

BRUNHILD LANDWEHR

Lernvoraussetzungen für das Verstehen von naturwissenschaftlichem Sachunterricht

Warum kann man den Wasserstrahl, der aus dem Hahn kommt, nicht durchschneiden?
(Johanna, 3 1/2 Jahre)

Wagenschein hat schon 1962 mit seinen Untersuchungen über „Kinder auf dem Wege zur Physik“ die Vor- und Grundschulpädagogik mit der Entdeckung konfrontiert, dass in dem Verhalten des Kindes spontane Erkundungen auch der unbelebten Natur und nicht nur der augenfälligeren biologischen Phänomene stattfinden. Von diesen Entdeckungen ist zu erwarten, dass sie als Ansatzpunkte für die Ausprägung eines Verständnisses über physikalische und/oder chemische Gegebenheiten bedeutsam werden können. Wagenscheins grundlegende These lautet, dass Kinder „von sich aus wissenschaftsorientiert sind“ (Wagenschein 1990, S. 9). Um Anfänge naturwissenschaftlichen Denkens zu ermöglichen, sind daher bestimmte Grunderfahrungen nötig, die Kinder in aller Regel bereits vor dem Schuleintritt, wenn auch in sehr heterogener Weise, gemacht haben. In dieser Auseinandersetzung mit der Umwelt entwickeln die Kinder bereits Vorstellungen und Konzepte über naturwissenschaftliche Sachverhalte und sammeln Wissen aus unterschiedlichen Quellen und Meinungen an, die dann in der realen Lernsituation des Sachunterrichts virtualisiert werden. Häufig jedoch werden Kinder in ihrem Lernvermögen und Lernwillen unterschätzt: Das Zutrauen der Erwachsenen in die kognitiven Fähigkeiten der Kinder scheint nur gering zu sein. Die nur zu häufige Antwort der Erwachsenen auf eine interessierte Kinderfrage „Das verstehst du noch nicht!“ führt dazu, dass das Kind lernt, dass seine Fragen nicht zu den erhofften Antworten führen – es ‘verlernt’ zu fragen.

Im Sachunterricht der Grundschule kommen Themen der unbelebten Natur kaum vor (Lück 2000, S. 103), meist stehen biologische Fragestellungen im Vordergrund. Kommen Jugendliche dann während der Adoleszenz das erste Mal mit physikalischen und chemischen Fragestellungen in Berührung, interessiert es sie häufig nicht mehr (vgl. Hoffmann / Häußler / Peters-Haft 1997). Aber sind die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse, vor allem die der Physik und Chemie nicht auch viel zu komplex, abstrakt und undurchschaubar, als dass sie bereits mit Kindern erörtert werden können? Haben Kinder schon die ‘kognitive Reife’, wissenschaftliche Erklärungen zu verstehen?

Erkenntnisse der kognitiven Entwicklungspsychologie

Kinder verstehen vieles ganz anders als Erwachsene. Die Erklärungen der Erwachsenen sind für sie häufig uneinsichtig. Die vier Stufen der geistigen Entwicklung von Kindern nach Piaget (vgl. Piaget 1981) lassen sich durch erkennbare Defizite bei bestimmten Anforderungen beschreiben. Zum Beispiel behauptet das präoperative Grundschulkind, dass die vor seinen Augen aus einem flachen in ein hohes Gefäß umgegossenen Flüssigkeit mehr geworden ist. Piaget charakterisiert folglich jede Stufe durch geistige Grenzen der Kinder.

