

Wie experimentieren Kinder und was denken sie sich dabei?

1. Experimentieren und Scientific Literacy

Experimente im Sachunterricht sind momentan sehr beliebt: So werden in manchen Bildungsplänen, z.B. Baden-Württemberg, bestimmte Experimente verbindlich vorgegeben, es sind zahlreiche „neue“ Experimentieranleitungen publiziert worden oder im Internet zu finden und es gibt entsprechende außerschulische Lernangebote. Inwiefern diese Materialien und Angebote einen Einfluss auf das Unterrichtsgeschehen haben, ist weniger untersucht. Die wenigen Studien zur Implementierung in den Unterricht zeigen die Schwierigkeiten bei der Integration naturwissenschaftlicher Themen in den Sachunterricht. Neben Aspekten wie fehlender Ausstattung zum Experimentieren oder organisatorischen Hindernissen ist das geringe Zutrauen in die eigenen naturwissenschaftlichen Fähigkeiten vieler Lehrkräfte (speziell im Bereich der Chemie und Physik) wohl ein wesentlicher Hinderungsgrund (u.a. Landwehr 2002, de Jong, Korthagen & Wubbels 1998).

Entscheidend im Zusammenhang mit Kompetenzentwicklung ist, dass es nicht darauf ankommt, möglichst oft zu experimentieren, sondern vor allem auf die Art und Weise, wie Experimente in den Unterricht integriert werden. Aus den weiterführenden Schulen ist aus verschiedenen Untersuchungen bekannt, dass Experimente im Allgemeinen weder das Interesse besonders anregen noch zu einem tieferen naturwissenschaftlichen Verständnis führen (Hofstein & Lunetta 2004). Wesentlich dafür ist der typische Ablauf des Experimentierens im naturwissenschaftlichen Unterricht, der häufig eher an ein „Nachkochen“ von detailliert beschriebenen Vorschriften erinnert, als dass Schüler/innen dabei z.B. Gelegenheit bekommen, die Problemstellung zu durchdringen, selbstständige Lösungsstrategien zu entwickeln, oder ihnen genügend Zeit für die Auswertung und die Wiederholung in variierenden Kontexten zur Verfügung gestellt wird. Genau solche Rahmenbedingungen werden aber als entscheidend angesehen, um durch experimentelle Lernarrangements die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Sinne

von Scientific Literacy zu unterstützen (vgl. z.B. Evans & Koballa 2002, S. 126ff., Prenzel & Parchmann 2003).

Das Bildungskonzept Scientific Literacy betont Fähigkeiten, die mit der Nutzung von Wissen in realen Situationen des Alltags (und der Gesellschaft) verknüpft sind und die Grundlage für eine Teilhabe an einer von Naturwissenschaft und Technik geprägten Gesellschaft darstellen (Oelkers 1997). Die Entwicklung von Scientific Literacy wird dabei als kumulativer Prozess verstanden, der in der frühesten Kindheit beginnt und im Verlauf der Schulzeit (systematisch) weiterentwickelt wird. Die erworbenen Grundlagen erleichtern eine Einordnung von neuen Wissensbeständen sowie ein Weiterlernen. Viele Aspekte dieses Grundbildungskonzeptes decken sich mit Zielen des Sachunterrichts, z.B. Kinder zu unterstützen, ihre Lebenswelt zu erschließen und mitzugestalten sowie anschlussfähiges Wissen zu erwerben.

Welche anschlussfähigen Kompetenzen können im Zusammenhang mit dem Experimentieren entwickelt werden? Beantwortet man die Frage hinsichtlich der fachlichen Anschlussfähigkeit, so werden beim Experimentieren neben dem Kompetenzbereich Fachwissen vor allem Kompetenzen wie Beobachtung, Hypothesenbildung, Versuchsplanung und Auswertung aufgeführt (vgl. Hamann 2004). Anders – aus einer stärker subjektzentrierten Perspektive – könnte man die Kompetenzen umschreiben als die Fähigkeit,

- Regelhaftigkeiten wahrzunehmen, Phänomene genau zu beobachten, Fragen zu stellen, Vermutungen zu formulieren,
- eigene Vermutungen in Frage zu stellen und zu überprüfen, Ursachen auf die Spur zu kommen,
- Tätigkeiten zu dokumentieren, aus Beobachtungen Schlüsse zu ziehen, Erkenntnisse mitzuteilen und zu begründen.

