Sachstruktur so konstruiert, daß eine wesentliche Verbesserung des Lernerfolgs, verglichen mit einer traditionell unterrichteten Lerngruppe, erzielt werden konnte. Diese Verbesserung wurde erreicht allein durch Änderungen der Sachstruktur. Änderungen des Klassenklimas und der Unterrichtsmethoden, die ansonsten für konstruktivistische Ansätze typisch sind (s. weiter unten) blieben ausgeklammert.

Auf die Bedeutung der sorgfältigen Rekonstruktion fachlicher Inhalte unter pädagogischer Perspektive hat auch SHULMAN (1986) mit seinem Ansatz des „content specific pedagogical knowledge“ hingewiesen. Die Grundidee ist hier, daß Lehrer nicht nur über ausreichendes fachliches und pädagogisches Wissen verfügen müssen, sondern daß ein wesentlicher Teil der Lehrerkompetenz darin besteht, inhaltsbezogenes pädagogisches Wissen zu erwerben. Dieses Wissen hat sich als wichtiger Faktor für neue Ansätze unter konstruktivistischer Perspektive erwiesen (WANDERSEE/MINTZES/NOVAK 1993). Es scheint, daß das Zusammenspiel von fachlichem Wissen, pädagogischem Wissen und fachspezifischem pädagogischem Wissen zu einer Entwicklung aller drei Wissensarten führt. Häufig, so haben Untersuchungen gezeigt, sind alle drei defizitär und bedürfen der sorgfältigen Entwicklung.

4.4 Konzeptwechsel („conceptual change“)

Lernen aus konstruktivistischer Sicht bedeutet, Lernwege („learning pathways“; SCOTT/ASOKO/DRIVER 1992) von bestimmten bereits vorhandenen Vorstellungen zu fachlichen Vorstellungen zu gehen. Zwei Arten von Lernwegen können unterschieden werden, nämlich eher kontinuierliche und eher diskontinuierliche Wege (zur Debatte um die Bedeutung dieser Wege s. LÖFFLER/KÖHNLEIN 1985). Bei den *kontinuierlichen* Wegen wird nach Möglichkeiten gesucht, mit Erweiterungen und kleineren Revisionen der vorhandenen Vorstellungen auszukommen. *Diskontinuierliche* Lernwege bedürfen einer grundlegenden Revision des Bestehenden. Ausgangspunkt sind hier Schülervorstellungen, die den wissenschaftlichen Vorstellungen in wesentlichen Aspekten konträr gegenüberstehen. Es wird versucht, Schüler in kognitive Konflikte zu bringen, um sie von der wissenschaftlichen Sichtweise zu überzeugen. Dabei gibt es drei Arten des kognitiven Konflikts: (1) Die Voraussage der Schüler und das tatsächliche Ergebnis bei einem Experiment (s. o.) sind im Widerstreit; (2) es gibt einen Konflikt zwischen den Vorstellungen der Schüler und der wissenschaftlichen Vorstellung; (3) die Vorstellungen verschiedener Schüler sind einander konträr. Die theoretische Basis für den Einsatz von Strategien des kognitiven Konflikts ist die Position von PIAGET (ROWELL/DAWSON 1985) oder FESTINGERS (1962) Theorie der kognitiven Dissonanz (DRIVER/ERICKSON 1983). Es hat sich als entscheidend erwiesen, daß die Schüler den Konflikt tatsächlich erkennen und ihn für bedeutend halten (CHINN/BREWER 1993).

Konstruktivistische Ansätze, in denen der kognitive Konflikt eine entscheidende Rolle spielt, folgen bei aller Unterschiedlichkeit im Detail im Grunde

der gleichen Strategie. Zunächst werden die Schülerinnen und Schüler mit den Phänomenen, um die es geht, ausführlich bekannt gemacht, und es wird ihnen die Möglichkeit gegeben, ihre Vorstellungen zur Deutung der Phänomene zu entwickeln und miteinander auszutauschen. Es folgt eine Phase, in der die wissenschaftliche Sichtweise eingeführt wird und in der dann kognitive Konflikte arrangiert werden. Schließlich gibt es eine Phase, in der es erstens um einen Rückblick auf die durchlaufenen Lernwege (Reflexion der Schüler über ihre Konzeptentwicklung) und zweitens um die Anwendung der wissenschaftlichen Sichtweise auf neue Beispiele geht. Man findet diese Phasen sowohl im „Learning Cycle“ (LAWSON/ABRAHAM/RENNER 1989), also in Ansätzen, die sich explizit auf die Position von PIAGET beziehen, wie auch in konstruktivistischen Ansätzen, die der PIAGETSchen Position reserviert gegenüberstehen (DRIVER 1989).

