

Frühes naturwissenschaftliches Lernen

ANDREAS HARTINGER

Naturwissenschaftliches Lernen ist sicherlich einer der Bereiche, der für viele Menschen aufgrund der schulischen Erfahrungen mit unangenehmen Erinnerungen verknüpft ist. Dies gilt im Durchschnitt für Mädchen und Frauen noch mehr als für Jungen und Männer (vgl. FRANZ 2008, S. 74). Daher ist in Kindertagesstätten und Grundschulen, in denen deutlich mehr Erzieherinnen bzw. Lehrerinnen als Erzieher und Lehrer tätig sind, durchaus eine gewisse Distanz zu diesem Lernbereich zu erwarten. Unabhängig davon ist es natürlich völlig berechtigt nachzufragen, ob es denn insbesondere im Kindergarten schon »sein muss«, dass den Kindern naturwissenschaftliches Lernen »zugemutet wird«.

Die Kernbotschaft dieses Beitrags soll nun sein (so weit dies möglich ist, durch Forschungsbefunde belegt) aufzuzeigen, warum solche gezielten naturwissenschaftlichen Lernprozesse nicht nur »keine Zumutung« für Kinder im Kindergartenalter sind, sondern wichtige Lernchancen darstellen, die von der Mehrzahl der Kinder gewünscht, geschätzt und genutzt werden. Dazu werde ich im ersten Teil des Beitrags zunächst grundlegend darstellen, welche Ziele man aktuell mit einer (frühen) naturwissenschaftlichen Bildung anstrebt. Dabei hoffe ich deutlich machen zu können, dass hier große Unterschiede zu dem bestehen, was vermutlich viele von uns mit dem Physik- oder Chemieunterricht der Sekundarstufe verbinden, und dass diese allgemeinen Ziele höchst anschlussfähig zum Lernen im Kindergartenalter sind. Im zweiten Kapitel möchte ich einige Befunde zu den Lernvoraussetzungen bzgl. des naturwissenschaftlichen Lernens von jungen Kindern aufzeigen. Die empirische Befundlage ist hier zwar immer noch etwas dünn – inzwischen gibt es jedoch bereits einige Ergebnisse aus verschiedenen Studien, die zeigen, was Kinder schon leisten können (und wollen) und wie sie gut weiter zu fördern sind. Abschließend sollen auf dieser Grundlage einige Prinzipien für das naturwissenschaftliche Lernen im Übergang zwischen Kindertagesstätte und Grundschule dargestellt und diese anhand einiger Beispiele illustriert werden.

1. Grundziele des naturwissenschaftlichen Lernens bzw. der naturwissenschaftlichen Bildung

Wenn man das (naturwissenschaftliche) Lernen der Kinder ernst nimmt, dann muss man zwei Fragen klären: 1) Inwieweit ist das, was die Kinder hier lernen, passend zu ihren aktuellen Wünschen, Interessen, Fragen und Lernbedürfnissen? und 2) Inwieweit ist das, was die Kinder hier lernen, anschlussfähig an das weitere (im günstigen Fall an das lebenslange) Lernen in diesem Bereich?

Zur zweiten Frage gibt es meines Erachtens eine gute Orientierung. Sie kommt aus Überlegungen zum Sachunterricht der Grundschule. Als weitgehend anerkannt gelten hier folgende Ziele des Sachlernens (diesen Begriff sollte man hier zunächst einmal weit fassen) (vgl. GÖTZ ET AL. 2007, S. 19; KAHLERT 2009, S. 25 ff.):

- Verstehen unterstützen
- Sachlichkeit fördern
- Selbstständiges Aufbauen und Erweitern von Wissen eröffnen
- Interessen auf- und ausbauen
- Zum Handeln ermutigen

Diese Ziele sind einerseits so anspruchsvoll, dass sie auch für weiterführendes naturwissenschaftliches Lernen (z. B. beim Studium eines entsprechenden Fachs) noch Gültigkeit haben können, auf der anderen Seite sind sie jedoch so grundlegend, dass sie auch für das Lernen im Elementarbereich richtig und wichtig sind. Für das Anliegen dieses Beitrags sind sie mir wichtig, weil sie eine gute Orientierung dafür geben können, was, warum und wie im frühen naturwissenschaftlichen Lernen geschehen könnte und sollte (vgl. dazu auch GDSU; erscheint voraussichtlich 2013).

Verstehen unterstützen:

Das Verstehen geht über das reine Faktenwissen hinaus. Es bedeutet, dass man in der Lage ist, Verbindungen zu ziehen und sich einen Sachverhalt gedanklich vorzustellen. Allerdings kann man natürlich nur etwas verstehen, wenn man über ein grundlegendes Faktenwissen zu einem Thema verfügt. Wichtig ist dabei, dass man beim Verstehen auch in der Lage ist, »Sachverhalte auf etwas Einfacheres oder schon Bekanntes zurückzuführen« (KÖHNLEIN 2011, S. 502). Das Verstehen einer Sache beginnt also häufig mit dem Vergleich des Neuen mit schon Bekanntem. Das erfordert ein bewusstes Nachdenken über einen Sachverhalt. Ohne an dieser Stelle schon zu stark auf Maßnahmen eingehen zu wollen, dennoch hier schon mal so viel: Es geht beim frühen naturwissenschaftlichen Lernen daher nicht nur darum, dass Kinder bestimmte Erfahrungen machen können (durch Experimentierecken, »Versuche der Woche« o. Ä.), sondern dass auch Platz für das Nachdenken und das gemeinsame Sprechen darüber geschaffen wird.

Ich mag an einem Beispiel noch kurz aufzeigen, dass es bereits im elementaren naturwissenschaftlichen Lernen um Verstehensprozesse gehen kann, die für weiteres Lernen grundlegend sind, und die als Konzepte alles andere als simpel sind. So ist es beispielsweise eine wichtige Erkenntnis, dass beim Einrühren löslicher Stoffe (z. B. Salz oder Zucker) in Wasser diese Stoffe nicht verschwinden, auch wenn es so aussieht. Das Konzept der Erhaltung (also die Vorstellung, dass nichts einfach so verschwinden kann), das in diesem einfachen Vorgang verstanden

werden kann, ist eines der zentralen Basiskonzepte unserer modernen Naturwissenschaft (vgl. SPRECKELSEN 2001, S. 96).