Die Bildungskonzeption Scientific Literacy umfasst neben den Sach- oder Fachkompetenzen auch epistemische Kompetenzen und ein Verständnis der Natur der Naturwissenschaften. Mögliche Aspekte der Erkenntnisgewinnung, die für die Grundschule relevant sein könnten, sind z.B. die Planung geeigneter Experimente, die Grenzen von Aussagen oder Experimenten sowie Fragen nach dem Forschen von Forschern und dem Forschen von Kindern. Abgesehen vom Bildungswert scheint ein besseres Verständnis der Wege der Erkenntnisgewinnung sowie der Nutzung und Anwendbarkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse auch das weitere inhaltliche Lernen positiv zu beeinflussen (Sodian, Thoermer, Kircher, Grygier & Günther 2002).

Experimentieren wird häufig als eine (hoch entwickelte) Methode der Erkenntnisgewinnung bezeichnet; Zielorientierung und Verfahrensaspekte werden dabei als charakteristisch herausgestellt. Wissenschaftlerinnen und Wis-

senschaftler stellen beim Experimentieren Beziehungen zwischen Handlungen und Gedanken her, indem sie sowohl Überlegungen und Einfälle – durchdacht oder intuitiv – in praktische Handlungen überführen als auch indem sie praktische Erfahrungen und Beobachtungen nutzen, um Vorstellungen bzw. Theorien weiter zu entwickeln. Der Wechsel zwischen Denken und Handeln, Fragen und Beobachten ist beim Experimentieren kein einmaliger Ablauf, sondern eine schrittweise und immer wieder durchlaufene Annäherung, die im Nachhinein mit Umwegen und Irrtümern behaftet zu sein scheint und letztlich Erkenntnis generiert. Beim explorativen wissenschaftlichen Experimentieren erfolgt der Wechsel zwischen Denken und Handeln probierend, sammelnd und durchaus auch unsystematisch oder intuitiv. Beim hypothesenprüfenden wissenschaftlichen Experimentieren ist Genauigkeit im Hinblick auf gezieltes Variieren bestimmter Parameter und das Konstanthalten anderer wesentlich.

Bezüglich der Zusammenhänge zwischen dem praktischen Tun und Denken beim Experimentieren bieten sich didaktisch motivierte Forschungsfragen an. So wurde in verschiedenen Studien die kognitive Fähigkeit von Kindern untersucht, Theorie und Evidenz aufeinander zu beziehen. Dies betrifft die grundlegende Frage, inwiefern Kinder über Voraussetzungen verfügen, Experimentieren als Vermittlungsstrategie zwischen gedanklichen Konstrukten und empirischen Befunden zu begreifen. Der überwiegende Teil der untersuchten Kinder traf Einschätzungen und Bewertungen, in denen sich das Verhältnis von konkurrierenden Theorien und empirischen Beobachtungen angemessen widerspiegelte (vgl. Günther, Kircher, Sodian & Thoermer 2003, S. 65). Davon zu unterscheiden ist die explizite Reflektion des Zusammenhangs.

Eine weitere Forschungsfrage betrifft die Qualität der Beziehungen, die Kinder zwischen Handlungen und Überlegungen im Rahmen eigenen praktischen Experimentierens herstellen. Diesbezüglich hat insbesondere Möller (z.B. Möller, Jonen, Hardy & Stern 2002) in mehreren Studien nachweisen können, dass Kinder in geeigneten Lernumgebungen zu eigenen Vermutungen Wege der gezielten experimentellen Überprüfung finden und ihre Vorstellungen über Zusammenhänge mit Bezug auf gemachte Beobachtungen substantiell begründen können (vgl. auch Köster 2003, S. 27).