Es gibt eine Reihe weiterer Termini, kontinuierliche und diskontinuierliche Lernwege zu kennzeichnen. In Anspielung auf eine analoge Unterscheidung von T. S. KUHN (1970) für die Entwicklung neuer Sichtweisen in der Geschichte der Wissenschaften wird von evolutionären und revolutionären Wegen gesprochen. Sie werden auch PIAGETS Prozessen der Assoziation und Akkomodation zugeordnet. In der Regel bezeichnet man die diskontinuierlichen Wege mit dem Terminus „Konzeptwechsel“ („conceptual change“). Allerdings ist der Gebrauch dieses Terminus nicht einheitlich. Manchmal scheint er lediglich ein anderer Ausdruck für Lernen zu sein. Da Lernen der wichtigsten naturwissenschaftlichen Begriffe und Prinzipien Aspekte des „conceptual change“ einschließt, also wesentliche Revisionen der bestehenden vorunterrichtlichen Vorstellungen nötig sind, mag dies eine gewisse Berechtigung haben. Zweifellos spielt der Terminus „conceptual change“ in der Diskussion konstruktivistischer Ansätze eine zentrale Rolle (VOSNIADOU 1994; DUIT 1994). Im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktik ist die Theorie des „conceptual change“, die POSNER, STRIKE, HEWSON und GERTZOG (1982) entwickelt haben, in Form von vier Bedingungen für „conceptual change“ bekannt geworden:

- (1) Die Lernenden müssen mit den bereits vorhandenen Vorstellungen unzufrieden sein (*dissatisfaction*);
- (2) die neue Vorstellung muß logisch verständlich sein (*intelligible*);
- (3) sie muß einleuchtend und plausibel sein (*plausible*);
- (4) sie muß schließlich die Möglichkeit eines erfolgreichen Forschungsprogramms bieten (*fruitful*).

Die „Mechanismen“ des *conceptual change* werden ganz im Sinne der PIAGETSchen Vorstellungen als Äquilibration von Assimilation und Akkommodation gesehen. Unzufriedenheit führt dazu, daß die mentale Balance aus dem Gleichgewicht gebracht wird. Assimilation (im Falle der Einordnung des Neuen in die vorhandene Struktur) oder Akkommodation (im Falle grundlegender Veränderungen der vorhandenen Struktur) führen zurück zum Gleichgewicht. PINTRICH, MARX und BOYLE (1993) haben diese Theorie des *conceptual change* einer kritischen Analyse unterzogen. Sie kommen unter anderem zum Schluß, daß sie zu stark auf die Kraft des logischen Arguments vertraut und affektive und emotionale Faktoren eher ausklammert (sie sprechen von „cold conceptual change“). Zum Teil greifen sie Gesichtspunkte an, die STRIKE und POSNER

(1992) in einer revidierten Fassung der ursprünglichen Theorie bereits berücksichtigt hatten. Ihre Kritik läßt sich dahingehend zusammenfassen, daß der Konzeptwechsel in Bedingungen einzubetten ist, die für die Veränderungen förderlich sein müssen. Für die Planung von Unterrichtsansätzen, die auf Ideen des Konzeptwechsels aufbauen, bedeutet dies folgendes: Die sorgfältige Planung der Lernwege, wie sie oben skizziert worden sind und die ihrerseits auf sorgfältigen Analysen der Sachstruktur und der Struktur des Vorwissens der Lernenden beruhen, reicht nicht aus. Es muß in der Regel durch entsprechend arrangierte Randbedingungen des Unterrichts dafür gesorgt werden, daß diese Lernwege von den Lernenden beschritten werden können und daß sie bereit sind, dies auch zu tun (DUIT 1994).

4.5 Konzeptwechsel: Kontextspezifischer Wechsel des Konzepts

Der Terminus Konzeptwechsel (*conceptual change*) ist aus dem folgenden Grund unglücklich gewählt. Er legt es nahe, anzunehmen, daß die vorunterrichtlichen Vorstellungen ersetzt, also gegen die neuen, wissenschaftlichen Vorstellungen ausgetauscht werden müssen. Es hat in der Tat eine Reihe von Ansätzen zum Konzeptwechsel gegeben, in denen versucht worden ist, die „falschen“ Vorstellungen (*misconceptions*) auszumerzen und durch die richtigen wissenschaftlichen zu ersetzen. Allerdings haben konstruktivistische Ansätze zum Konzeptwechsel in der Naturwissenschaft inzwischen Abschied von dieser Sichtweise genommen. Es hat sich herausgestellt, daß die „alten“ Vorstellungen in der Regel auch nach dem Unterricht noch vorhanden sind und nach wie vor in bestimmten Kontexten angewendet werden. Bei vielen der vorunterrichtlichen Alltagsvorstellungen handelt es sich nämlich um Vorstellungen, die sich in Alltagskontexten bestens bewährt haben und die dort weiterhin ausreichende Orientierung bieten. JUNG (1986) hat deshalb dafür plädiert, es zum Ziel des Unterrichts zu machen, die Schüler davon zu überzeugen, daß in bestimmten Kontexten wissenschaftliche Vorstellungen fruchtbarer sind als Alltagsvorstellungen.