Sachlichkeit fördern:

Der Begriff »Sachlichkeit« kann vielleicht falsch verstanden werden. Es geht hier um eine Grundhaltung, um die Haltung, über das eigene Erleben hinaus Gegenstände, Sachverhalte, Phänomene aber auch soziale Beziehungen u. Ä. sachlich zu betrachten – und das bedeutet, dass man sich nicht von eigenen Gefühlen, Vorurteilen. . . leiten lässt. Sachlichkeit bedeutet jedoch nicht, dass man den Gegenständen (oder Sachen) emotionslos begegnet. Die eigenen Gefühle haben natürlich ihren Platz; Sachlichkeit bedeutet jedoch, a) dass man akzeptiert, dass die eigene Sicht der Dinge nicht die einzig mögliche und sinnvolle ist, und b) dass man die eigenen Gefühle und Sichtweisen gegebenenfalls auch prüft (vgl. dazu auch KÖHNLEIN 2011, S. 495 f.).

Gruppengespräche können dazu sehr hilfreich sein. Wenn hier die Kinder ihre Erfahrungen oder Vermutungen mit denen anderer Kinder (oder denen der Erzieher/-innen bzw. Lehrer/-innen) vergleichen, findet eine Erziehung zur Sachlichkeit statt, da die Kinder hiermit gezielt über ihren eigenen Horizont hinaus denken. Besonders interessant wird es natürlich, wenn unterschiedliche Erfahrungen, Meinungen o. Ä. existieren, die dann vielleicht auch nicht vereinheitlicht werden können oder sollten. Das Akzeptieren solcher anderer Einschätzungen ist – auch, aber nicht nur, in der Überwindung von egozentrischen Haltungen – eine zentrale Entwicklungsaufgabe für Kinder im Kindergartenalter (vgl. z. B. MIETZEL 2002, S. 185).

Selbstständiges Aufbauen und Erweitern von Wissen eröffnen:

Naturwissenschaftliches Wissen ist in unserer technisierten Welt von größter Bedeutung. Von daher gibt es immense Forschungsbemühungen, die dazu führen, dass das Wissen hier fast explosionsartig anwächst. Somit kann man (auch wenn man den Bildungsprozess bis zum Abitur oder einem entsprechenden Hochschulabschluss betrachtet) nicht davon ausgehen, dass es genügt, einen »Koffer voll Wissen« zu haben, den man bei Bedarf »auspackt«. Vielmehr ist die Fähigkeit, sich selbstständig belastbares Wissen aufzubauen, ein wichtiges Bildungsziel. Diese Fähigkeit betrifft für das naturwissenschaftliche Lernen neben recht allgemeinen Kompetenzen (wie z. B. das Lernen des Lernens) auch speziellere, wie z. B. die Fähigkeit, ein Problem oder eine Frage durch Ausprobieren und Experimentieren klären zu können.

Selbstverständlich kann es im Elementarbereich nicht vorrangig darum gehen, dass Kinder in die Lage versetzt werden sollen, selbstständig Experimente zu entwickeln, mit denen eine bestimmte allgemein gültige Hypothese bestätigt oder abgelehnt werden kann. Sicherlich können aber schon erste Grundfähigkei-

ten wissenschaftlichen Arbeitens angebahnt werden, wie z. B. das genaue Betrachten, das Sammeln, das Vergleichen oder das Ordnen.

Interessen auf- und ausbauen:

Mit diesem Ziel begeben wir uns auf die motivationale und emotionale Ebene des Lernens. Wenn man sich aus Interesse mit etwas beschäftigt, dann tut man dies freiwillig, mit positiven Gefühlen und v. a. auch erkenntnisorientiert: Man will über den Interessengegenstand mehr wissen (vgl. z. B. LOHRMANN & HARTINGER 2011). Von daher sind Interessen auch in der Verbindung mit dem selbstständigen Wissenserwerb von hoher Bedeutung. Wenn man sich für einen Gegenstand interessiert, dann ist es deutlich wahrscheinlicher, dass man an diesem Gegenstand »dran bleibt«. Verschiedene Untersuchungen haben auch gezeigt, dass Sachen deutlich besser verstanden werden, wenn sie aus Interesse gelernt wurden (vgl. zusammenfassend ebd.).

Man weiß heute, dass bestimmte Interessen aber auch andere Haltungen und Einstellungen gegenüber Themengebieten oft schon in der Kindheit angelegt werden (vgl. PRENZEL, LANKES & MINSSEL 2000, S. 24). Auch berichten viele Menschen, die einen naturwissenschaftlichen Beruf ergriffen haben, dass Erlebnisse in ihrer frühen Kindheit wichtig für ihr Interesse in diesem Bereich waren (vgl. LÜCK & RISCH 2007, S. 81).

Ich werde auf die Interessen von Kindern in diesem Alter und auf die Förderung von Interessen weiter unten noch genauer eingehen. An dieser Stelle sei jedoch schon einmal betont, dass es viele verschiedene Möglichkeiten gibt, die interessierte Haltung der Kinder, die sie überwiegend haben, zu unterstützen. Häufig genügt es schon, Möglichkeiten zu schaffen, in denen die Kinder Gelegenheit haben, Dinge zu erkunden, wie z. B. bei kleinen Erkundungsgängen (das muss gar nicht besonders systematisch sein – man schaut sich einfach einmal genauer an, was irgendwie besonders ist, wie z. B. einen riesigen Pilz, eine Pflanze, die auf dem Wasser schwimmt oder einen Stein, der unterschiedliche Farben aufweist) oder bei kleinen Experimenten mit den Dingen des Alltags (z. B. Versuche mit Licht und Schatten, oder kleine Experimente zum Schwimmen und Sinken). Die Wertschätzung für die kindlichen Fragen und Entdeckungen zeigt sich oft vor allem darin, dass ihnen dafür auch die Zeit und Ruhe zugestanden wird. Lob oder gar Belohnungen sind dann hingegen kaum wichtig (vgl. HARTINGER 2003, S. 118). Kinder sind durch ihre angeborene Neugier bereits intrinsisch motiviert – Beschäftigung mit der Sache selbst ist dann schon Belohnung genug.

