

Hartinger, A.; Reeken v., D. & Wittkowkse, S. (Hrsg.): Handbuch Didaktik Sachunterricht. Bad Heilbrunn, 230-240. – Glumpler, E. (1996): Heimatkunde für die Kinder der multikulturellen Gesellschaft. In: Glumpler, E. (Hrsg.): Sachunterricht heute. Bad Heilbrunn, 171-188. – Götz, M. (1989): Die Heimatkunde im Spiegel der Lehrpläne der Weimarer Republik. Frankfurt/M., Bern. – Götz, M. (1997): Die Grundschule in der Zeit des Nationalsozialismus. Bad Heilbrunn. – Götz, M. (2002): Der unterrichtliche Umgang mit Heimat in der Geschichte der Heimatkunde der Grundschule. In: Engelhardt, W. & Stoltenberg, U. (Hrsg.): Die Welt zur Heimat machen. Bad Heilbrunn, 51-56. – Götz, M. & Jung, J. (2001): Die Heimatkunde als Vorläuferfach des Sachunterrichts. In: Köhnlein, W. & Schreier, H. (Hrsg.): Innovation Sachunterricht – Befragung der Anfänge nach zukunfts-fähigen Beständen. Bad Heilbrunn, 21-41. – Grotelüschen, W. (1977): Eduard Spranger und die Heimatkunde. In: Schwartz, E. (Hrsg.): Von der Heimatkunde zum Sachunterricht. Braunschweig, 24-37. – Lauterbach, R. & Marquardt, B. (Hrsg.) (1982): Sachunterricht zwischen Alltag und Wissenschaft. Frankfurt/M. – Kahlert, J. (2009): Der Sachunterricht und seine Didaktik. 3. Auflage. Bad Heilbrunn. – Nießeler, A. (2007): Lebenswelt/Heimat als didaktische Kategorie. In: Kahlert, J.; Fölling-Albers, M.; Götz, M.; Hartinger, A.; Reeken v. D. & Wittkowkse, S. (Hrsg.): Handbuch Didaktik Sachunterricht. Bad Heilbrunn, 30-35. – Paul, A. (1998): Überlegungen zu einer Rekonstruktion der Heimat-Kunde. In: Marquardt-Mau, B. & Schreier, H. (Hrsg.): Grundlegende Bildung im Sachunterricht. Bad Heilbrunn, 59-66. – Rauterberg, M. (1999): Der Begriff Lebenswelt im Sachunterricht. In: Baier, H.; Gärtner, H.; Marquardt-Mau, B. & Schreier, H. (Hrsg.): Umwelt, Mitwelt, Lebenswelt im Sachunterricht, Bad Heilbrunn, 181-194. – Rauterberg, M. (2002): Die „Alte Heimatkunde“ im Sachunterricht. Eine vergleichende Analyse der Richtlinien für den Realienunterricht der Grundschule in Westdeutschland von 1945 bis 2000. Bad Heilbrunn. – Renner, E. (1990): Sachunterricht – ein lebensweltlich regionaler Ansatz. In: Renner, E. (Hrsg.): Grundschule zwischen Theorie und Praxis. Landau, 215-273. – Rolff, H.-G. & Zimmermann, P. (2001): Kindheit im Wandel. Eine Einführung in die Sozialisation im Kindesalter. 7. Auflage. Weinheim, Basel. – Schreier, H. (1985): Die Wiederkehr des Heimatgefühls. In: Grundschule 17, H. 6, 12-15. – Schubert, U. (1987): Das Schulfach Heimatkunde im Spiegel von Lehrerhandbüchern der 20er Jahre. Hildesheim. – Spitta, Ph. (2002): Die Welt vor der Haustür entdecken und gestalten. – Erkundung, Planungsbeteiligung und Agenda 21. In: Engelhardt, W. & Stoltenberg, U. (Hrsg.): Die Welt zur Heimat machen. Bad Heilbrunn, 185-197. – Spranger, E. (1923): Der Bildungswert der Heimatkunde. Berlin. – Terhart, E. (1999): Konstruktivismus und Unterricht. Gibt es einen neuen Ansatz in der Allgemeinen Didaktik? In: Zeitschrift für Pädagogik, 45, 629-647. – Thomas, B. (2009): Der Sachunterricht und seine Konzeptionen. Historische und aktuelle Entwicklungen. 3. Auflage. Bad Heilbrunn.

80 | Naturwissenschaftlich-technischer Lernbereich

Kornelia Möller, Thilo Kleickmann und Beate Sodian

Das naturwissenschaftliche Lernen in der Grundschule ist in Deutschland dem Fach Sachunterricht zugeordnet. Der Sachunterricht verfolgt das Ziel, Kindern zu helfen, sich in ihrer Welt zu orientieren und diese angemessen zu verstehen und mitzugestalten, wie auch Voraussetzungen für späteres Lernen zu erwerben. Für das naturwissenschaftliche Lernen folgt hieraus eine doppelte Aufgabe: Einerseits sollen Kinder interessante Naturphänomene deuten lernen, auf der anderen Seite sollen sie grundlegende Vorstellungen und Methoden der Naturwissenschaften erlernen. Wie ein solcher Anspruch im Sachunterricht umgesetzt werden soll, wurde in der Vergangenheit häufig kontrovers diskutiert. Der folgende Beitrag stellt aktuelle Konzeptionen sowie theoretische Grundlagen und Forschungsbefunde zu wichtigen Bereichen naturwissenschaftlichen Lernens vor und beschreibt Folgerungen für die Gestaltung eines naturwissenschaftlichen Sachunterrichts.