2. Erkenntnisinteresse

Vor diesem Hintergrund gehen unsere Fragehaltungen in zwei Richtungen:

Zum einen untersuchen wir Alltagsvorstellungen zum Experimentieren. Das Spezifische an dieser Fragestellung ist, dass damit nicht Vorstellungen zu verschiedenen Gegenstandsbereichen in den Blick genommen werden, sondern Alltagsvorstellungen zu Prozessen untersucht werden. Gleichzeitig werden damit auch die Vorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften und speziell zum Experimentieren, zum Vorgehen von Forschern erfasst. Bisherige Forschungen in dieser Richtung zeigen, dass gerade jüngere Kinder Wissenschaft als ein Sammeln von Fakten oder Herumprobieren begreifen (vgl. Höttecke 2001). Weniger ist darüber bekannt, welche Vorstellungen bei typischen Schulversuchen, die den Aspekt der Erkenntnisgewinnung nicht explizit thematisieren, konstruiert werden.

Die zweite Fragestellung bezieht sich auf die Verbindung von Handeln und Denken. Wir haben vor diesem Hintergrund in unserer Untersuchung auf Zusammenhänge zwischen den geäußerten Überlegungen der Kinder und ihren Handlungen fokussiert, um die wechselseitigen Beziehungen, die sie herstellen, in den Blick zu nehmen.

3. Methode und Forschungsdesign

Die Pilotstudie ist so angelegt, dass deskriptiv Alltagsvorstellungen zum Experimentieren rekonstruiert werden können, die vor, während und nach den praktischen Phasen erhoben wurden. Quelle dieser Rekonstruktion sind

- Gruppendiskussionen (in Anlehnung an das Philosophieren mit Kindern)
- Beobachtungen aus den Experimentierphasen
- Einzelinterviews (teilstandardisiert).

Es wurden zwei Kindergruppen mit je vier Kindern (zwei Jungen und zwei Mädchen bzw. drei Jungen und ein Mädchen, Ende der zweiten Klasse) beim Experimentieren videographiert und befragt. Den Auskünften der Kinder nach hatten sie im Unterricht bislang noch nicht experimentiert. Beide Gruppen nahmen (in verschiedener Reihenfolge) an je einer Experimentiersequenz zur belebten Natur (Bohnenkeimung) und einer Sequenz zur unbelebten Natur (Eigenschaften von Luft) teil. Die Experimentiersequenzen liefen folgendermaßen ab:

1. Impulsgeschichte: Thematisierung des jeweiligen Inhaltsbereichs (Pflanzen bzw. Luft) in Form eines Kindergesprächs sowie die offene Frage, ob

durch Experimentieren Erkenntnisse über Luft bzw. Pflanzenwachstum gewonnen werden können.

2. Gruppendiskussion zum Experimentieren

Ausgewählte Nachfragen der Gruppendiskussionen:

- a. Habt ihr schon einmal experimentiert?
- b. Was für ein Experiment war das?
- c. Experimentiert ihr gerne?
- d. Wie würdet ihr einem jüngeren Kind erklären, was Experimentieren eigentlich ist?

3. Experimentierphase

4. Einzelinterviews

Ausgewählte Fragen der Einzelinterviews:

- a. Wie würdest du einem jüngeren Kind jetzt erklären, was Experimentieren bedeutet?
- b. Denkst du, dass Forscher so experimentieren, wie ihr es getan habt?
- c. Haben Forscher bestimmte Fragen, die sie untersuchen wollen, oder ist es eher zufällig, was sie herausfinden?

4. Ergebnisse

Im Folgenden sind ausgewählte Befunde zur Frage, was und wie Grundschulkinder zum Experimentieren denken, dargestellt. Die Vorstellungen bzw. Denkfiguren werden hier lediglich benannt, erläutert und mit Beispielen unterfüttert. Im zweiten Schritt wird das Verhältnis von Handlungen und Überlegungen genauer betrachtet.

4.1 Vorstellungen zum Experimentieren

Experimentieren ist Ausprobieren

Experimentieren ist dieser Vorstellung zufolge zufälliges, zielloses, theorieloses Rumprobieren. Es gibt keine im Hintergrund stehende Idee (vgl. Meyer & Carlisle 1996, Carey, Evans, Honda, Jay & Unger 1989). Aussagen der Kinder, die auf diese Vorstellung hinweisen, sind z.B.:

„Da muss man Sachen ausprobieren und so etwas, ob das überhaupt klappt oder so.“

„Man probiert Sachen aus, bis es geht, und findet heraus, wie es geht.“

Experimente werden durchgeführt, um etwas herauszufinden

Beim eigenen Experimentieren steht die Fragestellung häufig im Hintergrund oder wird bisweilen erst nachträglich mit der Handlung verbunden. Das Ziel, durch das Experimentieren etwas herausfinden zu wollen, unterstellen Kinder den Experimenten von Forschern allemal, dies kann zufällig oder an eine Fragestellung gebunden sein.