HEWSON und HEWSON (1992) sehen Konzeptwechsel als Statuswechsel. Es kommt nach dieser Auffassung darauf an, die Schüler im Verlaufe des Lernprozesses davon zu überzeugen, den wissenschaftlichen Vorstellungen in einer zunehmenden Zahl von Kontexten einen höheren Status zuzubilligen als den Alltagsvorstellungen.

LINDER (1993) hat sich aus der Sicht von MARTONS (1981) Phänomenographie (*phenomenography*) mit Konzeptwechselansätzen kritisch auseinandergesetzt. Er macht geltend, daß es nicht so sehr darauf ankomme, die mentalen Repräsentationen zu ändern, sondern das Verhältnis der Lernenden zur Welt. Auf dieser Basis kommt er zu ganz ähnlichen Schlüssen zur Kontextspezifität von Vorstellungen, wie sie oben skizziert worden sind. Es liegt auf der Hand, daß für Ansätze des situierten Lernens (*situated cognition*; BROWN/COLLINS/DUGUID 1989; LAVE/WENGER 1991; ROTH 1995) die Kontextgebundenheit zentral ist.

4.6 Konstruktivistische Lernumgebungen

Es ist oben bereits erwähnt worden, daß die eher nach sachlogischen Gesichtspunkten geplanten Lernwege der Schülerinnen und Schüler, die bei *conceptual change* Ansätzen im Mittelpunkt stehen, in Konzeptwechsel unterstützende Lernumgebungen eingebettet werden müssen. GERSTENMAIER und MANDL (in diesem Heft) haben sich mit diesem Gesichtspunkt auseinandergesetzt. Sie kommen zum Schluß, daß eine Lernumgebung aus konstruktivistischer Sicht den Lernenden Spielraum für eigene Konstruktionen bieten muß und daß dafür zu sorgen ist, daß die Lernenden diesen Freiraum wahrnehmen und nutzen können. TAYLOR und FRASER (1991) haben Kriterien für konstruktivistische Lernumgebungen in einem „Constructivist Learning Environment Survey“ implizit definiert, die als Operationalisierungen dieser Gesichtspunkte angesehen werden können. Sie unterscheiden vier Skalen:

- Autonomie-Skala (*autonomy*)
Gelegenheiten für die Schüler, sinnvoll und selbstbestimmt zu arbeiten und unabhängig vom Lehrer und von anderen Schülern zu denken
- Vorwissen-Skala (*prior knowledge*)
Gelegenheiten für die Schüler, ihr Vorwissen und ihre Vorerfahrungen mit dem neu zu Erlernenden zu verbinden
- Verhandlungs-Skala (*negotiation*)
Möglichkeiten für die Lernenden zu interagieren, Bedeutungen auszuhandeln und Konsens zu bilden
- Schülerorientierungs-Skala (*student-centredness*)
Gelegenheiten für die Schüler, Lernen als Prozeß zu erfahren, der es gestattet, persönlich als schwierig empfundene Aufgaben und Probleme zu lösen

In den Studien zu neuen konstruktivistischen Unterrichtsansätzen gibt es viele Vorschläge, wie solche Kriterien konstruktivistischer Lernumgebungen in die Praxis umgesetzt werden können. Unter ihnen finden sich eine Reihe von alten Bekannten, wie der Sokratische Dialog, projektartig orientierter Unterricht oder entsprechend arrangierter Gruppenunterricht. Allerdings sind sie in der Regel eingebettet in einen konstruktivistischen Gesamtzusammenhang und sind nicht einzelne und isolierte Maßnahmen, wie es in eher traditionellen Ansätzen häufig der Fall ist. Gesichtspunkte, die sich aus Ansätzen zum „cognitive apprenticeship“ herleiten, wie authentische Lernumgebungen und authentische Probleme (ROTH 1995), gewinnen erst in der jüngsten Zeit größeren Einfluß im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Ein schwieriges Problem bei der Entwicklung konstruktivistischer Lernumgebungen im oben skizzierten Sinne ist es, eine Balance zwischen Eigentätigkeit der Schülerinnen und Schüler und Anleitung durch den Lehrer (oder ein Medium wie ein interaktives Computerprogramm) zu finden. Ansätze, die dem radikalen Konstruktivismus verpflichtet sind (z.B. AUFSCHNAITER/FISCHER/SCHWEDES 1992) bauen sehr auf die Eigentätigkeit der Schüler, während eher moderat konstruktivistische Ansätze (z.B. DRIVER 1989) die Anleitung betonen.