Heute wissen wir aus einer Reihe von empirischen Befunden (Schrempf/Sodian 1999; Mähler 1999), dass Piaget die geistigen Leistungen der Kinder unterschätzte, weil er deren Antworten-übergeneralisierte. Kinder begreifen mehr von der Welt, als bisher angenommen wurde. Wenn die Aufgaben wenig variiert werden, zeigen die Kinder erstaunliche wissenschaftliche Leistungen z. B. im Bereich der Hypothesenprüfung. Schrempf / Sodian (1999) konnten nachweisen, dass Kinder in der Lage sind, zwischen Hypothesen und Evidenz zu differenzieren und dass sie die Logik der Hypothesenprüfung in Grundzügen verstehen. (...) Kinder [verfügen] offenbar weit früher als traditionell vermutet wurde, über ein reflexives Verständnis des Zusammenhangs zwischen Hypothese und Evidenz“ (ebd. S. 76). Stern macht deutlich, dass nach den Erkenntnissen der heutigen Forschungsergebnisse Fehler und Inkompetenzen jüngerer Kinder nicht aus generellen geistigen Entwicklungstheorien heraus erklärt werden dürfen. In Analogie zum Größenwachstum wird häufig angenommen, dass das Gehirn heranreifen muss, bevor anspruchsvolle Lernangebote genutzt werden können. Die geistige Reifung kann jedoch nicht mit körperlichen Reifungsprozessen verglichen werden. Auch wenn die Hirnentwicklung noch nicht abgeschlossen ist – und einige geistige Veränderungen eng mit dieser verknüpft sind! – müssen Kinder schon früh gefördert werden (Stern 2003 a, S. 457).

Schule hat die Funktion, Wissen und Kompetenzen zu vermitteln, welche die Menschheit erst vor relativ kurzer Zeit entwickelt hat. Der Mensch in der heutigen genetischen Ausstattung existiert seit 40000 Jahren, aber erst seit 5000 Jahren nutzt er die Anfänge von Schrift. Diese kulturellen Errungenschaften sind nicht durch 'Reifung', sondern durch geistige Leistungen entstanden. Dieses gesammelte Wissen kann nicht mit der Methode von Versuch und Irrtum gelernt werden; die Kompetenzen, die wir in unserer Wissensgesellschaft benötigen, entwickeln sich eben nicht durch 'Reifung' von allein, sondern bedürfen von Anfang an der Anregung – einer direkten und strukturierten Anleitung durch Lehrende.

Langfristige Planungen und Zielsetzungen können von Kindern vermutlich erst verfolgt werden, wenn das Frontalhirn vollständig ausgebildet ist.

Kinder können viel mehr als bisher angenommen wurde. „Im Kindesalter ist das Gehirn besonders aufnahmefähig. Wenn es nicht trainiert wird, gehen seine ungenutzten Kapazitäten verloren“ (Stern 2003a, S. 460f.). Kinder 'saugen' Kenntnisse sozusagen wie ein Schwamm auf – diese sensiblen Phasen – „windows of opportunity“ (Stern) gilt es vor allem während der Grundschulzeit zu nutzen. Werden nicht zur richtigen Zeit die richtigen Angebote gemacht, treten Versäumnisse auf, die nie wieder kompensiert werden können.

Sinnliche Wahrnehmung – ein Weg zum Verstehen

Kinder zeigen bereits in sehr jungem Alter, schon vor Eintritt in die Grundschule, ein ausgeprägtes Interesse an naturwissenschaftlichen Inhalten. Dieses lässt sich auch an den hohen Einschaltquoten der naturwissenschaftlichen Sendungen in den Medien erkennen (Landwehr 2002; Lück 2000). Gisela Lück konnte in einem Forschungsprojekt in vorschulischen Einrichtungen zeigen, dass Kinder im Kindergarten nicht nur sehr interessiert an einem Angebot naturwissenschaftlicher Experimente waren, sondern dass sie sich in erstaunlich genauer Weise dieser Experimente, auch nach langem Zeitraum (drei – sechs Monate) erinnern. Sie haben die 'Konstanz der Naturgesetze' sehr gut beobachtet und reproduzieren können. Lück weist darauf hin, dass die sinnliche Wahrnehmung als ganz entscheidender Zugang zu den Dingen beachtet werden muss, denn die Sprachentwicklung ist in der Regel erst in einem Alter von etwa acht Jahren abgeschlossen. Bereits Wagenschein konstatiert, „daß junge Kinder vor allem Physikunterricht Natur-Phänomene (besonders vom Gewohnen abweichende) genau sehen und überraschend produktiv darüber nachdenken“ (Wagenschein 1989, S. 103). Dabei bedienen sie sich ihrer ganz eigenen Sprache, die lebendig, auch animistisch und gerade darum die Sprache des Verstehens ist.² Erwachsene können einen sinnlichen Zugang zu Naturphänomenen arrangieren: Ein experimenteller Zugang zu den Phänomenen eignet sich als eine erste Annäherung und als geeigneter Weg zu den Naturwissenschaften. Aufgabe der Lehrkraft sollte es sein, Interpretationen des Wahrgenommenen zu initiieren, die „bei allen zwangsläufig bestehenden sprachlichen Unzulänglichkeiten – (...) dem Kind eine Interpretation des Wahrgenommenen (Jeterf), durch die die Naturphänomene auf Gesetzmäßigkeiten zurückgeführt und so auch ein wenig 'enzaubert' werden können“ (Lück 2000, S. 122).

