

Kognitive Aktivierung von Volksschulkindern durch vorstrukturierte Lernumgebungen

Eine empirische Studie im Rahmen des Forschungsprojekts NawiFF

*Renate Jahn, Hildegard Urban-Woldron**

Zusammenfassung

Studien aus dem Bereich wissenschaftlicher Frühbildung belegen, dass die frühzeitige Heranführung von Kindern an naturwissenschaftliche Phänomene bereits im Kindergartenalter und umso mehr im Grundschulalter zu einer Verbesserung der wissenschaftlichen Grundbildung lenkt. Der vorliegende Beitrag untersucht, eingebettet in das von der Pädagogischen Hochschule Niederösterreich (PH NÖ) initiierte Projekt „Naturwissenschaftliche Frühförderung in Kindergarten und Volksschule“ (NawiFF), inwieweit vorstrukturierte Lernumgebungen eine kognitive Aktivierung von Volksschulkindern und folglich eine Förderung des Verständnisses von Naturphänomenen im Sinne eines kumulativen Kompetenzaufbaues bewirken. Im Rahmen dieser Untersuchung wird mit Lernenden der ersten Schulstufe in einem experimentell angereicherten Lernszenario das Wirkungsprinzip der Kapillarität erarbeitet und im Anschluss daran die Fähigkeit der Kinder beobachtet, die erworbenen naturwissenschaftlichen Kenntnisse anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragestellungen zu modellieren und entsprechende Schlussfolgerungen zu ziehen. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die Interessenshaltung des Kindes als auch seine Problemorientierung und Problemlösefähigkeit maßgeblich von der inhaltlichen und strukturellen Gestaltung der Lernumgebung beeinflusst werden. Ebenso konnte gezeigt werden, dass entsprechend vorstrukturierte Lernumgebungen zusammen mit der adäquaten personalen Steuerung schon junge Kinder kognitiv aktivieren können und damit einen Beitrag zum Aufbau einer naturwissenschaftlichen Grundbildung leisten.

Encouraging student cognitive thinking through structured and experientially enriched learning environments

Empirical Study within the Research Project NawiFF

Abstract

Studies regarding science-based early learning have shown up that an enhancement of a basic natural science education can be recognised due to an introduction of natural phenomena in early childhood. Consequently, the study analyses to what extent pre-structured learning environments effect the cognitive mobilisation of young children and how they support the child's comprehension on natural phenomena referring a cumulative competence setting. The project is part of the NawiFF – „Naturwissenschaftliche Frühförderung in Kindergarten und Volksschule“ (Early Encouragement of natural science at kindergarten and primary school) launched by the University of Teacher Education in Lower Austria (PH NÖ). Within this project, children from grade 1 of a primary school are provided with a certain learning scenario based on the effects of capillarity. Additionally, all children were observed how they respond to the learning environment, in detail, how they apply the acquired knowledge, how they pose questions and how they end up with conclusions. Finally, the findings of the study demonstrate that the learning environment has a substantial impact on the behaviour of the child. First, on the child's interest, second on the way how the child approaches the problem, and third, how the problem can be solved by the child. In conclusion, the findings of the study suggest that appropriately designed learning environments and eligible guidance silently contribute to scientific literacy.

Schlüsselwörter:

Akzeptanzbefragung
Experimentell angereicherte Lernumgebung
Kapillarwirkung

Keywords:

Teaching experiments
Experimentally enriched learning environments
Capillarity

* Pädagogische Hochschule Niederösterreich, Mühlgasse 67, 2500 Baden.

Ing. Renate Jahn, jahn.rg@aon.at; Priv.-Doz. Dr. Hildegard Urban-Woldron, hildegard.urban-woldron@ph-noe.ac.at

1 Einleitung

Befunde empirischer Studien zeigen auf, dass Kinder besonders im naturwissenschaftlichen Sachunterricht häufig unterschätzt und kognitiv zu wenig herausgefordert werden (Stern & Möller, 2004; Köster, 2006; Grygier, 2008). Vor allem weisen auch die bisher vorliegenden Untersuchungen zum naturwissenschaftsbezogenen Lernen in der Volksschule darauf hin, dass Kinder in einem Unterricht, der einen konstruktiven Konzeptaufbau unterstützt und dabei situierte, kindgemäße Fragestellungen unterstützt, in ihren Verstehensmöglichkeiten nicht überfordert sind (Möller, 2001). Weiters gibt es nachvollziehbare Argumente, das naturwissenschaftliche Interesse schon ab dem Vorschulalter zu fördern (Lück, 2000) und das spontane Interesse der Kinder an Naturphänomenen und am Experimentieren zu nutzen (Nölke et al., 2011). Obwohl die moderne Wissenschaft aufgrund ihrer Komplexität und Kompliziertheit auf den ersten Blick nicht mit der Lebenswelt der Kinder vereinbar scheint, können Naturwissenschaften und Lebenswelt der Kinder durchaus miteinander verknüpft werden (Vogt et al., 2011), wenn diese ersten naturwissenschaftlichen Erfahrungen sich darauf beziehen, dass sie sich mit Fragestellungen auseinandersetzen, die an den Interessen und Problemen der Kinder orientiert sind (Köhnlein, 1990).