Beim forschendem Experimentieren geht es z.B. darum „[...] dass man neue Sachen erfindet, also rauskriegt.“

Man macht ein Experiment, „weil ich ja noch gar nicht richtig weiß, was Luft überhaupt ist.“ „Dann muss man's versuchen [...] dann muss man die Sachen dafür kriegen [...] wie Hitze entsteht. Das muss man rauskriegen. Und dann muss man auch darüber nachdenken [...] dann muss man vielleicht noch was dazu machen.“

„Manchmal haben die bestimmte Fragen, also manchmal finden sie auch irgendwas anderes heraus. Kann ja auch manchmal Zufall sein, dass die irgendwas raus finden.“

„Die müssen sich immer an den Plan halten, sonst geht was schief.“

„Ja, die finden nicht zufällig etwas raus, die haben bestimmte Fragen. Forscher haben Fragen, weil sie was Neues herausfinden wollen.“

„[...] um was Neues herauszufinden [...] weil man muss ja auch mal Neues herausfinden, damit nicht immer, damit was Neues auf die Erde kommt.“

Experimente sind spannend, abenteuerlich, nicht langweilig

Kinder verbinden mit Experimenten Spannung und Spaß als Motiv. Dabei ist das Spannende nicht die Beantwortung einer inhaltlichen Fragestellung, sondern viel mehr die Handlung als solche.

„Wie so eine Rakete startet oder so, dann musst du ja auch ein bisschen warten, weil ich hatte so mal, da brauchst du ne Flasche und einen Korken und das startet dann so wie eine Rakete und ein bisschen Backpulver rein. Und dann musst du ja auch warten, bis sich die ganzen Gase bilden und das hochschieben, da hast nie Langeweile.“

Spannung, keine Langeweile und Spaß ist nicht nur ein Beweggrund für die Kinder zu experimentieren. Sie nennen es auch als eine Motivation für Forscher/innen, Experimente durchzuführen: „Weil es ihnen (den Forscher/innen) Spaß bringt und weil sie was herausfinden wollen. Und sie wollen manchmal auch einfach keine Langeweile haben, dann machen sie das einfach.“

4.2 Verhältnis von Tun und Denken

Es schien uns auf den ersten Blick so, als seien die formulierten Überlegungen und durchgeführten Handlungen für die Kinder getrennte Welten.

Wir haben daher untersucht, in welcher Weise die Kinder während der Handlungsphasen auf (eigene) vorherige inhaltliche Äußerungen Bezug nehmen und inwiefern sie im Anschluss an die Handlungsphasen im Gespräch auf ihre Handlungserfahrungen Bezug nehmen, ohne dass dies gezielt unterstützt wird. Es ist zu berücksichtigen, dass die Vorgespräche in der Gruppe nicht der Planung der Versuche dienten: Die Impulsgeschichten thematisierten die Inhaltsbereiche (Luft bzw. Pflanzen) sowie die offene Frage, ob durch Experimentieren etwas herausgefunden werden kann; die abschließenden Einzelinterviews betrafen allgemeine Fragen zum Experimentieren und Forschen, z.B. wie die Kinder einem jüngeren Kind „Experimentieren“ erklären würden. Allerdings enthielt bei den Luftversuchen jede Aufgabenkarte die Frage, was das jeweilige Phänomen mit Luft zu tun habe, forderte also zum Sprechen darüber auf.

Erkenntnisorientierte Rückbezüge während der Handlungsphasen

Bei der videographierten Durchführung der Luftversuche waren keinerlei Bezüge auf die Inhalte der Gesprächsphasen erkennbar, die Kinder bezogen sich ausschließlich auf aktuelle Beobachtungen, Handlungen oder Handlungsabsichten. In keinem Fall thematisierten sie ihr Vorgehen im Hinblick auf zuvor besprochene Erkenntnisabsichten. Für die zu Hause durchgeführten Pflanzenversuche lässt sich diese Aussage nicht eindeutig treffen. In den Kommentaren der Kinder vor und nach der Hausaufgabe gab es jedoch keine Hinweise, dass konkrete Handlungsabsichten durch erkenntnisorientierte Überlegungen motiviert gewesen wären.