² Wagenschein stellt fest, dass das animistische (oder auch anthropomorphistische) Reden den Zugang zur Physik, auch bei Erwachsenen, erleichtert. „Animistische Rede ist teilnehmende Rede. Damit wird klar, warum dieses vertrauliche Reden kein Rückfall ist, sondern sich bewährt hat als jenes, ein paar Schritte rückwärts vor dem Anlauf/Nehmen, fürs Eintreten ins Physikalische“ (Wagenschein 2002, S. 47f.). Berühmte Physiker dürfen offenbar ungenügend animistisch reden; die Fachsprache selbst kann nicht frei sein vom Animismus (vgl. auch Lück 2000).

Vom Erfahrungswissen zum wissenschaftlichen Wissen?

Naturwissenschaftliche Erklärungen und Begriffe sind für Kinder (und viele Erwachsene) schwer zu verstehen, weil sie zu den Erklärungen, die sich Kinder selbst zurecht gelegt haben, im Widerspruch stehen. Diese, für Kinder durchaus plausiblen Erklärungen haben oftmals mit den wissenschaftlichen Erklärungen wenig gemeinsam. Murmann (2002) hat in ihrer Studie über „Physiklernen zu Licht, Schatten und Sehen“ herausarbeiten können, dass Kinder physikalische Phänomene aus ihrem Erfahrungswissen heraus interpretieren. Wird die Lernumgebung so konzipiert, dass physikalische Erlebensweisen möglich werden, müssen sich, so vermutet sie, nicht zwingend 'typische' Lernschwierigkeiten ergeben.

Haben sich falsche Erklärungen von Kindern jedoch erst verfestigt und werden sie nicht aufgegriffen und weitergeführt, ist es für sie sehr schwer wissenschaftliche Erklärungen anzunehmen.

„Eine Erklärung dafür, dass vom Physikunterricht so wenig hängen bleibt, ist die, dass sich die Schüler bereits lange, bevor das Fach in der Schule gelehrt wurde, so viele Gedanken über Begriffe wie Energie, Arbeit oder Geschwindigkeit gemacht haben, dass für die Feinheiten, die der Physiklehrer zu vermitteln versucht, in ihrem Wissensnetz kein Platz mehr ist“ (Stern 2003 b, S. 576).

Bedeutung von Lernumgebungen

Leistungsunterschiede am Ende eines Schuljahres in der Grundschule lassen sich nicht ausschließlich mit den Unterschieden in der Intelligenz oder Persönlichkeitsfaktoren wie Motivation oder Anpassung der Schülerinnen und Schüler erklären: Kinder, die unabhängig von ihrer Intelligenz schon zu Beginn des Schuljahres Wissen mitbringen, haben die besten Chancen, etwas dazulernen. Längsschnittstudien des Lehr-Lern-Forschers Franz Emanuel Weinert haben sogar zeigen können, dass sich Wissensunterschiede in den Naturwissenschaften und Mathematik der 11. Klasse im Gymnasium durch Unterschiede in der 2. Grundschulklasse erklären lassen (Stern 2003b, S. 568ff).

Wissen ist also der entscheidende Schlüssel zum Können. Der Sachunterricht darf Grundschulkindern bei dem Aufbau dieses Wissens nicht unterfordern. Er muss inhaltlich und methodisch anspruchsvoll gestaltet sein, allerdings sind die Wahrnehmungs-, Denk- und Lernbedingungen von Grundschulkindern dabei zu berücksichtigen (GDSU 2002).