Die Autorinnen sehen als vorrangiges Ziel naturwissenschaftlicher Bildung eine sich über die Jahre aufbauende, kontinuierliche Kompetenzentwicklung junger Kinder, bei der die angeborene Neugier in ein nachhaltiges Interesse mündet. Da die für den Elementarbereich¹ vorgeschlagenen Themen und Inhalte sehr nahe bei den Lehrplänen² der Volksschule liegen, besteht die Gefahr, dass aufgrund von Redundanzen einerseits wertvolle Lernzeit verschwendet und andererseits die Lernmotivation der Kinder beeinträchtigt wird. Die Adressierung anschlussfähiger naturwissenschaftlicher Bildungsprozesse als wichtiger Voraussetzung für die Persönlichkeits- und Kompetenzentwicklung der Kinder erfordert daher die Abstimmung der Bildungsaufträge zwischen Kindergarten und Volksschule und die Entwicklung geeigneter Kooperationen zwischen den Pädagoginnen/Pädagogen der beiden Institutionen. Es wird davon ausgegangen, dass der Austausch über fachliche Aspekte sowie über die Gestaltung naturwissenschaftsbezogener Lerngelegenheiten im Kindergarten und der Volksschule entscheidend für die Unterstützung gelingender Übergänge ist.

Die vorliegende Studie ist Teil eines größeren Forschungsprojekts der PH NÖ, das an der Schnittstelle Kindergarten/Volksschule verortet ist. Das Hauptziel des Projektes NawiFF besteht in der forschungsbasierten Entwicklung, Durchführung und Evaluation von geeigneten Lernumgebungen, die den nachhaltigen und verständnisvollen Aufbau von Kompetenzen unterstützen. Auf Basis vorliegender Forschungsergebnisse sowie Aufgaben und Testinstrumente, die belegen, dass sogar schon bei Drei- bis Fünfjährigen die entwicklungspsychologischen Voraussetzungen für einen Zugang zu naturwissenschaftlichen Phänomenen angelegt sind, werden im Rahmen von NawiFF Lernszenarien und Kontrollinstrumente für ausgewählte Themenfelder entwickelt, die in weiterer Folge von Pädagoginnen/Pädagogen zielorientiert und mit vertretbarem Fortbildungsaufwand direkt in spezifischen Lernsituationen eingesetzt werden könnten. Damit soll ein kumulativer Aufbau naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Sinne einer kontinuierlichen Entwicklung unterstützt werden, bei der die angeborene Neugier der Kindergartenkinder im Volksschulalter in ein nachhaltiges Interesse mündet, welches sich auf der Grundstufe 2 der Volksschule weiter entwickelt und auch in der Sekundarstufe erhalten bleibt.

2 Theoretischer Hintergrund

Als Folge der Ergebnisse aktueller Schulleistungsvergleiche, wie z. B. TIMSS und PISA, und unterstützt durch neuere entwicklungspsychologische Befunde (Stern, 2002), findet die Forderung nach einem frühen Lernen im Vorfeld der Naturwissenschaften wieder verstärkte Aufmerksamkeit (Möller et al., 2002). Aus Sicht der Entwicklungspsychologie spricht nichts dagegen, auch bereits Kindergartenkinder an naturwissenschaftliche Phänomene heranzuführen, da bereits im Vorschulalter wichtige kognitive und soziale Kompetenzen vorhanden sind, die Entwicklungsfortschritte ermöglichen können (Rösler & Welzel, 2007). Zahlreiche Untersuchungen belegen, dass sogar schon bei Drei- bis Fünfjährigen die entwicklungspsychologischen Voraussetzungen für einen Zugang zu naturwissenschaftlichen Phänomenen angelegt sind, was daher umso mehr im Grundschulal-

ter vorausgesetzt werden kann (Lück, 2002). Gerade das Kindergartenalter ist die wohl beste Zeit, Grundlagen für einen ersten Bezug zur Welt der Naturphänomene und ihren Deutungen zu legen (Meyer, 2008; Lück, 2003). Darüber hinaus „*bereitet eine frühzeitige Heranführung an Naturphänomene die Kinder auf die Erfordernisse vor, mit denen sie in ihrem Leben konfrontiert werden - sei es in der Arbeitswelt, als Konsument oder als Kritiker neuer naturwissenschaftlicher Innovationen*“ (Lück, 2006, S. 9).