Handlungsreflexion im Interview

In den je zwei Einzelinterviews pro Kind, die nach den jeweiligen Versuchen stattfanden, kamen Bezugnahmen auf die eigenen Versuche im Kontext von zwei Interviewfragen vor. So beantworteten die Kinder die Frage „Wie würdest du einem jüngeren Kind jetzt erklären, was Experimentieren ist?“, indem sie Handlungsabläufe schilderten oder Beispiele für Experimente nannten. Dabei rekurrten nur fünf von acht Kindern neben einer Vielzahl anderer Beispiele auf die eigenen Versuche, davon ein Kind ausschließlich implizit: „Dass man so Sachen ausprobiert bis es geht also [...], und dass man heraus-

findet, wie das geht.“ Diese Aussage spiegelt die Handlungsstruktur der gerade durchgeführten Versuche wider.

Die anderen drei nannten Beispiele, die sich auf vorgestellte Tätigkeiten von Forschern bezogen und die sie zu derselben Frage bereits in die Gruppendiskussion vor der Handlungsphase eingebracht hatten, ohne jeglichen erkennbaren Bezug zu den eigenen Versuchen. Auf die Frage, ob Forscher so experimentieren würden, wie sie es zuvor getan hatten, antworteten die Kinder mit Verweis auf die unterschiedlichen Gerätschaften („Forscher haben mehr Geräte mit Strom“), andere Forschungsgegenstände oder planvolleres Vorgehen, indem sie vermutete Tätigkeiten von Forschern thematisierten. Drei Kinder gaben an, die (stärker systematisch angelegten) Pflanzenversuche würden eher der Vorgehensweise von Forscher/innen entsprechen.

5. Diskussion

Die rekonstruierten Alltagsvorstellungen zeigen eine Vielfalt von Denkfiguren zum Experimentieren, die z.T. auch widersprüchlich erscheinen. Das Forschen von Forscher/innen wird deutlich abgegrenzt vom eigenen Forschen.

Die Fähigkeit, Theorie und Beobachtung beim Experimentieren aufeinander zu beziehen, und ein implizit zum Tragen kommendes Verständnis dieses Verhältnisses ist von der expliziten Reflexion des Verhältnisses zwischen Theorie und Evidenz zu unterscheiden (vgl. Sodian et al. 2002). Insbesondere sollte nicht davon ausgegangen werden, dass auf diese Kompetenz in konkreten Experimentiersituationen selbstverständlich zurückgegriffen wird. Einige Untersuchungen verweisen auch darauf, dass Schüler/innen beim Experimentieren den Zusammenhang zwischen Theorie und Evidenz nicht herstellen. Stattdessen steht beim Experimentieren oft die Erzeugung von Effekten im Vordergrund (vgl. Carey et al. 1989). Die oben genannten Schüleräußerungen („Ausprobieren bis es klappt“ oder „an den Plan halten, sonst geht etwas schief“) können entsprechend interpretiert werden.

Viele Schulversuche legen die Vorstellung, einen bestimmten Effekt erzielen zu wollen, durchaus nahe. Auch die hier gewählten Luftversuche, die sich in vielen Experimentiermaterialien für die Grundschule wieder finden lassen, forderten ein konkretes Ergebnis, z.B. „Bringe das Gummibärchen unter Wasser, ohne dass es nass wird“ oder „Puste den Ballon so auf, dass er das ganze Glas ausfüllt“. Dieser Typ von Aufgaben fördert eher andere (und ebenfalls wichtige) Fähigkeiten als die, Überlegungen und Handlungen aufeinander abzustimmen. Hinsichtlich des Wissenschaftsverständnisses fallen durch die Lernumgebung nahe gelegte effektorientierte Sinnkonstruktionen

hinter die erhobenen Vorstellungen zum Experimentieren zurück („Ausprobieren“ bzw. „Herausfinden“). Hierbei handelt es sich zwar nicht um elaborierte, sehr wohl aber auch im Hinblick auf wissenschaftliches Experimentieren zutreffende Vorstellungen.