1 Konzeptionen naturwissenschaftlicher Bildung in der Grundschule

Seit den 90er Jahren wird die naturwissenschaftliche Bildung im Grundschulalter wieder verstärkt diskutiert, nachdem die erste Phase der Wissenschaftsorientierung in den 70er Jahren in Deutschland nicht zu einer dauerhaften Verankerung naturwissenschaftlicher Themen in der Grundschule hatte führen können (Möller 2002). Eine falsch verstandene Wissenschaftsorientierung und eine Vernachlässigung kindlicher Denkweisen und Interessen drängte nicht nur in Deutschland naturwissenschaftliche und technische Themen wieder aus den Lehrplänen heraus – erst das erneut erwachende Interesse an einer frühen naturwissenschaftlichen Förderung führte zur Wiederaufnahme entsprechender Themen in die Lehrpläne (Möller 2002). Zur Wiederbelebung der Diskussion haben Ergebnisse aktueller Schulleistungsstudien, der offensichtlich gewordene Nachwuchsmangel in naturwissenschaftlich und technisch orientierten Berufen wie auch neuere Ergebnisse aus der grundschulbezogenen Lehr-Lern-Forschung und der Entwicklungspsychologie beigetragen.

Heutige Konzeptionen orientieren sich international wie auch in Deutschland am Konzept der „Scientific Literacy“, also dem Konzept einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, die ein lebenslanges anschlussfähiges Lernen ermöglicht. Im Einzelnen umfasst „Scientific Literacy“ nach Prenzel u. a. (2003) das Verständnis zentraler naturwissenschaftlicher Konzepte, naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden und Denkweisen, epistemologische Vorstellungen über die Besonderheiten naturwissenschaftlichen Wissens wie auch Vorstellungen über die Beziehungen zwischen Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft. Auch die Bereitschaft und das Interesse, sich mit naturwissenschaftlichen Themen auseinanderzusetzen, gehören zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, da nur so die gewünschte Partizipation an naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Problemen erreicht werden kann.

Dass man bereits im Primarbereich mit dem Aufbau einer am Scientific-Literacy-Konzept orientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung beginnen sollte, ist heute unumstritten. Auch über die Ziele der frühen Förderung im Primarbereich gibt es inzwischen einen weitgehenden Konsens. Sie werden in Anlehnung an das oben beschriebene Konzept von Scientific Literacy in ähnlicher Form in internationalen Curricula wie auch im Perspektivrahmen der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU 2002) beschrieben, sind multikriterial angelegt und beziehen sich auf

- die Entwicklung *naturwissenschaftlichen Wissens, wozu Vorstellungen über inhaltliche Konzepte und Prinzipien gehören,*
- die Entwicklung *von Wissen über Naturwissenschaften,* wozu naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen sowie das Wissen über die Natur der Naturwissenschaften (nature of science) zu zählen sind und
- die Entwicklung *motivationaler Orientierungen* bezogen auf die Naturwissenschaften, wozu das Interesse am Nachdenken über Naturphänomene und das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten, etwas herausfinden und verstehen zu können, gehören.

Naturwissenschaftliches Wissen: Grundschul Kinder sollen grundlegende und anschlussfähige Vorstellungen entwickeln, um Phänomene aus Optik, Magnetismus, Elektrizität, Luft, Schall, Auftrieb, Entwicklung von Lebewesen usw. deuten zu können. Dabei geht es nicht primär um den Erwerb von Faktenwissen, sondern vielmehr um ein Erarbeiten von Konzepten, die zum Erfassen von physikalischen Regelmäßigkeiten, Stoffeigenschaften und -umwandlungen sowie Kennzeichen des Lebendigen genutzt werden können, damit zu einem besseren Verständnis der natürlichen Umwelt führen und sich so auch positiv auf motivationale Orientierungen auswir-

ken können. Anknüpfend an das genetische Prinzip von Wagenschein sollen kindliche Deutungen dabei aufgegriffen und allmählich zu adäquateren Vorstellungen verändert werden.