4.7 An der konstruktivistischen Sichtweise orientierte Entwicklung neuer Medien

In der Naturwissenschaftsdidaktik wird versucht, neue Medienprogramme zu entwickeln, die es erlauben, konstruktivistische Lernumgebungen zu realisieren. Selbstverständlich spielen hier interaktive Computerprogramme die größte Rolle. LINN und BURBULES (1993) haben zum Beispiel untersucht, wie Computer als Partner der Schüler beim Experimentieren eingesetzt werden können, um Schülervorstellungen zu Temperatur und Wärme in Richtung auf die physikalischen Vorstellungen zu entwickeln. GOLDBERG und BENDALL (1992) stellen ein interaktives System von Computer und Bildplatte für an Schülervorstellungen orientierten Unterricht zur elementaren Optik vor. Der Computer scheint sich insgesamt als Gerät zu erweisen, mit dem es möglich ist, dynamische Displays und Visualisierungen, Simulationen und Modellierungen zu realisieren und zugleich den Lernenden einen gewissen Spielraum für eigene Wissenskonstruktionen zu geben, die entscheidend für konstruktivistische Lernumgebungen sind (SCHECKER 1993).

5. Zum Erfolg der konstruktivistischen Ansätze

Es ist zur Zeit noch schwierig, zu einer zusammenfassenden Bewertung des Erfolges konstruktivistischer Ansätze zu kommen. Die Schwierigkeit liegt weniger darin, daß für diese Ansätze keine empirischen Evaluationen vorliegen, sondern daß viele dieser Ansätze umfassende Änderungen des traditionellen Unterrichts beabsichtigen. Dies macht vergleichende Evaluationen schwierig, weil traditionelle und konstruktivistische Ansätze zum Teil ganz andere Ziele verfolgen. In vielen Studien, in denen konstruktivistische Ansätze erprobt worden sind, wird deshalb auf vergleichende Evaluation verzichtet. Es wird allerdings in der Regel sorgfältig untersucht, inwieweit die angestrebten Ziele des Ansatzes erreicht worden sind. Dabei stützen sich diese Studien häufig auf qualitative Forschungsmethoden. Diese erbringen tiefe und wertvolle Einblicke in den Ablauf des Unterrichts, stellen aber häufig keine Basis für quantitative Vergleiche mit anderen Ansätzen bereit.

SOLOMON (1994) ist skeptisch, was den Erfolg der konstruktivistischen Ansätze angeht. Sie räumt zwar ein, daß wertvolle Arbeit geleistet worden ist und daß die neuen Ansätze wichtige Impulse geben, ist aber der Auffassung, daß ein abschließendes Urteil noch nicht möglich ist. In der Tat ist eine gewisse Zurückhaltung angebracht. Einige Versuche, Schülerinnen und Schüler zu den wissenschaftlichen Vorstellungen zu führen, haben nur geringen Fortschritt in die angezielte Richtung erbracht. Allerdings gibt es auch ermutigende Ergebnisse. WANDERSEE, MINTZES und NOVAK (1993) haben in einem Review-Artikel 103 konstruktivistische Studien unter die Lupe genommen. Sie empfehlen eine gewisse Vorsicht bei einer abschließenden Beurteilung, zeigen sich aber beeindruckt vom Erfolg, über den einige Forscher berichten.

GUZZETTI und GLASS (1992) haben eine Meta-Analyse von 70 Untersuchungen zum *conceptual change* (beim Erlernen naturwissenschaftlicher Inhalte im

Unterricht und beim Lesen naturwissenschaftlicher Texte) vorgelegt. Sie fassen ihre Ergebnisse folgendermaßen zusammen:

„Based on the accumulated evidence from two disciplines [reading and science education], we have found that instructional interventions designed to offend the intuitive conceptions were effective in promoting conceptual change. The format of the strategy (e.g., refutational text, bridging analogies, augmented activation activities) seems irrelevant, providing the nature of the strategy includes cognitive conflict.“ (GUZZETTI/GLASS 1992, S. 42)

Einschränkend muß allerdings angefügt werden, daß in dieser Meta-Analyse nur solche Studien berücksichtigt worden sind, in denen quantitative Vergleiche mit Kontrollgruppen durchgeführt wurden. Da dies aber nur für einen Teil der konstruktivistischen Ansätze gilt (s.o.), können die Ergebnisse nur Anhaltspunkte dafür geben, daß es eine erfolgreiche Strategie ist, die Schülervorstellungen in Frage stellen, den Schülern also klarzumachen, daß ihre Vorstellungen mit den zu lernenden nicht übereinstimmen. Insgesamt gesehen bedarf es weiterer Forschung, um die vorliegenden ermutigenden Ergebnisse zum Erfolg konstruktivistischer Ansätze kritisch zu überprüfen. Dabei muß die Feinstruktur des Konzeptwechsels und seine Interaktion mit den Lernumgebungen weiter aufgeklärt werden. Lernprozeßstudien (DUIT/GOLDBERG/NIEDERER 1992) haben sich als effektives Untersuchungsdesign für diesen Zweck erwiesen.