Zum Handeln ermutigen:

Träges Wissen, also ein Wissen, das man nicht im »täglichen Leben« anwenden kann, will niemand unterstützen – auch wenn es leider genügend Untersu-

chungen gibt, die zeigen, dass das in unserem Bildungswesen immer noch häufig geschieht (vgl. dazu z. B. EINSIEDLER 2011). Daher ist es das Ziel naturwissenschaftlicher Bildung, dass man sein Wissen verantwortlich anwenden kann – dies betrifft dann letztlich auch Themen von gesellschaftlicher Bedeutung, wie z. B. bei Fragen des Umweltschutzes oder einer gesunden Ernährung.

Im Elementarbereich geht es natürlich noch nicht um einen umfassenden Umgang mit solchen grundlegenden und umfassenden »Schlüsselproblemen« (KLAFFKI 1992, S. 18). Allerdings können Einzelaspekte, wie z. B. zur gesunden Ernährung hier durchaus schon berücksichtigt werden – und gewinnen auch eine eigene Qualität, wenn sie durch eine naturwissenschaftliche Zugangsweise erklärt werden und in Begründungszusammenhängen stehen und nicht nur als Vorgaben von den Erwachsenen übernommen werden müssen.

Der Begriff »Handeln« bedeutet ein selbstbestimmtes, zielgerichtetes und planvolles Tun. Dies kann man schon im Kindergartenalter erproben, z. B. bei kleinen Konstruktionsaufgaben, beim Erstellen einer kleinen Sammlung oder auch im alltäglichen Leben, wie z. B. beim Trennen von Müll und Vermeiden von Abfällen.

Scientific Literacy:

Gut zusammengefasst finden sich die meisten dieser Zielvorstellungen auch unter dem Begriff der scientific literacy (vgl. z. B. GRÄBER, NENTWIG, KOBALLA & EVANS 2002). Scientific literacy ist die Vorstellung von naturwissenschaftlicher Bildung, an der sich die großen internationalen Vergleichsstudien wie IGLU oder PISA orientiert haben. Grundlegend ist hier die Idee, dass naturwissenschaftliche Kompetenzen – ähnlich wie lesen, schreiben oder rechnen – als Kulturtechnik in unserer durch Naturwissenschaften und Technik geprägten Welt erforderlich sind. Folgende Teilkompetenzen sind in dieser Zielvorstellung enthalten:

- Verständnis naturwissenschaftlicher Begriffe und Prinzipien
- Verständnis naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden und Denkweisen
- Verständnis der »Nature of Science« (z. B. Was kann man durch Naturwissenschaften erfahren und was nicht?)
- Verständnis der Beziehungen der Naturwissenschaften zur Gesellschaft (insbesondere die Frage: Welche Auswirkungen haben der naturwissenschaftliche und technische Fortschritt?)

Auch wenn es dazu noch keine Langzeitstudien gibt, und es wichtig wäre, hier die Forschungsbemühungen zu verstärken, um zu gesicherten Fördermaßnahmen zu kommen (vgl. dazu z. B. ROßBACH & FRANK 2008), ist es meiner Meinung nach sehr plausibel, dass ein solch umfassendes Verständnis von naturwissen-

schaflichem Lernen genau dann unterstützt wird, wenn Kinder bereits im frühen Alter zwar zielorientiert (z. B. bzgl. einfacher naturwissenschaftlicher Verfahren oder grundlegender Konzepte), zugleich aber orientiert an eigenen Erfahrungen, Erlebnissen und Interessen ihre ersten Erfahrungen mit dem naturwissenschaftlichen Lernen machen können. Ein interessanter Ansatz sind in diesem Zusammenhang die »National Science Education Standards« (NATIONAL RESEARCH COUNCIL 1996). Hier wird – unterteilt in acht Bereiche, wie z. B. Basiskonzepte, Physik, naturwissenschaftlicher Wissenserwerb oder Geschichte und Wesen der Naturwissenschaften – eine Art naturwissenschaftliche Kompetenzentwicklung vom vierten Lebensjahr bis zum Ende des zwölften Schuljahres beschrieben. Damit wird dann auch deutlich, dass eine wichtige Grundlage fehlt, wenn die Kinder im Vorschulalter nicht entsprechende Lerngelegenheiten hatten. Im deutschsprachigen Raum gibt es einige wichtige Überlegungen dazu, die unter dem Begriff des »anschlussfähigen Wissens« oder des »anschlussfähigen Denkens« das naturwissenschaftliche Lernen im Elementarbereich unter die Lupe nehmen (vgl. z. B. HARDY & KEMPERT 2011).

2. Voraussetzungen der Kinder im Vorschulalter

In diesem Kapitel möchte ich darstellen, dass – entgegen früherer Meinungen – Kinder im Kindergartenalter in einer entwicklungs- und lernpsychologisch günstigen Phase für das naturwissenschaftliche Lernen sind. Man kann es folgendermaßen zusammenfassen: Die meisten Kinder in diesem Alter sind an naturwissenschaftlichen Inhalten, Themen und Verfahren sehr interessiert und sie haben günstige kognitive Lernvoraussetzungen.

Interesse an Naturwissenschaften:

Ich habe oben bereits kurz dargestellt, dass man von Interesse dann sprechen kann, wenn die Beschäftigung einer Person mit einem Gegenstand freiwillig und gerne geschieht und zudem auf Erkenntnisse ausgerichtet ist. Durch das Merkmal der Erkenntnisorientierung kann man Interessen dann auch von anderen Tätigkeiten, die man einfach nur »gerne macht« unterscheiden. Interessen entwickeln und verändern sich im Laufe des Lebens. Als allgemeine Tendenz konnte man dabei feststellen, dass sich jüngere Kinder grundsätzlich für sehr viele Bereiche des Lebens interessieren. Der Interessenforscher EBERHARD TODT (1978) spricht von einem »universellen Interesse« junger Kinder. Dieses Interesse differenziert sich im Laufe der Entwicklung aus – mit zunehmenden Alter hat man dann weniger Interessen, diese sind jedoch ausgeprägter, zumeist recht bewusst und damit auch identitätsprägend.