Wissen über Naturwissenschaften: Dieses umfasst erkenntnis- und wissenschaftstheoretische wie auch forschungsmethodische Inhalte, also ein Grundverständnis der Ziele und Methoden von Wissenschaft, sowie Einsicht in den Prozess der Konstruktion naturwissenschaftlichen Wissens. Dazu gehören das Entwickeln von Theorien, die Ableitung und Prüfung von Hypothesen, die Interpretation von Daten und die Revision und Weiterentwicklung von Theorien. Für den Grundschulbereich bedeutet das, dass Kinder lernen sollen, Fragen zu stellen, begründete Vermutungen aufzustellen, die Notwendigkeit der Überprüfung von Vermutungen einzusehen, zwischen Evidenz und Annahmen zu unterscheiden, einfache Forschungen zu planen und durchzuführen, Vermutungen mit Evidenzen argumentativ zu stützen bzw. aufgrund von Überprüfungen zu revidieren und sich über ihre Untersuchungen und Erklärungen auszutauschen, wobei Arbeitsweisen wie das Beobachten und Messen, Vergleichen und Ordnen, Erkunden und Experimentieren, Vermuten und Prüfen, Diskutieren und Interpretieren, Modellieren und Mathematisieren sowie Recherchieren und Kommunizieren erlernt oder zumindest angebahnt werden sollen (Duit u. a. 2004). Entscheidend ist dabei, naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen nicht lediglich als Fertigkeit einzuüben, sondern im Kontext eines vertieften Verständnisses über den Prozess des Forschens einsichtig zu machen.

Motivationale Orientierungen: Keineswegs nachrangig zu diesen beiden Bereichen sind die motivationalen Ziele des frühen naturwissenschaftlichen Lernens, die im Grundschulunterricht angestrebt werden sollen. So soll das Vertrauen in eigene naturwissenschaftliche Fähigkeiten unterstützt werden, um Interessen zu fördern und einer späteren Abkehr von den sogenannten harten Naturwissenschaften entgegenwirken zu können.

Sowohl die Lehr-Lern-Forschung als auch die Entwicklungspsychologie haben in jüngerer Zeit aufgrund neuerer Forschungsergebnisse dazu beigetragen, zu klären, unter welchen Bedingungen derartig anspruchsvolle Konzeptionen naturwissenschaftlichen Unterrichts im Primarbereich realisiert werden können. In den beiden folgenden Kapiteln werden neuere Forschungen zum Erwerb naturwissenschaftlichen Wissens und zum Erwerb eines Verständnisses von Wissenschaft dargestellt.

2 Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens

2.1 Voraussetzungen seitens der Schülerinnen und Schüler

Umfangreiche Forschungen seit den 1970er Jahren haben gezeigt, dass Grundschul Kinder im naturwissenschaftlichen Bereich keine „unbeschriebenen Blätter“ sind. Sie haben bereits Vorstellungen zu naturwissenschaftlichen Vorgängen und Begriffen, auch ohne zuvor explizit Unterricht dazu erhalten zu haben. Ein robuster Befund dieser Forschungen ist, dass solche vorunterrichtlichen Vorstellungen der Kinder häufig nicht mit wissenschaftlichen Sichtweisen kompatibel sind und zu Lernschwierigkeiten führen können, wenn die Kinder wissenschaftlich angemessenere Vorstellungen entwickeln sollen. Vielfach ist gezeigt worden, dass Unterricht in der Veränderung der ursprünglichen Vorstellungen erfolglos bleibt. Oft resultiert allenfalls eine oberflächliche Veränderung oder es kommt zu einer Verschmelzung der ursprünglichen Vorstellung mit neu erworbenen Sichtweisen (Vosniadou 2008).

Ein viel zitiertes Beispiel in der Literatur sind Vorstellungen von Kindern zur Form der Erde. Bei jüngeren Kindern findet sich häufig ein „initiales Modell“, in dem die Erde als Scheibe bzw. Fläche repräsentiert ist. Diese Vorstellung erlaubt es Kindern, ihre Erfahrungen, dass die Erdoberfläche eben ist und dass es ein klares „Oben“ und „Unten“ gibt, in einen sinnvollen

Zusammenhang zu stellen. Später lernen sie zwar, dass die Erde rund ist, können sich aber, da eine adäquate Vorstellung der Erdanziehung fehlt, nicht vorstellen, wie man auf der Unterseite der Kugel leben könnte ohne „herunterzufallen“. Als Folge versuchen sie, ihr ursprüngliches initiales Modell mit dem neuen wissenschaftlichen Modell zu kombinieren, sodass bspw. ein synthetisches Modell einer Hohlkugel mit einer Ebene entsteht, auf der wir Menschen leben. Dieses Modell erlaubt es den Kindern, ihre ursprünglichen Erfahrungen und Denkweisen mit der Vorstellung einer runden Erde in einer Vorstellung zu integrieren.

In der Literatur ist eine Vielzahl von Begriffen zu finden, mit denen solche Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler beschrieben werden: Die Begriffe „Misconception“ bzw. „Fehlvorstellung“ heben bspw. hervor, dass die Vorstellungen nicht den wissenschaftlichen Konzepten entsprechen. Wenn von naiven Theorien gesprochen wird, wird angenommen, dass die Vorstellungen bereits eine begriffliche Kohärenz und ein Erklärungsmodell aufweisen. Schülervorstellungen können aber auch zunächst aus isolierten, fragmentierten Bruchstücken bestehen, die eine oberflächliche Interpretation von Beobachtungen erlauben. Die Begriffe „Präkonzept“ und „Postkonzept“ beziehen sich auf Vorstellungen, die Kinder vor bzw. nach dem Unterricht zu einem Thema zeigen. „Schülervorstellung“ kann als weiter Begriff verstanden werden, der die zuvor genannten Begriffe einschließt. Einer Definition von Marton (1990) folgend, lassen sich Vorstellungen allgemein als mentale „Werkzeuge“ betrachten, die es dem Individuum erlauben, subjektiv Sinn in seinen Erfahrungen zu konstruieren.