Der naturwissenschaftliche Zugang sollte dabei vom Kind ausgehen, seine Interessen und Fähigkeiten berücksichtigen und diese ernst nehmen. Bereits Martin Wagenschein äußerte sich folgendermaßen: „*Mit dem Kinde von der Sache aus, die für das Kind die Sache ist. Denn Kinder denken, sich selbst überlassen, immer von der Sache aus, ihrer Sache, der Sache, die sie antreibt. Und nicht von jener anderen, sekundären Sache, die Generationen von Fachleuten daraus gemacht haben*“ (Wagenschein, 2003, S. 11). Wenn diese Voraussetzung beachtet wird, können erste Erfahrungen mit naturwissenschaftlichen Phänomenen der belebten und der unbelebten Natur bereits im Elementarbereich ermöglicht werden. Gerade Kinder sind aufmerksame Naturforscher/innen, die allen Naturphänomenen offen gegenüberstehen und darüber hinaus auch noch Interesse an den Deutungen von Phänomenen haben, was durch die bekannten „Warum-Fragen“ deutlich wird (Lück, 2006). „*Kinder können forschen. Sie können durch Beobachtung, Erklärung, Vorhersagen, Lesen, Sprechen, Ausprobieren von Ideen, Fragenstellen und Planung von Untersuchungen lernen. Genauso wie Wissenschaftler entwickeln Kinder dann eine systematische Arbeitsweise und Respekt vor Fakten*“ (Ollerenshaw et al., 2000, S. 14). Die fragenden und spielerischen Auseinandersetzungen der Kinder im Vor- und Volksschulalter mit Fragen der unbelebten Natur, die von den Kindern intuitiv, spontan und unbewusst eingesetzt werden, führen zu Lernprozessen, aus denen sich schließlich ein Verstehen entwickelt (Köster, 2006).

Die angemessene Gestaltung physikbezogenen Sachunterrichts in der Volksschule stellt aber hohe fachliche, allgemein didaktische wie auch fachdidaktische Anforderungen an die Lehrkräfte. Sachunterrichtslehrkräfte müssen in der Lage sein, bereits bestehende und/oder erst im Unterricht entstehende Schülervorstellungen als mehr oder weniger anschlussfähig zu diagnostizieren, um kognitiv aktivierende Lehr-Lernprozesse zu planen (Heran-Dörr, 2011). Die Auseinandersetzung mit den vorhandenen Präkonzepten und deren Förderung durch strukturierende Elemente sind zur Förderung naturwissenschaftlichen Verständnisses besonders wichtig (Möller et al., 2002).

3 Forschungsfrage und Forschungsdesign

Im inhaltlichen Schwerpunkt der empirischen Studie steht die Frage, in welchem Ausmaß es gelingen kann, mithilfe einer experimentell angereicherten und stark vorstrukturierten Lernumgebung junge Kinder in Fragehaltung zu bringen und naturwissenschaftliches Verständnis zu entwickeln. Dabei werden drei Untersuchungsaspekte adressiert, nämlich in Hinsicht auf die Interessenshaltung, die Problemorientierung sowie die Problemlösefähigkeit der Kinder (vgl. Tabelle 1). Orientiert an diesen drei Untersuchungsaspekten soll analysiert werden, welchen Einfluss Materialien als äußere Anreize haben, um Kinder mithilfe von Experimenten in Fragehaltung zu bringen und naturwissenschaftliches Verständnis zu entwickeln.

Untersuchungsaspekt	Beschreibung
Interessenshaltung	Ausprägung von Motivation, Aufmerksamkeit und Neugierde
Problemorientierung	Auseinandersetzung mit der Sachlage, Entwickeln von Fragestellungen
Problemlösefähigkeit	Eigenständiges Erstellen von Problemlösungsstrategien

Tabelle 1: Beschreibung der Untersuchungsaspekte.