6. Konstruktivistische Ansätze zur Lehrerbildung

Viele Lehrer sind nicht ohne weiteres in der Lage, konstruktivistische Ansätze zu übernehmen. Ihre Vorstellungen vom Lehren und Lernen sowie ihre wissenschaftstheoretischen Vorstellungen haben sich in vielen Untersuchungen als ähnlich eingeschränkt erwiesen wie die Vorstellungen ihrer Schüler. Viele Lehrer handeln in ihrem Unterricht so, als hätten sie die Vorstellung, Wissen könne an die Schüler direkt weitergegeben werden (BAIRD/MITCHELL 1986; BAIRD/NORTHFIELD 1992). Ihre wissenschaftstheoretischen Vorstellungen sind häufig naiv realistisch und empiristisch geprägt. Daß auch naturwissenschaftliches Wissen menschliche Konstruktion ist, scheint vielen Lehrern der Naturwissenschaften nicht ausreichend bewußt zu sein (vgl. den Übersichtsartikel von LEDERMAN 1992). Schließlich haben sich die Vorstellungen mancher Lehrer zu den naturwissenschaftlichen Inhalten als sehr ähnlich den „falschen“ Vorstellungen ihrer Schüler erwiesen. Dies gilt insbesondere für schlechter ausgebildete Lehrer.

Konzeptwechselprozesse ganz ähnlicher Breite wie bei den Schülern sind deshalb auch auf seiten der Lehrer notwendig. Es hat sich gezeigt, daß diese Prozesse ganz entsprechend schwierig und zeitaufwendig sind wie bei den Schülern, weil Änderungen von tief in der Lehrerpersönlichkeit verankerten Ideen und Überzeugungen notwendig sind (GALLAGHER 1993). Viele Modelle für eine Lehrerbildung auf konstruktivistischer Grundlage sind in den vergangenen Jahren entwickelt und evaluiert worden. Von ihrem konstruktivistischen

Grundansatz her sind diese Modelle den vorstehend vorgestellten konstruktivistischen Ansätzen sehr ähnlich (s. die Berichte des einflußreichen PEEL Projektes in Melbourne: BAIRD/MITCHELL 1986; BAIRD/NORTHFIELD 1992; Übersichten über den Stand der Entwicklung neuer Lehrerbildungsmodelle bieten die Abschnitte in Sammelbänden zur konstruktivistischen Sichtweise: TOBIN 1993; TREAGUST/DUIT/FRASER im Druck).

Das oben vorgestellte *conceptual change* Modell von POSNER et al. (1982) erweist sich auch in der Lehrerbildung als fruchtbarer theoretischer Rahmen. GUNSTONE und NORTHFIELD (1988) fügen den ursprünglichen vier Bedingungen für Konzeptwechsel (s. o.) eine weitere, *feasibility*, hinzu. HAND und TREAGUST (im Druck) folgen den vier Bedingungen in den Phasen ihres Modells. Diese Modelle starten mit Bereichen, in denen sich die Lehrer zu Hause und wohl fühlen und in denen zunächst nur wenige Veränderungen notwendig sind. Von dort aus wird Schritt für Schritt die Einsicht entwickelt, daß grundlegendes Überdenken der bisherigen Vorstellungen und des bisherigen Unterrichtshandelns nötig sind. Die Lehrer werden also nicht allein mit konstruktivistischen Ideen bekannt gemacht, es kommt vielmehr darauf an, daß sie mit ihnen in eigenen Unterrichtserfahrungen vertraut werden. Untersuchungen haben ergeben, daß Lehrer bisweilen zwar die „Sprache“ des Konstruktivismus übernehmen, ohne daß dies schon Auswirkungen auf ihr Unterrichtsverhalten hat (FISCHLER 1993). Lehrer sollen insgesamt gesehen zu dem geführt werden, das SCHON (1983) als „*reflective practitioner*“ bezeichnet hat.