Wie entstehen solche Vorstellungen? In dem vorgestellten Beispiel wurde schon deutlich, dass primäre Alltagserfahrungen eine Quelle von Schülervorstellungen darstellen können. Die Tatsache, dass Luft in vielen Situationen nicht wahrnehmbar ist, lässt jüngere Kinder oft glauben, dass Luft „Nichts“ sei. Aber auch Meinungen und Informationen, die über Medien oder über die Kommunikation mit Eltern oder Peers an Kinder herangetragen werden, wie auch alltags-sprachliche Wendungen („Strom verbrauchen“) können eine Herkunftsquelle von Schülervorstellungen bedeuten. Lerngelegenheiten, die Grundschule oder Kindergarten bereitstellen, sind eine weitere mögliche Quelle für die Entstehung und Modifikation von Schülervorstellungen. Hier konnte in verschiedenen Studien gezeigt werden, dass Unterricht auch neue Fehlvorstellungen hervorrufen kann. Generell wird die Entstehung von Schülervorstellungen durch bereits bestehendes Vorwissen und intuitives naturwissenschaftliches Denken mit geprägt.

Basieren Schülervorstellungen auf zahlreichen Alltagserfahrungen und sind sie in intuitive Rahmentheorien integriert, kann es sich um stabile, nur schwer durch Unterricht veränderbare Vorstellungen handeln. Leichter zu verändern sind Ad-hoc-Erklärungen, die spontan produziert werden, wenn Kinder mit Phänomenen konfrontiert werden, zu denen noch keine kohärenten Vorstellungen konstruiert wurden (Vosniadou 2008).

2.2 Naturwissenschaftliches Lernen als Erweiterung und Veränderung von Vorstellungen

Die skizzierten Ergebnisse der Forschung zu Schülervorstellungen machen deutlich, dass die Entwicklung wissenschaftlich angemessener Vorstellungen bei Grundschulkindern nicht nur Lernprozesse im Sinne einer „Anreicherung“ bzw. eines „Dazu-Lernens“ (Hinzufügen von Information zu bestehenden kognitiven Strukturen sowie geringfügige Modifikationen bestehender Strukturen) erfordern, sondern oft auch ein „Um-Lernen“, also ein Verändern vorhandener Vorstellungen.

Dies ist Gegenstand von Conceptual-Change-Theorien, die seit Ende der 1970er Jahre entwickelt wurden. Die einflussreiche Theorie von Posner und Kollegen (Posner u. a. 1982) beschreibt, unter welchen Bedingungen ein radikaler Wechsel von einer alten zu einer neuen Vorstellung (Akkomodation) stattfindet. Eine solche Veränderung wird dieser Theorie zufolge dadurch ini-

tiert, dass der Lernende mit seiner bestehenden Vorstellung unzufrieden ist. Wenn gleichzeitig eine Vorstellung angeboten wird, die für den Lernenden verständlich, plausibel und fruchtbar in der Anwendung ist, kann ein radikaler Konzeptwechsel ausgelöst werden.

Die Theorie von Posner ist in verschiedener Hinsicht kritisiert und ergänzt worden. So wurde darauf hingewiesen, dass neben den von Posner und Kollegen beschriebenen Bedingungen auch motivationale Faktoren wie Interessen, Selbstwirksamkeitserwartungen und Zielorientierungen eine Rolle spielen. Andere Ansätze betonen die Bedeutung des sozialen Kontextes (Lernen mit Peers und von der Lehrkraft). Eher graduelle Veränderungen vorhandener Vorstellungen und der Aufbau neuer Vorstellungen können mit der Statustheorie erklärt werden. Der Status einer Vorstellung verändert sich in dem Maße, in dem sich eine Vorstellung als verständlich, plausibel und fruchtbar erweist. Ein sinkender Status kann dann auch zu Unzufriedenheit mit einer Vorstellung führen. Mit der Statustheorie kann der Befund erklärt werden, dass alte und neue Vorstellungen oft parallel existieren. Ob vermehrt auf die eine oder die andere Vorstellung zurückgegriffen wird, ist dann eine Frage des Status der Vorstellungen. Graduelle Veränderungen von Schülervorstellungen können außerdem den Übergang von fragmentierten Vorstellungen zu integrierteren und stärker regelbasierten Vorstellungen betreffen (Treagust & Duit 2008; Vosniadou 2008).