Schon aufgrund dieses universellen Interesses kann man erwarten, dass Kinder auch an naturwissenschaftlichen Themen und Fragestellungen Interesse haben. Dies bestätigt sich auch in einer Studie von GISELA LÜCK (2003). Sie konnte

darüber hinaus jedoch feststellen, dass das Interesse vieler Kinder an naturwissenschaftlichen Versuchen so groß war, dass sie diese Versuche durchführten, obwohl gleichzeitig sehr attraktive Alternativen, wie z. B. verschiedene sportliche Angebote oder Plantschen im Freien, angeboten wurden (LÜCK 2003, S. 57). Bemerkenswert ist zudem der Befund, dass auch verhaltensauffällige Kinder, Kinder aus sozial benachteiligten Elternhäusern und behinderte Kinder ein recht hohes Interesse für naturwissenschaftliches Lernen aufweisen (ebd., S. 62 ff.). Man kann also hier spannende Angebote machen, die gerade für solche Kinder wichtig sind, die zu Hause evtl. damit in Berührung kommen.

Dieses Ergebnis ist meiner Meinung nach ein echter Hinweis darauf, dass es »kindgerecht« ist, wenn auch in Kindertagesstätten naturwissenschaftliche Angebote gemacht werden. Man muss demnach keine Sorge haben, dass solche Versuche eine unangemessene Verschulung des Elementarbereichs bedeuten.

Kognitive Voraussetzungen:

Es gibt Befürchtungen, dass eine naturwissenschaftliche Bildung, die über reine Erfahrungen hinaus geht, für Kinder im Kindergartenalter zu früh kommt und diese damit überfordert sind. Solche Überlegungen sind natürlich wichtig – es gibt jedoch inzwischen einige empirische Befunde, die dagegen sprechen. So stellte sich heraus, dass sogar schon Säuglinge eine Art intuitives Verständnis für Naturphänomene haben (vgl. zusammenfassend z. B. LÜCK & RISCH 2007, S. 82). Allerdings ist dieses Verständnis für Naturphänomene sehr stark abhängig von den (sinnlich wahrnehmbaren) Erfahrungen der Kinder. Dies gilt auch für Kinder im Kindergartenalter. Aus diesem Grund können die meisten Kinder z. B. gut zwischen den Aggregatzuständen »fest« und »flüssig« unterscheiden und dann auch Prozesse des Schmelzens und Gefrierens angemessen verstehen und beschreiben. Deutlich schwieriger ist es für sie dagegen, den gasförmigen Zustand und die dazugehörigen Prozesse (z. B. beim Verdampfen/Verdunsten oder Kondensieren von Wasser) zu verstehen. Erklären lässt sich dies dadurch, dass der gasförmige Zustand deutlich weniger gut (sinnlich) wahrnehmbar und erfahrbar ist (vgl. z. B. STEFFENSKY, NÖLKE & LANKE 2011).

Auch andere Studien zeigen, dass Kinder in diesem Alter einiges an Vorwissen haben, das durch gezielte Maßnahmen gut förderbar ist. STEFFENSKY und Kolleginnen (vgl. ebd.) teilen die Vorstellungen von Kindern in drei Kategorien ein. Sie unterscheiden zwischen

- nicht anschlussfähigen Vorstellungen
- anschlussfähigen Vorstellungen und
- altersangemessenen wissenschaftlichen Vorstellungen

Zum Verdunsten einer Wasserpflütze wäre z. B. nicht anschlussfähig, dass die Autoreifen das Wasser aufsaugen; anschlussfähig wäre, dass die Sonne die Pflütze

trocknet, und altersangemessen wissenschaftlich, dass eine Pfütze dann schnell trocknet, wenn es warm ist (vgl. ebd. S. 113). In ihrer Studie stellten sie dann fest, dass ca. 60% der befragten Vorschulkinder mindestens anschlussfähige Vorstellungen zum Thema Schmelzen hatten, beim Verdunsten waren es immerhin noch fast 50% (vgl. ebd. S. 114). In einer anderen Studie der gleichen Forschergruppe zeigte sich, dass ebenfalls fast 50% der Kinder in der Lage waren, einfache alltagsnahe Phänomene zu erklären (wie z. B. Wie kommt das Wasser beim Kochen an den Deckel?) und immerhin schon 13% eine gewisse Vorstellung vom Experimentieren als Variation von Bedingungen haben (CARSTENSEN, LANKES & STEFFENSKY 2010). Auch in einer Untersuchung von BEATE SODIAN und Kolleginnen, zeigte sich, dass Kinder im Vor- und Grundschulalter bereits Fähigkeiten haben, die sie zum grundlegenden naturwissenschaftlichen Denken und Experimentieren befähigen, wie z. B. die Anordnung eines einfachen Experiments zur Testung einer Hypothese (SODIAN, KOERBER & THOERMER 2006, S. 14).

Ein weiterer Befund unterstützt die grundsätzlich guten Lernvoraussetzungen der Kinder. GISELA LÜCK konnte in einer Studie zeigen, dass sich Kindergartenkinder naturwissenschaftliche Inhalte lange Zeit gut merken konnten. In ihrer Untersuchung befragte sie die Kinder nach einem halben Jahr zu »Aufbau, Durchführung und Deutung des Experiments« (LÜCK & RISCH 2007, S. 81). Etwa 30% der Kinder konnten sich ohne Hilfestellungen an alles, also auch an die naturwissenschaftliche Erklärung, erinnern. Weitere rund 20% konnten sich daran erinnern, wenn man ihnen eine kleine Hilfestellung gab.

Zusammengefasst kann man nach diesen Befunden festhalten, dass Kinder grundsätzlich das Potential haben, bestimmte naturwissenschaftliche Vorgänge und Konzepte angemessen aufzubauen, dass es deutliche Unterschiede zwischen den Kindern im Kindergarten gibt, dass man aber sicherlich aufpassen muss, Kinder im Kindergartenalter bzgl. ihrer Vorkenntnisse generell zu unterschätzen.

3. »Prinzipien« und Beispiele für das frühe naturwissenschaftliche Lernen

In einem Überblicksbeitrag zum frühen naturwissenschaftlichen Lernen stellt KERSTIN MICHALIK (2010, S. 95) dar, dass hier grob zwischen zwei grundsätzlichen Zugeweisen unterschieden werden kann. Auf der einen Seite gibt es Vorschläge, die gezielt Anregungen zum kindlichen Experimentieren geben (hier sind v. a. die Arbeiten von GISELA LÜCK in Kindertagesstätten inzwischen recht bekannt – z. B. 2003). Auf der anderen Seite stehen Konzepte, deren Anspruch es ist, dass sich die Kinder – ausgehend von ihren Erfahrungen – eher offen und selbstbestimmt mit Naturphänomenen auseinandersetzen (bekannt sind hier v. a. die Überlegungen und Forschungsaktivitäten von GERD E. SCHÄFER, z. B. 2011). Gemeinsam ist beiden Ansätzen jedoch, dass versucht wird, eine anregungsreiche Lernumgebung zu schaffen, und dass die Vertreter/-innen bei-

der Ansätze der grundsätzlichen Meinung sind, dass Kinder in der Lage und willens sind, naturwissenschaftlich zu denken und zu handeln.