7. Lernen der Naturwissenschaften unter konstruktivistischer Perspektive

Es kann kein Zweifel daran bestehen, daß die konstruktivistische Sichtweise dem naturwissenschaftlichen Unterricht wichtige Impulse gegeben hat. Zentrale Lernschwierigkeiten sind heute bekannt und lassen sich konsistent im Rahmen dieser Sichtweise erklären. Deshalb bietet sie auch einen Rahmen, der zur Entwicklung neuer effektiver Lehr- und Lernmethoden geführt hat. Der gemeinsame Kern der unterschiedlichen Varianten dieser Sichtweise kann als moderater, pragmatischer Konstruktivismus beschrieben werden. Dieser Kern bietet nicht nur die Grundlagen für die Erforschung des Wissenserwerbs und für die Entwicklung neuen Unterrichts und neuer Modelle der Lehrerbildung. Er ist auch als Grundlage für wissenschaftstheoretische Aspekte, die im naturwissenschaftlichen Unterricht behandelt werden sollten, geeignet. Diese Sichtweise ist auch kompatibel mit einem kritischen Realismus, der ebenfalls schon die Annahme enthält, daß naturwissenschaftliche Begriffe und Theorien menschliche Konstruktionen sind. Eine moderate und pragmatische konstruktivistische Position stellt also erstens nicht in Abrede, daß es eine Realität außerhalb des erkennenden Subjekts gibt, sie führt also nicht zum Solipsismus. Sie behauptet auch nicht, naturwissenschaftliche Begriffe und Gesetze seien allein menschliche Konstruktionen. In ihnen bildet sich vielmehr ein Wechselspiel zwischen gewissen Strukturen der Realität und menschlicher Konstruktion ab. Deshalb scheint diese Sichtweise auch eine fruchtbare Elementarisierung heutiger Einsichten zur Epistemologie der Naturwissenschaften zu bieten,

jedenfalls dann, wenn man eine pragmatische und keine fundamentalistische Position einnimmt.

Literatur

- AUFSCHNAITER, S. VON/FISCHER, H.E./SCHWEDES, H.: Kinder konstruieren Welten. In: S.J. SCHMIDT (Hrsg.): *Cognition und Gesellschaft*. Frankfurt a. Main 1992, S. 380–424.
- AUSUBEL, D.P.: *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston 1968.
- BAIRD, J.R./MITCHELL, I. (Eds.): *Improving the quality of teaching and learning – an Australian case study*. Melbourne: The Monash University Press 1986.
- BAIRD, J.R./NORTHFIELD, J.R.: *Learning from the Peel experience*. Melbourne: Monash University Printing Services 1992.
- BANHOLZER, A.: *Die Auffassung physikalischer Sachverhalte im Schulalter*. Tübingen 1936.
- BREWER, W./LAMBERT, B.: The theory-ladenness of observation: Evidence from cognitive psychology. In: *Proceedings of the Fifteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*. June 18 to 21, 1993. *Institute of Cognitive Science, University of Colorado-Boulder*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum 1993, S. 254–259.
- BROWN, J.S./COLLINS, A./DUGUID, P.: Situated cognition and the culture of learning. In: *Educational Researcher* 18 (1989), S. 32–42.
- CHINN, C.A./BREWER, W.F.: The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science education. In: *Review of Educational Research* 63 (1993), S. 1–49.
- CONFREY, J.: The concept of exponential functions. In: L. STEFFE (Ed.): *Epistemological foundations of mathematical experience*. New York: Springer-Verlag 1990, S. 124–159.
- DIESTERWEG, D.A.W.: *Wegweiser zur Bildung für deutsche Lehrer*. Essen 1835.
- DRIVER, R.: Changing conceptions. In: P. ADEY (Ed.): *Adolescent development and school science*. London: Falmer Press 1989, S. 79–99.
- DRIVER, R./ERICKSON, G.: Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. In: *Studies in Science Education* 10 (1983), S. 37–60.
- DUIT, R.: Research on students' conceptions – developments and trends. In: J. NOVAK (Ed.): *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Cornell University 1993 (als Datensatz auf Diskette).
- DUIT, R.: Conceptual change approaches in science education. Paper presented at the „Symposium on Conceptual Change“. Friedrich-Schiller-Universität, Jena 1994.
- DUIT, R./GOLDBERG, F./NIEDDERER, H. (Eds.): *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies – Proceedings of an International Workshop held in Bremen, March 4–8*. Kiel: IPN 1992.
- DUSCHL, R.A./GITOMER, D.H.: Epistemological perspectives on conceptual change: Implications for educational practice. In: *Journal of Research in Science Teaching* 28 (1991), S. 839–858.
- FESTINGER, L.: *A theory of cognitive dissonance*. Stanford, CA: Stanford University Press 1962.
- FEYERABEND, P.: *Against method: Outline of an anarchistic theory of knowledge*. In: M. RADNER/S. WINOKUR (Eds.): *Minnesota studies in the philosophy of science*. Vol. IV: *Analyses of theories and methods of physics and psychology*. Minneapolis 1970.
- FISCHLER, H.: Von der Kluft zwischen Absicht und Handeln. In: H. BEHRENDT (Hrsg.): *Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven*. Alsbach 1993, S. 226–228.
- GALLAGHER, J.J.: Secondary science teachers and constructivist practice. In: K. TOBIN: *The practice of constructivism in science education*. Washington, DC: AAAS Press 1993, S. 181–191.
- GLASERSFELD, E. VON: *Einführung in den radikalen Konstruktivismus*. In: P. WATZLAWIK (Hrsg.): *Die erfundene Wirklichkeit*. München 1981, S. 16–37.
- GLASERSFELD, E. VON: Cognition, construction of knowledge and teaching. In: *Synthese* 80 (1989), S. 121–140.
- GLASSON, G.G./LALIK, R.V.: A constructivist approach to teaching. In: S. HILLS (Ed.): *The*