Stern (2003a) plädiert für eine anspruchsvolle Gestaltung der Lernumgebungen für jüngere Kinder: und begründet das Vorverlegen einer größeren Themenvielfalt aus den Naturwissenschaften in die Grundschule.

Lernarrangements im Zusammenhang mit naturwissenschaftlichen Problemstellungen sollten für die Lernenden folgende Bedingungen erfüllen:

- Materialien und Impulse lassen das jeweilige Problem so erfahren, dass die Kinder selbst unzufrieden mit ihren bisherigen Vorstellungen werden.
- Die neuen Vorstellungen werden für sie plausibel und verständlich.

- Das hinzugekommene oder veränderte Wissen wird in der Anwendung fruchtbar (Jonen / Möller / Hardy 2003; Gardner 1993; Duit / Häußler 1997; Murmann 2002).

Kinder erklären z. B. das Schwimmen von Gegenständen auf dem Wasser häufig damit, dass Luft sie nach oben zieht; andere Gegenstände gehen unter, weil Wasser sie nach unten saugt. Diese Präkonzepte sind mit den physikalischen Konzepten Auftrieb und Dichte nicht vereinbar. Bereits in der Grundschule die Definitionen von Dichte und Auftrieb zu vermitteln, wäre allerdings verfehlt. Dies würde sehr wahrscheinlich zu einem isolierten Faktenwissen führen, das nicht für die Umwelt angewendet werden kann, unbrauchbares (träges) Wissen ist und letztendlich zum Desinteresse an den Naturwissenschaften beiträgt (vgl. Landwehr 2002). Aufgabe von Unterricht ist es, Kindern solche Erfahrungen erleben zu lassen, die mit wissenschaftlichen Konzepten übereinstimmen: Die Aufmerksamkeitskraft der Kinder soll auf die Aspekte gelenkt werden, die mit den anerkannten Erklärungen vereinbar sind. Für obiges Beispiel könnten Kinder z. B. Plastikhandschuhe anziehen und die Hände ins Wasser tauchen. Sie spüren: Der ehe dem weite Handschuh drückt sich eng an die Hände an. Sie machen die Erfahrung, dass das Wasser gegen die Hände drückt und die Hände müssen gegen das Wasser drücken, um einzutauchen. Später lässt sich durch diese Erfahrung bei dem Konzept Auftrieb anknüpfen.

Aus eigenen Entdeckungen und über die Korrektur von Fehlschlüssen, aus Versuch und Irrtum, entsteht Wissen. „Das ist kein Eintrag im Lexikon, der kopiert und abgespeichert wird, sondern eine Verknüpfung im Gehirn.“ (Stern 2003). Die 'falschen' Vorstellungen der Kinder sind wichtig für das Verstehen. Nur durch Fehleinschätzungen einer Situation, durch Fehldeutungen, die offensichtlich werden, können Konzepte erkannt und deren Grenzen festgestellt werden. Fehler sollen ermöglicht, erkannt und ihre Ursachen verstanden werden. Aufgabe des Pädagogen ist es „die Schüler zu aktivieren, zu eigenen Denkanstrengungen zu ermutigen, sie bei der produktiven Überwindung von Fehlern zu unterstützen, ihnen beim Aufbau einer wohlorganisierten Wissensbasis behilflich zu sein und ihnen notwendige remediale Unterstützung zukommen zu lassen“ (Helmeke / Weinert 1997, S. 130/131). Fehler gehören zu den Prinzipien des wissenschaftlichen Denkens dazu: Für ein Phänomen gibt es häufig verschiedene, widersprüchliche Erklärungen und es gilt, gezielte Beobachtungen anzustellen, um herauszufinden, welche Erklärung die richtige ist. Dieses wissenschaftliche Prinzip setzt voraus, dass Kinder selbst explorierend mit Materialien umgehen und experimentieren und ihnen genügend Zeit für intensiven Austausch und Diskussion zum gemeinsamen Aushandeln von Erklärungen zur Verfügung steht.