Inwieweit es sinnvoll ist, den Kindern solche gezielten Angebote zu machen, ist nur schwer zu entscheiden, da hier auch normative Vorstellungen vom Kind und seinen Lernbedürfnissen bedeutsam sind (vgl. MICHALIK 2010, S. 105). Und sicherlich ist auch der Hinweis korrekt, dass es in diesem Zusammenhang (wie ja eigentlich bei allen Lernprozessen) zunächst wichtig ist, die Unterschiedlichkeit der Kinder zu berücksichtigen. Inzwischen gibt es jedoch ein paar empirische Befunde, die zeigen, dass durch eine gezielte Förderung bei Kindern im Elementarbereich bemerkenswerte Lernzuwächse erreicht werden können (vgl. z. B. LEUCHTER, SAALBACH & HARDY 2011).

Im Folgenden sollen nun vier »Prinzipien« für die Gestaltung von Lernumgebungen zum frühen naturwissenschaftlichen Lernen kurz dargestellt und erläutert werden (vgl. auch HARTINGER & KÖSTER 2007). Diese Prinzipien ergeben sich aus den genannten Überlegungen zu den Lernvoraussetzungen der Kinder sowie aus allgemeinen lern- und motivationspsychologischen Erkenntnissen (z. B. MÖLLER, KLEICKMANN & SODIAN 2011; DECI & RYAN 1993).

Fasziniertes Lernen durch die Orientierung an Phänomenen

Als ein lernförderliches Phänomen versteht man in der Didaktik des Sachunterrichts ein sinnlich erfahrbares Ereignis, das sich nicht sofort erklären lässt, das jedoch zu einer Frage führen kann, wie z. B.

- Die Blätter von Laubbäumen verfärben sich im Herbst und fallen dann ab.
- Eine Kompassnadel orientiert sich immer in die gleiche Richtung.
- Der Mond erscheint manchmal rund und manchmal als Sichel.
- Manche Gegenstände schwimmen im Wasser, manche sinken.
- Wasser »blubbert«, wenn es kocht.

MARTIN WAGENSCHNEIDER hat in seinem Buch ›Kinder auf dem Wege zur Physik‹ (1997) anschaulich aufgezeigt, dass Kinder Phänomene sehr bewusst wahrnehmen. Dies kann man beim frühen naturwissenschaftlichen Lernen gut aufnehmen. Viele Versuche, die für den Kindergarten bzw. für junge Kinder vorgeschlagen werden, gehen dann auch von Phänomenen aus, die geeignet sind, Kinder zum Nachdenken und Weiterforschen anzuregen (vgl. z. B. KÖSTER 2005a/b, LÜCK 2000). Recht bekannt ist z. B. der »Tauchgang«, wenn z. B. ein Taschentuch oder – etwas spektakulärer – ein Gummibärchen in einem Teelichtschälchen mit Hilfe eines umgestülpten Glases unter Wasser gedrückt wird, dort jedoch – durch den »Schutz« der Luft – nicht nass wird. Faszinierend ist für die meisten Kinder sicherlich auch, wenn sie sehen können, wie sich Schatten verändern, wenn die Lichtquelle verändert wird. Zugleich können sie hier auch zum selbst-

ständig »Weiterforschen« mit Taschenlampen, unterschiedlichen Gegenständen etc. ermuntert werden.

Ein solches selbstständiges »Weiterforschen« steht im Zentrum der Vorschläge von HILDE KÖSTER. Sie bezeichnet dies als »Freies Explorieren« (vgl. KÖSTER 2006b). Kinder sollen die Möglichkeit haben, »mit Phänomenen *vertraut* zu werden [und] im handelnden Umgang ein ›Gefühl für die Dinge‹ zu entwickeln« (KÖSTER 2006a, S. 44). Ein möglicher Impuls ist die einfache Frage: »Was könnt ihr über ... herausfinden?« Mit einer solchen Einleitung können die Kinder dann einfache »Projekte« durchführen: Zum Beispiel kann man die Kinder dazu auffordern, Obst und Gemüse zu erforschen. Das kann geschehen, indem sie zunächst einfach verschiedene Sorten betrachten und vergleichen. Häufig entwickeln sich dann Fragen, die gezielte Beobachtungen und aktive Untersuchungen hervorbringen. Was die Kinder herausfinden, kann dann (mit oder ohne Hilfe von Erwachsenen) dokumentiert werden: z. B. durch das Anlegen einer Sammlung, durch Zeichnungen oder durch das Erzählen über die Erfahrungen und Erkenntnisse in der Gruppe. Durchaus möglich ist es auch, Fotos anzufertigen, die den »Forschungsprozess« und die einzelnen Entdeckungen zeigen. Wenn die Fotos später geordnet werden, kann auch die zeitliche Abfolge der Ereignisse nachvollzogen werden.

Diese Art von Explorations- oder Entdeckungsaufgaben eignet sich für viele Gegenstände und Bereiche, wie z. B. Holz, Erde, Steine oder Sand, Seifenblasen, Wasser, Brücken oder Segelschiffe (die zwei letzten pragmatischerweise vorrangig als Modelle).

Ihre zentrale Bedeutung für das frühe naturwissenschaftliche Lernen erhalten die Phänomene durch das Faszinierende und durch den Anreiz, der von ihnen ausgeht. Sie sprechen Kinder (und – das haben verschiedene Fortbildungen und Seminare gezeigt – durchaus auch Erwachsene) an, können begeistern und verleiten dadurch zum Fragenstellen und Weiterforschen. Sie stellen damit einen guten, motivierenden und »kindgerechten« Anfangspunkt für naturwissenschaftliches Lernen dar. Dabei sollte man es als Erzieherin oder Lehrerin akzeptieren, wenn die Kinder zunächst bei dem Faszinierenden bleiben und versuchen, möglichst viele »Effekte« zu erzielen, und sich dabei nicht vorrangig bemühen, kognitive Erklärungen zu finden. HILDE KÖSTER (2006a, S. 45) bezeichnet dies als »Orientierungsphase«, die erforderlich ist, damit sich Kinder später in solche Fragestellungen vertiefen können. Und in einer empirischen Studie konnte sie dann auch nachweisen, dass solche »Orientierungsphasen« in »Vertiefungsphasen« münden (2006b).