Zur Untersuchung der Forschungsfrage wird die von Jung (1992) und Wiesner (1993), basierend auf Vorarbeiten von Steffe (1983), entwickelte Methode der Akzeptanzbefragung im Rahmen einer partizipativen Aktionsforschung eingesetzt. Eine Akzeptanzbefragung zielt einerseits darauf ab, die Qualität und Effektivität einer Erklärung zu überprüfen, um im weiteren Sinne Lernwiderstände und Lernschwierigkeiten erkennen und überwinden zu können. Andererseits wird davon ausgegangen, dass die Methode auch geeignet ist, unter Nutzung der Neugierde und Motivation der Kinder sowie unter kontextueller Einbeziehung ihrer Vorerfahrungen und Vorstellungen, die optimale Herangehensweise zur Entwicklung und Stärkung ihres naturwissenschaftlichen Verständnisses zu untersuchen.

Die Befragung läuft in mehreren Schritten ab: Zuerst erhebt die Lehrperson im Vorfeld das Vorwissen der Kinder, indem sie deren Überlegungen und Erklärungen zum betreffenden Experiment beziehungsweise zum wissenschaftlichen Phänomen erfragt. Im nächsten Schritt wird dem Kind für das wissenschaftliche Phänomen anhand von Versuchen sowie unter Verwendung von geeigneten Demonstrationsmaterialien eine Erklärung angeboten, die von den Kindern bewertet werden soll. In weiterer Folge soll das Kind die neuen Inhalte mit eigenen Worten darstellen. Dabei achtet die interviewende Person besonders darauf, inwieweit Segmente ausgelassen oder modifiziert werden. Wenn das Kind dann schließlich auch noch imstande ist, das Gelernte in einer neuen Aufgabe anzuwenden, beziehungsweise auf einen neuen Kontext zu übertragen, kann daraus gefolgert werden, dass das wissenschaftliche Phänomen erfasst und akzeptiert wurde.

Bedingt durch das niedrige Alter der Kinder (Schülerinnen und Schüler einer ersten Klasse einer niederösterreichischen Volksschule) kann die Datenerhebung nur mithilfe von Interviews und Videoaufnahmen erfolgen. Die aus der Verschriftlichung dieser Daten erhaltenen Transkripte bilden die Grundlage für die kategoriengeleitete Inhaltsanalyse nach Mayring (2002). Dazu werden prozessbezogen eindeutige, klar voneinander abgegrenzte Kategorien (Codes) in dichotomer Abstufung definiert und das Datenmaterial anhand dieses Kodierleitfadens durch Zuordnung sukzessive bearbeitet. Um den Einfluss der vorbereiteten Lernumgebung auf die Interessenshaltung, die Problemorientierung und die Problemlösefähigkeit zu untersuchen, wird ein zweistufiges, nichtnumerisches Kategoriensystem verwendet: Materialangebot hat signifikanten Einfluss = Ja und Materialangebot hat keinen signifikanten Einfluss = Nein.

4 Durchführung der Intervention

Die hier dargestellten Interventionen sind Teil einer größeren Forschungsarbeit (Jahn, 2014). Insgesamt umfasst die Stichprobe 24 Kinder (12 Mädchen, 12 Buben) einer ersten Klasse aus einer niederösterreichischen Volksschule und 21 Vorschulkinder aus einem nahe gelegenen Kindergarten. Die Erstautorin führte mit den Kindern des Kindergartens und der Volksschule im Rahmen von vier Projekttagen drei Experimente zum Thema Kapillarwirkung durch.

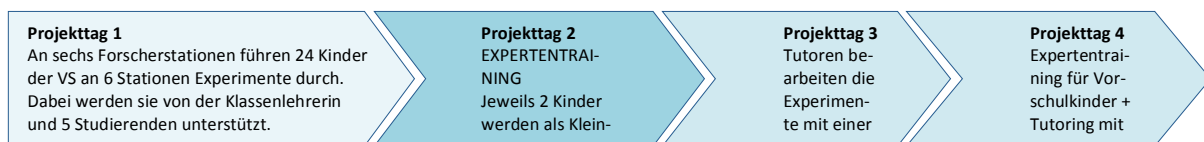


Abbildung 1: Übersicht über das Gesamtprojekt an der NÖ Volksschule

Die folgenden Darstellungen beziehen sich auf eine Detailstudie aus den Projekttagen 1 - 3 zum Experiment „Geheimnisvolle Wasserleitung“ mit zwei Kindern (ein Mädchen, ein Bub). Angelehnt an die Methode der Akzeptanzbefragung gliedert sich die Intervention beim Expertentraining in vier große Schritte und wird mit einer Reflexion im Sinne einer Befragung zu den fachlichen Inhalten, dem subjektiven Erleben des Versuches sowie zur Bewertung der Erklärungen durch die Lehrperson gemäß Interviewleitfaden der Akzeptanzbefragung abgeschlossen.