Kinder haben Fragen zu beobachteten und erlebten Naturphänomenen, sie wollen und sollen vor allem im Sachunterricht selbst die Welt erkunden und sie mit Hilfe der Lehrenden verstehen lernen. Sich die Welt erschließen, sie zu erkunden und die Vorgänge in der Natur zu beobachten sind aktive selbstbestimmte Prozesse. Hartinger (2002) konnte zeigen, dass eine Selbst- und Mitbestimmung der Kinder bei der Inhaltsauswahl einen entscheidenden Einfluss auf ihr Interesse an der Sache / dem Problem hat. Wurde das Sachunterrichtsthema aus einer Kinderfrage heraus behandelt, zeigte sich nicht nur ein größeres Interesse, sondern auch das Selbstbestimmungsempfinden war größer. Eine Studie von Hempel zeigt, dass im aktuellen Unterricht diese Fähigkeiten von Kindern hinsichtlich ihrer Gestaltungsspielräume kaum eine Rolle spielen: Die Partizipation der Kinder bezogen auf die Mitbestimmung bei Auswahl und Festlegung von Inhalten, die Berücksichtigung ihrer lebensweltlichen Zugänge und Interessen sind bisher weitgehend ungenutzt (Hempel 2003).

Geschlechtsspezifische Ausgangslagen

Wie schon oben beschrieben, können Wissensunterschiede bereits vor Schulbeginn einen entscheidenden Einfluss auf das Weiterlernen haben. Untersuchungen haben zeigen können, dass sich bereits im Sachunterricht der Grundschulgeschlechtsspezifische Prägungen im Umgang mit technisch-naturwissenschaftlichen Themen verfestigen (Hansen / Klingner 1997, S. 113). Insbesondere ist dies zurückzuführen auf unterschiedliche Erfahrungshintergründe von Jungen und Mädchen, affektive Faktoren sowie unterschiedliche Selbstkonzepte von Jungen und Mädchen. Bereits 10-jährige Mädchen zeigen ein weniger positives Selbstbild hinsichtlich ihrer Fähigkeiten und Leistungen in naturwissenschaftlich-technischen Gebieten. Unterschiede im naturwissenschaftlichen Wissen und im Lösen technischer Probleme können allein aus den Unterschieden im Erfahrungshintergrund und im Selbstbild erklärt werden (Baumert / Evans / Geiser 1996). Die außerschulischen Aktivitäten von Jungen und Mädchen unterscheiden sich sehr deutlich: Während die der Jungen häufiger mit Technik (Basteln, Reparaturen, Umgang mit Experimentierkästen) verbunden sind, haben Mädchen einen deutlichen Erfahrungsvorsprung im Umgang mit Pflanzen und Tieren sowie bei häuslichen Tätigkeiten (Wythe 1986). Mädchen informieren sich in ihrer Freizeit signifikant seltener als Jungen über Physik und Technik und führen deutlich seltener Reparaturen durch (Hannover 1991). Auch von den Eltern wird signifikant geschlechtsspezifisch gefördert: Mädchen bekommen seltener technisches Spielzeug, werden selten angeregt, bei Reparaturen mitzuhelfen, sich mit Physik und Technik zu befassen sowie einen technischen Beruf zu ergreifen (Hoffmann / Häußler / Lehrke 1997). Mädchen erwarten auch weniger Anerkennung von ihren Bezugspersonen für ein naturwissenschaftlich-technisches Engagement als Jungen (Hannover 1991). Die Übertragung der Eltern Erwartung auf

die Kinder ist ein wesentlicher Einflussfaktor auf die Leistung. Durch Internalisierung dürfte das Begabungselbstkonzept von Mädchen und Frauen hinsichtlich der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer negativ beeinflusst werden (vgl. Beermann u. a. 1992).

Diese Einstellungen werden durch Lehrer- / Lehrerinnen-Einstellungen und die Lehrenden-Lernenden-Interaktionen gestützt bzw. zementiert. So beurteilen Lehrkräfte Jungen im Durchschnitt als begabter für naturwissenschaftliche Fächer als Mädchen (Hoffmann / Häußler / Peters-Haft 1997, S. 26). Auch werden Jungen eher positivere Einstellungen und höheres Interesse an den Naturwissenschaften zugeschrieben als Mädchen. Jungen erfahren bereits in der Grundschule seitens der Lehrkräfte deutlich mehr Beachtung im Unterricht als Mädchen. Dies trifft insbesondere für den Sachunterricht und den Mathematikunterricht zu (Hoffmann / Häußler / Peters-Haft 1997, S. 27). Jungen werden bei naturwissenschaftlichen Versuchen im Sachunterricht häufiger herangezogen, da ihnen in der Regel größere Kompetenz eingeräumt wird.