2.3 Förderung wissenschaftlich angemessener Vorstellungen im Unterricht

Zur Förderung wissenschaftlich angemessener Vorstellungen im Unterricht werden insbesondere die folgenden Ansatzpunkte gesehen: Zunächst müssen Lehrende etwas über die vorhandenen Vorstellungen der Lernenden wissen oder in Erfahrung bringen. Sind Vorstellungen der Kinder bspw. in eine größere Rahmentheorie eingebettet, kann es erforderlich sein, zunächst diese Rahmentheorie zu verändern, bevor an der Veränderung einzelner Vorstellungen gearbeitet werden kann. Auch können die vorhandenen Vorstellungen der Schüler Anknüpfungsmöglichkeiten für Veränderungen bieten. Hier müssen Lerngelegenheiten zur Weiterentwicklung oder Ausdifferenzierung geschaffen werden.

Wenn vorhandene, stabile Vorstellungen mit wissenschaftlichen Konzepten konfliktieren, wird oft eine Konfliktstrategie empfohlen. Den Kindern werden Lerngelegenheiten bereitgestellt, in denen sie ihre Vorstellungen als unzureichend erfahren können, um so Unzufriedenheit mit den vorhandenen Vorstellungen auszulösen. Parallel müssen Gelegenheiten geschaffen werden, alternative, wissenschaftlich angemessenere Vorstellungen aufzubauen. Hier kommt es insbesondere darauf an, bspw. durch geeignete Versuche oder Repräsentationen die Verständlichkeit, Plausibilität und Fruchtbarkeit der neuen Vorstellungen erfahrbar zu machen. Kooperative Settings, in denen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler diskutiert werden, werden ebenfalls als wichtig erachtet (Vosniadou 2008).

Dass ein an der Veränderung von Schülervorstellungen orientierter Unterricht in der Förderung konzeptuellen Wissens wirksamer ist als ein traditioneller, Wissen vermittelnder Unterricht, konnte in einer fünfmonatigen Interventionsstudie gezeigt werden (Wu & Tsai 2005). Der als „konstruktivistisch orientiert“ bezeichnete Unterricht war durch das Aufgreifen und Herausfordern von Schülervorstellungen, durch Experimente, die bei Schülern kognitive Konflikte auszulösen vermögen, sowie durch Diskussionsrunden über Diskrepanzen zwischen Vermutetem und Beobachtetem gekennzeichnet. Hardy u. a. (2006) konnten darüber hinaus zeigen, dass konstruktivistisch orientierte Lernsettings in anspruchsvollen Inhaltsbereichen durch Strukturierungsmaßnahmen wie eine Gliederung des Unterrichts in sachlogischer Hinsicht (Sequenzierung) sowie eine kognitiv strukturierende Gesprächsführung ergänzt werden müssen, um langfristige Veränderungen konzeptuellen Wissens zu erzielen.

3 Entwicklung des Wissens über Naturwissenschaften

3.1 Voraussetzungen seitens der Schülerinnen und Schüler

Traditionell wurden die Verständnisvoraussetzungen von Schülern im Grundschulalter (aber auch im Sekundarschulalter) im Hinblick auf wissenschaftstheoretische und forschungsmethodische Inhalte in der Naturwissenschaftsdidaktik wie auch in der Entwicklungspsychologie pessimistisch beurteilt. In neuerer Zeit sind jedoch große Fortschritte bei der Identifikation kognitiver Kompetenzen bei jüngeren Kindern gemacht worden. Grundlagen des Verständnisses wissenschaftlicher Forschungsmethoden im Sinne der Fähigkeit zur Planung von Experimenten, zur Interpretation von Daten und zur Reflexion über diesen Prozess sind in neuerer Forschung schon im Grundschulalter demonstriert worden. Allerdings benötigen Grundschul Kinder viel unterstützenden Kontext; die selbstständige Entwicklung eines kontrollierten Experiments gelingt mehrheitlich erst in der Adoleszenz (Bullock u. a. 2009).

Was wissenschafts- und erkenntnistheoretische Aspekte des Wissens über Naturwissenschaften betrifft, so scheinen Grundschüler wie auch jüngere Sekundarschüler, wenn sie über den Zusammenhang zwischen Theorien/Ideen/Fragestellungen, Hypothesen, Experimenten und Daten befragt werden, in der Tat epistemologisch naiv zu sein (Grygier 2008). Sie stellen spontan keinen Bezug zwischen Befunden und Beobachtungen einerseits und Theorien oder Fragestellungen andererseits her. Wissenschaftliches Arbeiten wird häufig als „genaues Beobachten“ von objektiven Fakten oder als Erzielen positiver Effekte verstanden; Experimente werden nicht in Bezug zu Theorien und Hypothesen gesetzt; Daten werden als objektive Fakten betrachtet. Es fehlt jegliches Verständnis von Theorien als Erklärungsmodellen bzw. Interpretationsrahmen. Ein solches naiv realistisches bzw. positivistisches Verständnis der Natur der Naturwissenschaften stellt ein Hindernis beim Erwerb naturwissenschaftlichen Wissens dar, da der konzeptuelle Rahmen für die Reflexion des Bezugs zwischen Theorie und Evidenz fehlt. Daher werden Schüler, die mit einem solchen naiven Verständnis an wissenschaftliches Arbeiten herangehen, Schwierigkeiten haben, ihre eigenen Fehlvorstellungen in naturwissenschaftlichen Inhaltsbereichen zum Gegenstand bewusster Reflexion zu machen. Vielmehr werden sie das in der Schule vermittelte Wissen im Sinne „richtiger Fakten“ memorieren, jedoch in unreflektierter Weise in vorwissenschaftliche Vorstellungen integrieren. Ein reflektiertes, zumindest ansatzweise konstruktivistisches Verständnis der Natur der Naturwissenschaften ist daher eine wichtige fächerübergreifende Voraussetzung für den Erwerb angemessener wissenschaftlicher Vorstellungen in naturwissenschaftlichen Inhaltsbereichen.