- history and philosophy of science in science education. Proceedings of the international conference on the history and philosophy of science and teaching science. Volume 1. Kingston, Ontario: The Faculty of Education, Queens University 1992, S. 399–404.
- GOLDBERG, F./BENDALL,.; Computer-video-based tutorials in geometrical optics. In: R. DUIT/F. GOLDBERG/H. NIEDDERER (Eds.): Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies. Kiel: IPN 1992, S. 356–379.
- GOOD, R./WANDERSEE, J./JULIEN, J. St. (1993). Cautionary notes on the appeal of the new „Isms“ (constructivisms) in science education. In: TOBIN 1993, S. 71–87.
- GUNSTONE, R. F./NORTHFIELD, J. R.: Inservice education: Some constructivist perspectives and examples. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans 1988.
- GUZZETTI, B. J./GLASS, G. V.: Promoting conceptual change in science: A comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco 1992.
- HALL, G. S./BROWNE, C. E.: Children's ideas of fire, heat, frost and cold. *Pedagogic Seminar* 10 (1903), S. 27–85.
- HAND, B./TREGUST, D.: Development and implementation of a constructivist model for teacher inservice. In: D. TREGUST/R. DUIT/B. FRASER (im Druck).
- HANSON, N. R.: Patterns of discovery. Cambridge: The University of Cambridge Press 1965.
- HÄUSSLER, P./HOFFMANN, L.: Physikunterricht an den Interessen von Jungen und Mädchen orientiert. In: *Unterrichtswissenschaften* (1995), S. 107–126.
- HEWSON, P. W./HEWSON, M. G.: The status of students' conceptions. In: DUIT ET AL. 1992, S. 59–73.
- JUNG, W.: Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. In: *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie* 34 (1986), April, S. 2–6.
- JUNG, W.: Verständnisse und Mißverständnisse. In: *physica didactica* 14 (1987), Heft 1/2, S. 23–30.
- JUNG, W.: Understanding students' understanding. The case of elementary optics. In: J. NOVAK (Ed.): Proceedings of the 2. Int. Seminar „Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics“, Vol. III. Ithaca, NY: Cornell University 1989, S. 268–277.
- JUNG, W.: Noten über Konstruktivismus und Fachdidaktik. Arbeitspapier. 1995.
- KARMILOFF-SMITH, A./INHELDER, B.: If you want to go ahead, get a theory. In: *Cognition* 3 (1976), S. 195–212.
- KATTMAN, U./DUIT, R./GROPENGIESSER, H./KOMOREK, M.: A model of educational reconstruction. Paper presented at the annual meeting of the National Association of Research in Science Teaching (NARST) in San Francisco 1995.
- KUHN, T.: The structure of scientific revolutions. Chicago: University of Chicago Press 1970.
- LAKATOS, I.: Falsification and the methodology of scientific research. In: I. LAKATOS/A. MUSGRAVE (Eds.): Criticism and the growth of knowledge. Cambridge: Cambridge University Press 1970, S. 91–196.
- LAVE, J./WENGER, E.: *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge, NY: Cambridge University Press 1991.
- LAWSON, A. E./ABRAHAM, M. R./RENNER, J. W.: A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills (NARST Monograph Number One). National Association for Research in Science Teaching 1989.
- LEDERMAN, N. G.: Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching* 29 (1992), S. 331–359.
- LINDER, C. J.: A challenge to conceptual change. *Science Education* 77 (1993), S. 293–300.
- LINN, M. C./BURBULES, N. C.: Construction of knowledge and group learning. In: TOBIN 1993, S. 91–119.
- LÖFFLER, G./KÖHNLEIN, W.: Weg in die Naturwissenschaften – ein bruchloser Weg? In: *physica didactica* 12 (1985), Heft 4, S. 39–50.
- MARTON, F.: Phenomenography – describing conceptions of the world around us. In: *Instructional Science* 10 (1981), S. 177–200.
- MARTON, F./NEUMAN, D.: Constructivism and constitutionalism. Some implications for elementary mathematics education. In: *Scandinavian Journal of Educational Research* 33 (1989), S. 35–46.