Diese Ergebnisse zeigen die Notwendigkeit vor allem für Sachunterrichtslehrerinnen, die u. U. eine ähnliche Sozialisation durchlaufen haben, aber auch für Sachunterrichtslehrer, eine angemessene selbstreflexive Haltung hinsichtlich eigener Rollenstereotypen und inhaltlicher Präferenzen einzunehmen, um Mädchen und Jungen gleiche Bildungschancen zu ermöglichen (vgl. Landwehr 2002).

„Kaum jemand erfasst die Bedeutung einer Idee, das ist wirklich seltsam. Es sei denn, ein Kind finge Feuer. Ist ein Kind Feuer und Flamme für eine solche Idee, wird ein Wissenschaftler aus ihm. Sind sie erst einmal auf der Universität, zündet der Funke nicht mehr³. Deshalb müssen wir versuchen, diese Ideen den Kindern nahezubringen.“ (Feynman 2001, S. 238)

Literatur

- Baumert, Jürgen / Evans, Robert H. / Geiser, Helmut: Technical Problem Solving Among Ten-Year-Old Students as Related to Science Achievement. Out-of-school Experience, Domain-Specific Control-Beliefs and Attribution patterns. In: Journal of Research in Science Teaching (JRST), 1996
- Beermann, Lilly / Heller, Kurt A. / Menacher, Pauline: Mathe: nichts für Mädchen? Begabung und Geschlecht am Beispiel von Mathematik. Naturwissenschaft und Technik. Göttingen / Toronto 1992
- Duit, Reinders / Häußler, Peter: Physik und andere naturwissenschaftliche Lernbereiche. In: Weinert, Franz Emanuel (Hrsg.): Psychologie des Unterrichts und der Schule. Göttingen: Hogrefe 1997, S. 427-460
- Feynman, Richard Phillips: „Kümmert Sie, was andere Leute denken?“ Neue Abenteuer eines neugierigen Physikers. München: Piper 2001 (4)

³ Später relativiert Feynman: An der Universität ist der Funke nur sehr schwer zu entzünden, aber unmöglich ist es nicht!