Orientiert man sich am Bildungskonzept Scientific Literacy, das epistemische Kompetenzen integriert, ist es notwendig, zum einen genauer in den Blick zu nehmen, welches Wissenschaftsverständnis typische Schulversuche transportieren, und zum anderen mit dem Zusammenhang von Erfahrung/Beobachtung einerseits und Theorie andererseits bei der Genese von Erkenntnis bewusst umzugehen.

Eng verbunden mit diesen bildungsorientierten Aspekten des Experimentierens ist eine hohe Wertschätzung argumentativer Auseinandersetzung und sachbezogener bzw. problembezogener Kommunikation. Es scheint fraglich, ob die Relevanz des Argumentierens und Diskutierens (nicht nur des Meinungsaustausches oder der unverbundenen Sammlung verschiedener Vermutungen und ihrer praktische Überprüfung) im Kontext der aktuell verbreiteten Hinwendung zu naturwissenschaftlichem Arbeiten mit Kindern als Kernelement wahrgenommen wird. Betont wird in der Regel eher die Erarbeitung fachbezogener naturwissenschaftlicher Aussagen (konzeptorientiertes Experimentieren) und die Thematisierung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen und planvollen und zielorientierten Handelns (Methodenkompetenz/verfahrensorientiertes Experimentieren). Zu den Kompetenzen einer naturwissenschaftlichen Bildung gehören aber neben dem Fach-/Sachwissen und der Erkenntnisgewinnung auch Kommunikationskompetenzen, was auch in den neu eingeführten naturwissenschaftlichen Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss zum Ausdruck kommt.

Uns erscheint es wichtig, genauer zu untersuchen, wie die angesprochenen Kompetenzen durch experimentelle Lernarrangements gefördert werden können. Es lohnt sich, an die Motivation von Kindern zu experimentieren, anzuknüpfen, und ihnen die Erfahrung zu ermöglichen, dass Experimentieren noch mehr sein kann als Spaß und keine Langeweile.

Literatur

- De Jong, O.; F. Korthagen & T. Wubbels (1998): Research on science teacher education in Europe: teacher thinking and conceptual change. In: B. Fraser & K.G. Tobin (Eds.): *International Handbook of Science education* Dordrecht: Kluwer: Academic Publishers, pp. 745-758.
- Evans, R. & T. Koballa (2002): Umsetzung der Theorie in die Praxis. In: W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Hrsg.): *Scientific Literacy*. Opladen: Leske + Budrich, S. 121-133.

- Carey, S.; R. Evans, M. Honda, E. Jay & C. Unger (1989): An experiment is when you try it and see if it works. A study of junior high school students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, pp. 514-529.
- Grygier, P.; J. Günther, E. Kircher, B. Sodian & C. Thoermer (2003): Unterstützt das Lernen über Naturwissenschaften das Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten im Sachunterricht? In: D. Cech & H.-J. Schwier (Hrsg.): *Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 59-76.
- Hamann, M. (2004): Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *MNU* 57/4, S. 196-203.
- Hofstein, A. & V. Lunetta (2004): The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, pp. 28-54.
- Höttecke, D. (2001): Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der "Natur der Naturwissenschaften". *ZfDN*, 7, S. 25-32.
- Köster, H. (2003): Kinder erleben Naturphänomene mit allen Sinnen. *Praxis Grundschule*, 26, H.4, S. 24-27.
- Meyer, K. & R. Carlisle (1996): Children as Experimenters. *International Journal of Science Education*, 18, pp. 231-248.
- Möller, K.; A. Jöns, I. Hardy & E. Stern (2002): Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.): *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen*, 45. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik, S. 176-191.
- Landwehr, B. (2002): Die Distanz von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik. Eine qualitativ-empirische Studie zu den Ursachen. Berlin: Logos.
- Oelkers, J. (1997): How to define and justify scientific literacy for everyone. In: W. Gräber & C. Bolte (Hrsg.): *Scientific Literacy*. Kiel: IPN S. 87-101.
- Prenzel, M. & I. Parchmann (2003). Kompetenz entwickeln. Vom naturwissenschaftlichen Arbeiten zum naturwissenschaftlichen Denken. *NiU-Chemie*, 14, (76/77), S. 15-19.
- Sodian, B.; C. Thoermer, E. Kircher, P. Grygier & J. Günther (2002): Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. In: M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.): *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen*. 45. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik, S. 192-206.