- MATTHEWS, M. R.: Constructivism and science education: some epistemological problems. *Journal of Science Education and Technology* 1 (1993), S. 359–370.
- MCCARTY, L. P./MCCARTY, D. C.: Science teaching, history, hermeneutics. In: S. HILLS (Ed.): *The history and philosophy of science in science education. Proceedings of the international conference on the history and philosophy of science and teaching science. Volume 1.* Kingston, Ontario: The Faculty of Education, Queens University 1992, S. 145–154.
- OAKES, M. E.: *Childrens' explanations of natural phenomena.* New York: Columbia University, Teachers College 1947.
- O'LAUGHLIN, M.: Rethinking science education: Beyond Piagetian constructivism towards a socio-cultural model of teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching* 29 (1992), S. 791–820.
- PFUNDT, H./DUIT, R.: *Bibliographie Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht.* 4. Auflage. Kiel: IPN 1994.
- PINTRICH, P. R./MARX, R. W./BOYLE, R. A.: Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. In: *Review of Educational Research* 63 (1993), S. 167–199.
- POSNER, G. J./STRIKE, K. A./HEWSON, P. W./GERTZOG, W. A.: Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. In: *Science Education* 66 (1982), S. 211–227.
- ROTH, W.-M.: *Authentic school science.* Dordrecht: Kluwer 1995.
- ROWELL, J. A./DAWSON, C. J.: Equilibrium, conflict and instruction: A new class-oriented perspective. In: *European Journal of Science Education* 5 (1985), S. 203–215.
- SHECKER, H.: Learning physics by making models. *Physics Education* 18 (1993), S. 102–106.
- SCHON, D. A.: *The reflective practitioner.* New York: Basic Books 1983.
- SCOTT, P./ASOKO, H./DRIVER, R.: Teaching for conceptual change: A review of strategies. In: DUIT ET AL. 1992, S. 310–329.
- SEILER, T. B.: Die Bereichsspezifizität formaler Denkstrukturen – Konsequenzen für den pädagogischen Prozeß. In: K. FREY/M. LANG (Hrsg.): *Kognitionspsychologie und naturwissenschaftlicher Unterricht.* Bern: Huber 1973, S. 249–283.
- SHULMAN, L. S.: Those who understand: Knowledge growth in teaching. In: *Educational Researcher* 15 (1986), S. 4–14.
- SOLOMON, J.: The rise and fall of constructivism. In: *Studies in Science Education* 23 (1994), S. 1–19.
- SOLOMON, J./AIKENHEAD, G.: *STS Education: International perspectives on reform.* New York: Teacher College Press 1994.
- STEFFE, L./GALE, J. (Eds.): *Constructivism in education.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum 1995.
- STRIKE, K./POSNER, G. J.: A revisionist theory of conceptual change. In: R. DUSCHL/R. HAMILTON (Eds.): *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice.* Albany, NY: SUNY 1992, S. 147–176.
- SUCHTING, W. A.: Constructivism deconstructed. In: *Science & Education* 3 (1992), S. 223–254.
- TAYLOR, P./FRASER, B.: Development of an instrument for assessing constructivist learning environments. Roundtable at the annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago 1991.
- TIBERGHEN, A.: Modes and conditions of learning – an example: the learning of some aspects of the concept of heat. In: F. ARCHENHOLD et al. (Eds.): *Cognitive development. Research in Science and Mathematics.* Leeds: University of Leeds 1980, S. 288–309.
- TOBIN, K. (Ed.): *The practice of constructivism in science education.* Washington, DC: AAAS Press 1993.
- TREGUST, D./DUIT, R./FRASER, B. (Eds.): *Improving teaching and learning in science and mathematics.* New York: Teacher College Press (im Druck).
- VOSNIADOU, S.: Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction* 4 (1994), S. 45–69.
- WANDERSEE, J. H./MINTZES, J. J./NOVAK, J. D.: Research on alternative conceptions in science. In: D. GABEL (Ed.): *Handbook of research on science teaching and learning.* New York: Macmillan Publ. 1993, S. 177–210.
- WIESNER, H.: Ein neuer Optikkurs für die Sekundarstufe I, der sich an Lernschwierigkeiten und

- Schülervorstellungen orientiert. In: *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik* 42 (1994), Mai, S. 7–15.
- ZEKI, S.: *The visual image in mind and brain*. *Scientific American* 267 (1992), September, S. 43–50.
- ZIETZ, K.: *Die Physik des Kindes*. *Die Deutsche Schule* 40 (1936), S. 263–269.
- ZIETZ, K.: *Zur Entwicklung des kausalen Denkens bei Kindern*. *Zeitschrift für angewandte Psychologie und Charakterkunde* 57 (1939), S. 50–58.

Abstract

The constructivist view has proven a most powerful paradigm for science education research on learning and instruction. Initially near to radical constructivist ideas it has developed towards a paradigm that goes far beyond a frame for knowledge acquisition and also includes issues of social constructivism. Construction of knowledge is viewed as embedded in somewhat holistic approaches of orienting science instruction towards student's abilities, interests, and needs in general. The constructivist view has also provided science teacher education with powerful new ideas. There are many variants under the umbrella of the constructivist view which by no means forms a consistent theory. But the common core of this view may be indicated by the position of a pragmatic and moderate constructivism.

Anschrift des Autors:

Prof. Dr. REINDERS DUIT, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel, Olshausenstr. 62, 24098 Kiel