- Gardner, Howard: Der ungeschulte Kopf. Wie Kinder denken. Stuttgart: Klett-Cotta 1993
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU): Perspektivrahmen Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 2002
- Gilligan, Carol / Brown, Lyn M.: Die verlorene Stimme. Wendepunkte in der Entwicklung von Mädchen und Frauen. Frankfurt a.M.: dtv 1994
- Grygier, Patricia / Günther, Johannes / Kircher, Ernst / Sodrian, Beate / Thoerner, Claudia: Unterstützt das Lernen über Naturwissenschaften das Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten im Sachunterricht? In: Cech, Diethard / Schwier, Hans-Joachim (Hrsg.): Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 2003, S. 59–76
- Hansen, Klaus-Henning / Klinger, Udo: Interesse an naturwissenschaftlichen Lernen im Sachunterricht – Ergebnisse einer Schülerbefragung. In: Marquardt-Mau, Brunnhilde / Köhlein, Walter / Lauterbach, Roland (Hrsg.): Forschung zum Sachunterricht. Bad Heilbrunn 1997, S. 101–121
- Hannover, Bettina: Zur Unterrepräsentanz von Mädchen in Naturwissenschaften und Technik. Psychologische Prädiktoren der Fach- und Berufswahl. In: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 5. Jg., H. 3, 1991, S. 169–186
- Hartinger, Andreas: Selbstbestimmungsempfinden in offenen Lernsituationen. Eine Pilotstudie zum Sachunterricht. In: Spreckelsen, Kai / Möller, Kornelia / Hartinger, Andreas (Hrsg.): Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 2002, S. 174–184
- Helmke, Andreas / Weinert, Franz Emanuel: Bedingungsfaktoren schulischer Leistungen. In: Weinert, Franz Emanuel (Hrsg.): Psychologie des Unterrichts und der Schule. Göttingen: Hogrefe 1997, S. 71–176
- Hempel, Marlies: Lebensentwürfe von Grundschulkindern – ein Forschungsthema für den Sachunterricht. In: Marquardt-Mau, Brunnhilde / Köhlein, Walter / Lauterbach, Roland (Hrsg.): Forschung zum Sachunterricht. Bad Heilbrunn 1997, S. 169–189
- Hempel, Marlies: Lernwege im Sachunterricht aus der Sicht der Kinder. In: Cech, Diethard / Schwier, Hans-Joachim (Hrsg.): Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 2003, S. 159–172
- Hoffmann, Lore: Mädchen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Ansatzpunkte zur Verwirklichung der Chancengleichheit für Mädchen. In: Beispiele 15. Jg., H. 2, 1997, S. 42–47
- Hoffmann, Lore / Häußler, Peter / Peters-Hatt, Sabine: An den Interessen von Mädchen und Jungen orientierter Physikunterricht. Kiel 1997
- Jonen, Angela / Möller, Kornelia / Hardy, Ilonca: Lernen als Veränderung von Konzepten – am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In: Cech, Diethard / Schwier, Hans-Joachim (Hrsg.): Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 2003, S. 93–108
- Landwehr, Brunhild: Distanzen von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik. Eine qualitativ empirische Studie. Berlin: Logos 2002
- Lück, Gisela: Leichte Experimente für Eltern und Kinder. Freiburg: Herder 2000
- Lück, Gisela: Interesse und Motivation bei Kindern im frühen Kindesalter. Untersuchungen zur Primärbegegnung mit Naturphänomenen im Vorschulalter. In: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP) (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Tagung für Didaktik der Physik, Chemie, 1999, Mittenbach / Bergstraße 2000 (Zur Didaktik der Physik und Chemie. 20), S. 32–44

- Lück, Gisela: „Vom Sinn der Sinne“ und der Bedeutung der Sprache im Vermittlungs- und Lernprozess. In: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP) (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Tagung für Didaktik der Physik, Chemie, 1998, Essen. Alsbach / Bergstraße 1999. (Zur Didaktik der Physik und Chemie. 19), S. 112–114
- Mähler, Claudia: Naive Theorien im kindlichen Denken. In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 31 Jg., H. 2, 1999, S. 53–66.
- Murmann, Lydia: Physiklernen zu Licht, Schatten und Sehen. Berlin: Logos 2002
- Piaget, Jean: Weltbild des Kindes. Frankfurt a.M.: Klett Cotta 1981
- Schrempf, Inge / Sodrian, Beate: Wissenschaftliches Denken im Grundschulalter. Die Fähigkeit zur Hypothesenprüfung und Evidenzevaluation im Kontext der Attribution von Leistungsergebnissen. In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, H. 31, 1999, S. 67–77
- Stern, Elisabeth: Lernen – der wichtigste Hebel der geistigen Entwicklung. In: Universitas – Orientierung in der Wissenschaft. Nr. 683; Mai 2003a. S. 454–464
- Stern, Elisabeth: Lernen – der wichtigste Hebel der geistigen Entwicklung. In: Universitas – Orientierung in der Wissenschaft. Nr. 684; Juni 2003b. S. 567–582
- Wagenschein, Martin: „... zäh am Staunen“. Pädagogische Texte zum Bestehen der Wissenschaftsgesellschaft. Zusammengefasst und herausgegeben von Horst Rumpf. Seelze-Verl.: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung 2002
- Wagenschein, Martin: Kinder auf dem Wege zur Physik. Neuauflage Weinheim / Basel: Beltz 1990
- Wagenschein, Martin: Erinnerungen für morgen. Weinheim / Basel: Beltz 1989

Aus:

KAISER, A. / PECH, D. [Hrsg. (2008)]: Basiswissen Sachunterricht: Lernvoraussetzungen und Lernen im Sachunterricht. – 2. Aufl. – Hohenheim, S. 45-53.