Günstig ist, wenn sich Inhalte aus Alltagssituationen ableiten lassen. Nicht selten ergibt sich dann eine Verbindung vom naturwissenschaftlichen Lernen mit sozialen oder normativen Fragen. Beispiele dafür sind Situationen wie das Einkaufen (z. B. Auswahl gesunder Lebensmittel, Vermeidung von Verpackungen),

die Zubereitung von Essen, die Pflege des eigenen Körpers oder die Pflege von Tieren und Pflanzen.

Aktives Lernen durch Versuche, Exploration und Experimente

Die oben genannten Beispiele haben es schon gezeigt. Faszinierende Phänomene sind ein guter Ausgangspunkt für das naturwissenschaftliche Lernen von Kindern. Wichtig ist aber auch, dass es nicht bei der Faszination bleibt, sondern dass die Kinder die Möglichkeit haben, hier weiter zu agieren. Ansonsten entsteht der Effekt, der manchmal bei universitären »Kindervorlesungen« z. B. zu Chemie festzustellen ist. Es raucht, kracht, stinkt und scheppert, dass es für alle eine rechte Freude ist – die Kinder sind natürlich entsprechend fasziniert. Gleichzeitig ist es aber so weit weg von ihrem eigenen Verarbeiten, dass sie solche Darbietungen ähnlich wie eine gelungene Zaubershow erleben.

Hier gilt dann das, was oben über den Umgang mit Phänomenen bereits kurz beschrieben wurde. Kinder sollten grundsätzlich die Möglichkeit haben, selbstständig etwas zu erkunden oder auszuprobieren. Dies wird zunächst vermutlich eher unspezifisch sein, mit zunehmender Erfahrung jedoch immer zielgerichteter werden. Dafür brauchen die Kinder allerdings genügend Zeit. Wichtig wäre, dass solche Entdeckermöglichkeiten zum festen Repertoire in den entsprechenden Einrichtungen gehören. Doch geht es insbesondere bei Kindern im Kindergartenalter nicht v. a. darum, dass sie zielgerichtet handeln, sondern dass sie in einer für sie angemessenen Art und Weise mit entsprechenden Inhalten und auch Verfahren in Berührung kommen. Wenn sich dann daraus ein (naturwissenschaftliches) zielgerichtetes und auf Erkenntnis und Erklärungen angelegtes Experimentieren ergibt, ist dies schön – es ist jedoch kein vorrangiges Ziel frühen naturwissenschaftlichen Lernens.

Sehr gute Möglichkeiten bieten in diesem Zusammenhang auch Konstruktionsaufgaben (schöne Beispiele finden sich z. B. bei KÖSTER 2005a). Das Bauen von Türmen, Brücken, Kugel- oder Wasserbahnen bietet viele Möglichkeiten für Kinder, aktiv zu werden, dabei über Versuch und Irrtum auf besonders gute (z. B. stabile, große) Lösungen zu kommen und diese dann anderen Kindern oder Lehrpersonen vorzustellen.

Solche gemeinsamen Gespräche und Reflexionen sollten die eigenaktiven und forschenden Tätigkeiten der Kinder rahmen. Dies hat verschiedene Gründe. Zum einen können und sollen die Kinder so ihre Beobachtungen und Entdeckungen auch sich und anderen bewusst machen. Zum anderen können Erzieher/-innen oder Lehrpersonen so die Vorstellungen der Kinder erkennen und sie gegebenenfalls durch Anregungen, Widersprüche oder Impulse zum weiteren Nachdenken und/oder Forschen animieren. Man sollte dabei aufpassen, »falsche« Erklärungen oder Vorstellungen der Kinder nicht zu schnell abzulehnen oder zu versuchen, sie durch »richtige« zu ersetzen. Besser ist es, wenn die Kin-

der selbst auf Widersprüche stoßen oder aufgrund von Widersprüchen o. Ä. solche nicht tragfähigen Konzepte verändern.

Freies Lernen durch Wahlmöglichkeiten

Fragen von Kindern oder Vorhaben, die die Kinder von sich aus durchführen wollen, sind die günstigsten Ausgangspunkte für das Lernen. Wenn ein Kind von sich aus eine Frage stellt, ist es aufnahmebereit und muss nicht mehr für den Sachverhalt aufgeschlossen oder motiviert werden. Und eigentlich selbstverständlich ist dabei die Tatsache, auf die GERD E. SCHÄFER zu Recht hinweist: »Die Fragen der Erwachsenen sind nicht unbedingt die Fragen der Kinder« (2011, S. 232). Es lohnt von daher sicherlich, sich als Erzieherin oder Lehrerin immer wieder zurück zu halten, um den Kindern die Möglichkeiten zu geben, ihre eigenen Fragen entsprechend zu finden und dann zu artikulieren.

Mit »freiem Lernen« ist daher gemeint, auf die Suche nach den Lernbedürfnissen zu gehen, die von den Kindern selbst kommen. Dadurch wird auch gewährleistet, dass Kinder sich als überwiegend selbstbestimmt erleben. Es ist eines der am häufigsten und gründlichsten erforschten Ergebnisse der pädagogischen Psychologie, dass Interesse und intrinsische Motivation günstig beeinflusst werden, wenn man sich als selbstbestimmt erlebt, und dass umgekehrt ein bereits vorhandenes Interesse sinkt, wenn man sich als kontrolliert empfindet (vgl. zusammenfassend z. B. HARTINGER & FÖLLING-ALBERS 2002). Dies gilt für Kindergartenkinder ebenso wie für Erwachsene.