Wenn Grundschüler in Interviews zum Wissenschaftsverständnis epistemologisch naiv erscheinen, so ist es doch möglich, dass sie über kognitive Voraussetzungen für den Erwerb eines zumindest ansatzweise konstruktivistischen Verständnisses von Wissenschaft verfügen. Relevante Evidenz kommt vor allem aus der Theory-of-Mind-Forschung, d. h. der Forschung zum kindlichen Verständnis geistiger Vorgänge (Sodian & Thoermer 2006). Bereits im Vorschulalter unterscheiden Kinder zwischen subjektiven Überzeugungen und der Realität. Im Grundschulalter verstehen Kinder zunehmend mehr den konstruktiven und interpretativen Charakter geistigen Geschehens. So beginnen sie z. B. einzusehen, wie soziale Vorurteile zustande kommen. Ab dem mittleren Grundschulalter begreifen Kinder Denken als eine fortlaufende geistige Aktivität im Sinne eines Bewusstseinsstroms, die nicht willkürlich abgestellt oder unterbrochen werden kann. Diese Befunde deuten darauf hin, dass Ansatzpunkte für eine Differenzierung zwischen Theorie (Interpretationsrahmen, Erklärungsmodell) und Evidenz auch im naturwissenschaftlichen Bereich bereits im Grundschulalter vorhanden sein sollten, sodass Grundschüler von wissenschaftstheoretisch orientiertem Unterricht profitieren können.

3.2 Wissenschaftsverständnis in der Grundschule fördern

Eine amerikanische Vergleichsstudie zwischen einer über mehrere Jahre hinweg wissenschaftstheoretisch und einer traditionell unterrichteten Klasse zeigte in der sechsten Jahrgangsstufe, dass wissenschaftstheoretisch orientierter Unterricht nachhaltige, förderliche Effekte auf das Verständnis von Wissenschaft und die Entwicklung integrierter naturwissenschaftlicher Konzepte hat (Smith u. a. 2000). Auch kurzfristiger wissenschaftstheoretisch orientierter Unterricht (im Umfang von 5-10 Doppelstunden) fördert das Wissenschaftsverständnis der Schüler und ihren Wissenserwerb im Bereich der Physik (Grygier 2008). Das Curriculum enthielt u. a. eine thematische Unterrichtseinheit zum Verständnis von Hefe, in der die Bildung von Theorien, die Ableitung von Hypothesen, die Entwicklung experimenteller Designs sowie die Interpretation von Daten explizit thematisiert und reflektiert wurden. Eine Kontrollklasse erhielt ein thematisch vergleichbares Curriculum, in dem ähnliche Aktivitäten ohne explizite wissenschaftstheoretische Reflexion durchgeführt wurden. Die wissenschaftstheoretisch orientierten Schüler entwickelten ein implizit konstruktivistisches Verständnis des Forschungsprozesses, während sich in der Kontrollklasse keine vergleichbaren Fortschritte zeigten.

Auch wenn es insgesamt erst wenig Forschung zur Vermittlung von Wissen über Naturwissenschaften im Grundschulalter gibt, sind die vorliegenden Befunde durchaus ermutigend. Altersgemäßer wissenschaftstheoretischer Unterricht ist demnach bereits am Ende der Grundschulzeit möglich und auch effektiv. Nicht nur das Wissenschaftsverständnis verbessert sich als Folge wissenschaftstheoretischen Unterrichts, sondern auch die Überwindung von Fehlvorstellungen in naturwissenschaftlichen Inhaltsbereichen. Ferner deuten die Studien darauf hin, dass Wissenschaftsverständnis nicht „von selbst“ als Folge der Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Phänomenen entsteht, sondern dass die *explizite* Erarbeitung von Einsichten in den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess notwendig ist, um Fortschritte zu erzielen.

4 Lehr-Lern-Situationen im naturwissenschaftsorientierten Sachunterricht gestalten

4.1 Kognitiv aktivieren und angemessen unterstützen

Forschungsergebnisse legen nahe, dass der Prozess der graduellen Veränderung von naiven hin zu angemessenen inhaltlichen wie auch wissenschaftstheoretischen – und methodischen – Vorstellungen durch die Lernenden aktiv vollzogen werden muss. Nicht das direkte und schnelle Vermitteln (direct transmission) wissenschaftlicher Konzepte sollte deshalb Ziel frühen naturwissenschaftsbezogenen Lernens sein, sondern das Unterstützen gradueller Veränderungen kindlicher Deutungen in Richtung adäquaterer Vorstellungen.