Gut erforscht ist auch, dass in diesem Zusammenhang Wahlmöglichkeiten wichtig sind. Dies macht dann auch deutlich, dass es erforderlich ist, ein Angebot zu machen bzw. eine Umgebung zu schaffen, in denen solche Wahlmöglichkeiten gegeben sind. Dies kann in einem sehr freien Umfeld geschehen, wie es z. B. SCHÄFER in seiner »Lernwerkstatt Natur« vorstellt (2011, S. 245 ff.), meines Erachtens aber auch durch das Bereitstellen verschiedener Versuche oder Experimente in einer Experimentiercke o. Ä. Und da schränkt es die Freiheit nicht zwangsläufig ein – sondern ermöglicht sie manchmal erst –, wenn den Kindern gezeigt wird, wie bestimmte Versuche durchzuführen sind, damit sie die entsprechenden Effekte erzielen können.

Mit Blick auf das Empfinden von Selbstbestimmung ist auch darauf hinzuweisen, dass Kinder dann auch die Möglichkeit haben sollten, explorieren und »forschen« zu können, ohne dass sich die Erwachsenen einmischen – dies gilt v. a. für die so genannte unerbetene Hilfe, also für Hilfe, die gegeben wird, ohne dass sie von Kindern angefragt wurde. Und natürlich sollten Kinder auch grundsätzlich die Möglichkeit haben, aus dem Feld zu gehen, um sich anderen Dingen zu widmen, die ihnen im Moment vielleicht stärker am Herzen liegen.

Zusammenhängendes Lernen durch science projects

»Science projects« (auf Deutsch könnte man vielleicht Begriffe wie »Wissenschaftsprojekte« oder »Forscheraufgaben« verwenden) bilden meines Erachtens eine gute Möglichkeit, dem naturwissenschaftlichen Lernen einen gewissen Platz in einer Kindertagesstätte oder Schule zu geben. Die Idee ist, dass sich eine Gruppe (oder im Ausnahmefall auch ein einzelnes Kind) über einen längeren – natürlich jedoch auch überschaubaren – Zeitraum einer bestimmten Aufgabe oder einem bestimmten Thema widmet. Möglichkeiten sind z. B. die Beschäftigung mit einem Element (z. B. Wasser, Luft, Erde... vgl. z. B. HAUBNER & RANGER 2007), das Erstellen einer Sammlung (z. B. von Steinen, Blättern, magnetischen Gegenständen), das Erstellen einer Dokumentation (z. B. über die Veränderung eines Baumes in den verschiedenen Monaten des Jahres oder über eine Waldwanderung) oder spezielle Aktionen (z. B. das Züchten von Kristallen, das Anlegen eines Beetes oder das Konstruieren von verschiedenen Spielzeugautos oder -schiffen).

Solche Forscheraufgaben oder science projects haben verschiedene Vorteile. So sind die Projekte produktorientiert, so dass etwas »Vorzeigbares« dabei herauskommt, wie z. B. gezüchtete Kristalle, selbst gezogene Kräuter oder Blumen in einem Garten. Durch solche Ergebnisse bleibt das naturwissenschaftliche Lernen normalerweise in positiver Erinnerung, was wiederum eine positive Einstellung, Interesse sowie ein günstiges Selbstkonzept in diesem Bereich fördert.

Längerfristige Maßnahmen haben im Normalfall zudem eine Ernsthaftigkeit, die aus der Sache selbst entsteht, da sich die Erfordernis, »am Ball zu bleiben« aus dem Ziel ergibt und nicht aus dem Antreiben durch Erzieher oder Lehrer. Den Kindern wird somit deutlich, dass manche Ziele Zeit benötigen. Dies gilt im Besonderen dann, wenn man etwas »Großes« erreichen will. So ist z. B. eine Dokumentation über ein Jahr hinweg unvollständig, wenn man zu früh aufhört, und auch beim Züchten von Kristallen muss man abwarten können, bis sie sich entwickeln.

Nicht zuletzt bieten solche science projects auch die Möglichkeit, etwas für die Profilbildung einer Kindertagesstätte oder Schule zu tun. Die Ergebnisse sind im Normalfall sehr gut für Eltern- und Öffentlichkeitsarbeit geeignet.

Das Fazit des Beitrags habe ich bereits in der Einleitung geschrieben. Ich hoffe, deutlich gemacht zu haben, dass das frühe naturwissenschaftliche Lernen eine gute Chance für Kinder und damit eine sinnvolle und wichtige Aufgabe für Erzieher/-innen und Lehrer/-innen darstellt. Und – dies sei abschließend noch bemerkt – Berichte von Kolleginnen und Kollegen bestätigten, dass solche naturwissenschaftlichen Angebote nicht nur für die Kinder interessant und motivierend seien, sondern dass diese auch für sie bereichernd und interessant sind.

Literatur

- CARSTENSEN, C. H., LANKES, E.-M. & STEFFENSKY, M. (2010). Ein Modell zur Erfassung natur-wissenschaftlicher Kompetenz im Kindergarten. In *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 14, 651–669.
- DECI, E. L. & RYAN, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und Ihre Bedeutung für die Pädagogik. In *Zeitschrift für Pädagogik*, 39 (2), 223–238.
- EINSIEDLER, W. (2011). Lehr-Lernkonzepte für die Grundschule. In Einsiedler, W., Götz, M., Hartinger, A., Heinzl, F., Kahlert, J. & Sandfuchs, U. (Hrsg.), *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik* (S. 341–350). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- FRANZ, U. (2008). *Lehrer- und Unterrichtsvariablen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- GÖTZ, M., KAHLERT, J., FÖLLING-ALBERS, M., HARTINGER, A., VON REEKEN, D. & WITTKOWSKE, S. (2007). Didaktik des Sachunterrichts als bildungswissenschaftliche Disziplin. In Kahlert, J., Fölling-Albers, M., Götz, M., Hartinger, A., von Reeken, D. & Wittkowske, S. (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (S. 11–30). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- GRÄBER, W., NENTWIG, P., KOBALLA, T. & EVANS, R. (Hrsg.) (2006). *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur allgemeinen Bildung*. Op-laden: Leske + Budrich.
- HARDY, I. & KEMPERT, S. (2011). Entwicklung und Förderung früher naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Elementarbereich. In Vogt, F. (Hrsg.), *Entwicklung und Lernen junger Kinder*. (S. 23–36). Münster: Waxmann.
- HARTINGER, A. & FÖLLING-ALBERS, M. (2002). Schüler motivieren und interessieren. Ergebnisse aus der Forschung – Anregung für die Praxis. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- HARTINGER, A. (2003). Motivieren durch Belohnungen. »Risiken und Nebenwirkungen«. *Grundschule*, 35, H.4, S. 33–35.
- HARTINGER, A. & KÖSTER, H. (2007). Naturwissenschaftliches Lernen. In *Stiftung Bildungspakt Bayern* (Hrsg.), *Das KIDZ-Handbuch* (S. 264–308). München: Carl Link.
- HAUBNER T. & RANGER, G. (2007). Mit Kindergartenkindern ins Wasserlabor. In *Stiftung Bildungspakt Bayern* (Hrsg.), *Das KIDZ-Handbuch* (S. 290–291). München: Carl Link.
- KAHLERT, J. (2009³). *Der Sachunterricht und seine Didaktik*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- KLAFKI, W. (1992). Allgemeinbildung in der Grundschule und der Bildungsauftrag des Sachunterrichts. In Klewitz, E., Köhnlein, W., Lauterbach, R. & Spreckelsen, K. (Hrsg.), *Brennpunkte des Sachunterrichts* (S. 11–31). Berlin: IPN.