Die fachdidaktische Diskussion fordert in der Tradition Martin Wagenscheins und Walter Köhnleins in weitgehender Übereinstimmung einen sogenannten konstruktiv-genetischen Unterricht¹, der für Kinder interessante Phänomene bzw. problemhaltige Aufgaben zum Gegenstand des Nachdenkens macht, Vorstellungen der Lernenden ernst nimmt, ihren Lernwegen Raum im Unterricht gibt und den kommunikativen Austausch unter den Lernenden fördert.

Die Lerngegenstände sind dabei so auszuwählen, dass sie in der Zone der nächsten Entwicklung (Vygotskij 1978) der Lernenden liegen, d. h. die Lernenden nicht unterfordern und mit Hilfe der Lehrperson bzw. ihrer Mitlernenden zu bearbeiten sind. Die Lehrperson hat in einem

¹ Parallel werden auch Bezeichnungen wie konstruktivistisch-orientiert, kognitiv-konstruktiv, forschend-entdeckend oder problemorientiert verwendet. Gemeinsam ist diesen Ansätzen, dass sie die notwendige kognitive Aktivität bei den Lernenden betonen und eine direkte Vermittlung fertigen Wissens zumindest für die Anfänge naturwissenschaftlichen Lernens als nicht geeignet ansehen.

solchen Unterricht eine anspruchsvolle Rolle: Sie sollte ein an die Lernvoraussetzungen der Lernenden angepasstes, optimales Level an Unterstützung bereitstellen, also so viel Hilfe wie notwendig und so wenig Hilfe wie möglich mit dem Ziel anbieten, die kognitive Aktivität der Lernenden und den Aufbau von Vorstellungen zu fördern. Eine solche Art der Unterstützung wird treffend mit dem Begriff „scaffolding“ bezeichnet (Reiser 2004) – ein unterstützendes „Gerüst“ soll Lernenden helfen, möglichst eigenständig zu belastbaren Vorstellungen zu gelangen. Bei zunehmender Kompetenz kann das „Gerüst“ minimiert und die Selbstständigkeit der Lernenden größer werden (fading). Im naturwissenschaftsbezogenen Grundschulunterricht scheinen die folgenden Scaffolding-Maßnahmen hilfreich zu sein:

- geeignete Handlungsmöglichkeiten, mit Hilfe derer die Lernenden angeregt werden, angemessene Vorstellungen aufzubauen und die Belastbarkeit ihrer Vorstellungen zu überprüfen,
- kognitiv aktivierende Impulse, um Denkprozesse anzustoßen und zu unterstützen,
- die Förderung argumentativer Prozesse, die zum Begründen, Aushandeln und Revidieren von Vorstellungen anregen,
- die Förderung der Reflexion über den Prozess des Forschens,
- zusammenfassende und fokussierende Beiträge der Lehrkraft, die zur Klärung von Vorstellungen beitragen und
- eine geeignete Sequenzierung des Unterrichts, die den sachlogischen Aufbau der zu erarbeitenden Vorstellungen berücksichtigt.

Ein solcher problematisierender, zur Reflexion anregender und strukturierender Unterricht fördert nicht nur das Wissenschaftsverständnis (Smith u. a. 2000), sondern auch den nachhaltigen Erwerb von konzeptuellem Wissen (Hardy u. a. 2006), auch bei Kindern mit ungünstigen Lernvoraussetzungen (Möller u. a. 2002), sowohl bei Mädchen als auch bei Jungen (Blumberg u. a. 2008), und hat zudem auch positive motivationale Wirkungen (Blumberg u. a. 2004).

4.2 Curriculare Folgerungen

Naturwissenschaftsbezogenes Lernen richtet sich auf eine Perspektive des Sachunterrichts. Zu den anderen Perspektiven, insbesondere zu der technischen und historischen Perspektive, ergeben sich vielfältige sinnvolle Vernetzungen. Perspektivenübergreifende Bezüge sind deshalb bei jedem Thema auszuloten. Anwendungen wie auch historische Entwicklungen verdienen dabei besondere Aufmerksamkeit, da sie das Verstehen unterstützen und sinnvolle, motivierende Kontexte generieren.

Einer Vernetzung bedürfen auch das inhaltliche Lernen und das Erlernen von naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen. Anders als in den 60er Jahren, als es spezielle, auf das Erlernen von Verfahren und Prozessen bzw. auf das Erlernen von Basiskonzepten ausgerichtete Curricula gab², sollte inhaltliches und prozessbezogenes Lernen miteinander verbunden werden, um das Lernen in sinnvollen Kontexten zu ermöglichen. Naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen sollten dabei explizit thematisiert werden.