- KÖHNLEIN, W. (2011). Aufgaben und Ziele des Sachunterrichts. In Einsiedler, W., Götz, M., Hartinger, A., Heinzl, F., Kahlert, J. & Sandfuchs, U. (Hrsg.), *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik* (S. 494–503). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- KÖSTER, H. (2005a). *FantasieWerkstatt Technik. Leichte technische Experimente für Kinder*. Freiburg im Breisgau: Herder.
- KÖSTER, H. (2005b). *FantasieWerkstatt Experimente. Spannende, einfache Experimente für Kinder*. Freiburg im Breisgau: Herder.
- KÖSTER, H. (2006a). Freies Explorieren mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht. In Lück, G. & Köster, H. (Hrsg.), *Physik und Chemie im Sachunterricht* (S. 43–53). Bad Heilbrunn & Braunschweig: Klinkhardt & Westermann.
- KÖSTER, H. (2006b). *Freies Explorieren und Experimentieren – eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht*. Berlin: Logos.
- LANKE, E.-M., NÖLKE, C. & STEFFENSKY, M. (2011). Mit Wasser kann man baden und es aus der Gießkanne ausschütten. In *MNU Primar* 3, 111–115.
- LEUCHTER, M., SAALBACH, H. & HARDY, I. (2011). Förderung naturwissenschaftlichen Verständnisses von Kindern in der Schuleingangsstufe. In Vogt, F. (Hrsg.), *Entwicklung und Lernen junger Kinder*. (S. 37–52). Münster: Waxmann.
- LOHRMANN, K. & HARTINGER, A. (2011). Lernemotionen, Lernmotivation und Interesse. In Einsiedler, W., Götz, M., Hartinger, A., Heinzl, F., Kahlert, J. & Sandfuchs, U. (Hrsg.), *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik* (S. 261–265). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- LÜCK, G. (2000). *Leichte Experimente für Eltern und Kinder*. Freiburg im Breisgau: Herder.
- LÜCK, G. (2003). *Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung*. Freiburg im Breisgau: Herder.
- LÜCK, G. & RISCH, B. (2007). Naturwissenschaftlicher Unterricht im Anfangsunterricht. In Gläser, E. (Hrsg.), *Sachunterricht im Anfangsunterricht. Lernen im Anschluss an den Kindergarten* (S. 80–96). Baltmannsweiler: Schneider.
- MICHALIK, K. (2010). Didaktische Konzepte für die naturwissenschaftliche Grundbildung von Kindern im Elementarbereich. In Fischer, H.-J., Gansen, P. & Michalik, K. (Hrsg.), *Sachunterricht und frühe Bildung* (S. 93–107). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- MIETZEL, G. (2002⁴). *Wege in die Entwicklungspsychologie. Kindheit und Jugend*. Weinheim: Beltz.
- MÖLLER, K., KLEICKMANN, T. & SODIAN, B. (2011). Naturwissenschaftlich-technischer Lernbereich. Einsiedler, W., Götz, M., Hartinger, A., Heinzl, F., Kahlert, J. & Sandfuchs, U. (Hrsg.), *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik* (S. 509–517). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). National Science Education Standards http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962 (Aufruf vom 13. Januar 2012).
- PRENZEL, M., LANKES, E.-M. & MINSEL, B. (2000). Interessenentwicklung in Kindergarten und Grundschule: Die ersten Jahre. In: Schiefele, U. & Wild, K. P. (Hrsg.), *Interesse und Lernmotivation. Untersuchungen zu Entwicklung, Förderung und Wirkung* (S. 11–30). Münster: Waxmann.
- ROSSBACH, H.-G. & FRANK, A. (2008). Bildung, Erziehung und Betreuung in der frühen Kindheit. Forschungsstand und -bedarf. In Thole, W., Rossbach, H.-G., Fölling-Albers, M. & Tippelt, R. (Hrsg.), *Bildung und Kindheit. Pädagogik der frühen Kindheit in Wissenschaft und Lehre* (S. 225–269). Opladen: Barbara Budrich.
- SCHÄFER, G. E. (2011). Was ist frühkindliche Bildung? Kindlicher Anfängergeist in einer Kultur des Lernens. Weinheim & München: Juventa.
- SODIAN, B., KOERBER, S. & THOERMER, C. (2006). Zur Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens im Vor- und Grundschulalter. In Nentwig, W. & Schanze, S. (Hrsg.), *Es ist nie zu früh! Naturwissenschaftliche Bildung in jungen Jahren* (S. 11–20). Münster: Waxmann.
- SPRECKELSEN, K. (2001). SCIS und das Konzept eines strukturbezogenen naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Grundschule. In Köhnlein W. & Schreier H. (Hrsg.), *Innovation Sachunterricht – Befragung der Anfänge nach zukunftsfähigen Beständen* (S. 85–102). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- STEFFENSKY, M., NÖLKE, CHR. & LANKES, E.-M. (2011). Mit Wasser kann man baden und es aus der Gießkanne ausschütten. Begriffe, Erfahrungen und Vorstellungen von Kindergartenkindern zum Thema Wasser. MNU Primar, H.3 S. 111–115.
- TODT, E. (1978). *Das Interesse*. Bern: Huber.
- WAGENSCHIN, M. (1997). *Kinder auf dem Wege zur Physik*. Weinheim u. a.: Beltz.