Sowohl in Bezug auf die Entwicklung konzeptuellen Verständnisses als auch in Bezug auf die Entwicklung eines Methoden- und Wissenschaftsverständnisses ist zudem ein aufeinander abgestimmtes, sequenziell aufgebautes Curriculum vom Elementar- bis hinein in den Sekundarbereich notwendig, das die Denkvoraussetzungen in der jeweiligen Bildungsstufe berücksichtigt, Über- und Unterforderungen vermeidet und an die jeweils vorangegangenen Lernprozesse anknüpft.

2 Das amerikanische Curriculum „Science – a process approach“ (S-APA) war z. B. fächerübergreifend angelegt und verfolgte als Ziel das Erlernen von naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen, das Curriculum „Science – a curriculum improvement study“ (SCIS) zielte auf das Erlernen naturwissenschaftlicher Basiskonzepte.

Auch für die Lehrerbildung ergeben sich curriculare Folgerungen: Um konzeptuelles Verständnis und ein anspruchsvolles Wissenschaftsverständnis im naturwissenschaftlichen Sachunterricht zu fördern, benötigen die unterrichtenden Lehrpersonen fachliches, metatheoretisches und fachdidaktisches Wissen, was sowohl in der Lehramtsausbildung als auch in der Weiterbildung erarbeitet werden muss.

Literatur

- Blumberg, E.; Möller, K. & Hardy, I. (2004): Erreichen motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen in einem schülerorientierten naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht – Bestehen Unterschiede in Abhängigkeit der Leistungsstärke? In: Bos, W.; Lankes, E.-M.; Plaßmeier, N. & Schwippert, K. (Hrsg.): Heterogenität – Eine Herausforderung an die empirische Bildungsforschung. Münster, 41-55. – Blumberg, E.; Hardy, I. & Möller, K. (2008): Anspruchsvolles naturwissenschaftsbezogenes Lernen im Sachunterricht der Grundschule – auch für Mädchen? In: Zeitschrift für Grundschulforschung, 1, H. 2, 59-72. – Bullock, M.; Sodian, B. & Koerber, S. (2009): Doing experiments and understanding science. Development of scientific reasoning from childhood to adulthood. In: Schneider, W. & Bullock, M. (Hrsg.): Human Development from Early Childhood to Early Adulthood: Findings from a 20 Year Longitudinal Study. New York, 173-198. – Duit, R.; Gropengießer, H. & Stäudel, L. (Hrsg.) (2004): Naturwissenschaftliches Arbeiten. Unterricht und Material 5-10. Seelze. – Hardy, I.; Jonen, A.; Möller, K. & Stern, E. (2006): Effects of instructional support within constructivist learning environments for elementary school students' understanding of "floating and sinking". In: Journal of Educational Psychology, 98, 307-326. – Grygier, P. (2008): Wissenschaftsverständnis von Grundschulern im Sachunterricht. Bad Heilbrunn. – Marton, F. (1990): The phenomenography of learning: A qualitative approach to educational research and some of its implications for didactics. In: Mandl, H.; DeCorte, E.; Bennet, N. & Friedrich, H. (Hrsg.): Learning and instruction. Oxford, 601-616. – Möller, K. (2002): Anspruchsvolles Lernen in der Grundschule – am Beispiel naturwissenschaftlich-technischer Inhalte. In: Pädagogische Rundschau, 56, 411-435. – Möller, K.; Jonen, A.; Hardy, I. & Stern, E. (2002): Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: Prenzel, M. & Doll, J. (Hrsg.): Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen. Weinheim (= Zeitschrift für Pädagogik. 45. Beiheft), 176-191. – Prenzel, M.; Geiser, H.; Langeheine, R. & Lobmeier, K. (2003): Das naturwissenschaftliche Verständnis am Ende der Grundschulzeit. In: Bos, W.; Lankes, E.-M.; Prenzel, M.; Schwippert, K.; Walther, G. & Valtin, R. (Hrsg.): Erste Ergebnisse aus IGLU. Münster, 143-187. – Posner, G. J.; Strike, K. A.; Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982): Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. In: Science Education, 66, 211-227. – Reiser, B. (2004): Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. In: The Journal of the Learning Sciences, 13, 273-304. – Smith, C.; Maclin, D.; Houghton, C. & Hennessey, M. G. (2000): Sixth grade students' epistemologies of science: The impact of school science experiences on epistemological development. In: Cognition and Instruction 18, 349-422. – Sodian, B. & Thoermer, C. (2006): Theory of Mind. In: Schneider, W. & Sodian, B. (Hrsg.): Enzyklopädie der Psychologie. Serie Entwicklungspsychologie. Band 2: Kognitive Entwicklung. Göttingen, 495-608. – Treagust, D. & Duit, R. (2008): Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. In: Cultural Studies of Science Education, 3, 297-328. – Vosniadou, S. (Hrsg.) (2008): International Handbook of Research on Conceptual Change. New York. – Vygotsky, L. (1978): Mind and society: The development of higher psychological processes. Cambridge. – Wu, Y. T. & Tsai, C. C. (2005): Development of elementary school students' cognitive structures and information processing strategies under long-term constructivist-oriented science instruction. In: Science Education, 89, 822-846.