4.1 Impuls und Erfassen der Vorkenntnisse und Präkonzepte

Die Lehrperson positioniert das Stationenkärtchen „Geheimnisvolle Wasserleitung“ (vgl. Abb. 3, Bild links) sowie das Tablett mit den Versuchsmaterialien (vgl. Abbildung 2) auf dem Tisch, sodass die beiden Kinder gute Sicht auf alle Materialien haben. Die Kinder betrachten und kommentieren die Materialien. Es fällt ihnen auf, dass die Blume Wasser benötigen könnte. Die Lehrerin erklärt, dass sie den Kindern einen Zaubertrick zeigen möchte. Die Kinder seien ihre Zauberlehrlinge und sollten herausfinden, wie der Trick funktioniert.



Abbildung 2: Tablett mit Utensilien für das Experiment „Geheimnisvolle Wasserleitung“

Dann erfolgt die Bekanntgabe der problemorientierten Aufgabenstellung: Die Lehrperson stellt die Blume in das leere Wasserglas. Ohne Wasser wird die Blume rasch verwelken. Das zweite Glas mit blauer Flüssigkeit steht dicht daneben. „Wie kann es gelingen, das blau gefärbte Wasser wie von Zauberkraft und ohne Umleeren in das leere Glas zu transportieren? Hast du eine Idee? Wie könnte das funktionieren?“ Die Anregungen der Schüler/innen werden aufgegriffen und besprochen.

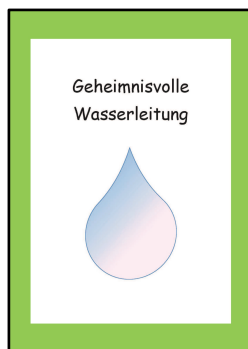


Abbildung 3: Stationenkarte und Anschauungsmaterial³

4.2 Gezieltes Hinführen auf das Phänomen

Die Lehrerin lenkt die Aufmerksamkeit auf das Blatt Küchenrolle. „Wie könnte das Blatt Küchenpapier behilflich sein?“ Die Ideen der Kinder werden eingebunden. Gemeinsam wird überlegt, wie aus dem Papier eine Wasserleitung geformt werden könnte. Das Küchentuch wird einmal in der Mitte gefaltet, eingerollt und nochmals in der Mitte geknickt; die so erhaltene „magische Zauberbücke“ soll den Verbindungsweg zwischen den beiden Gläsern bilden. „Was wird passieren? Was meinst du?“

Dann wird die Papierbrücke zwischen den beiden Wassergläsern eingehängt. Die Kinder nehmen wahr, dass das gefärbte Wasser vom Papier aufgesogen und sukzessive in Richtung des leeren Glases, folglich zur Blume weiterbefördert wird. Durch den Zusatz der Lebensmittelfarbe kann der Vorgang gut verfolgt werden. Das Wasser benützt die „geheimnisvolle Wasserleitung“, daher dauert es nicht lange, bis der erste Tropfen Wasser am Zielort ankommt (vgl. Abbildung 4).



Abbildung 4: Die „geheimnisvolle Wasserleitung“ funktioniert

4.3 Erklären des Phänomens

Damit die Kinder das Phänomen nicht nur als Trick wahrnehmen, wird im nächsten Schritt die Aufmerksamkeit auf die wissenschaftliche Erklärung gelenkt. Die Erstautorin befragt die Kinder: „*Warum wird das Wasser vom Papier aufgesogen? Wie könnte das funktionieren?*“ Die Vorschläge der Kinder werden diskutiert. Die Lehrperson teilt die Kartonrundlinge aus. Die Mitwirkenden betrachten diese mit freiem Auge sowie mit der Lupe und erkennen, dass das Modell aus einer Bündelung zahlreicher Röhrchen besteht, die in ihrem Querschnitt durchtrennt wurden. Es folgt der Hinweis, dass im Papier, würde man es mit einem sehr starken Vergrößerungsglas, einem Mikroskop, betrachten, ebenso unzählige kleine „Strohhalme“, so wie jene im gezeigten Papprundling (vgl. Abbildung 3, Bild rechts), zu erkennen wären. „*Was passiert, wenn du einen dünnen Strohalm in ein Glas mit Wasser gibst?*“ Die Erklärungen der Kinder werden aufgenommen, von der Lehrperson zusammengefasst sowie ergänzt: „*Die Flüssigkeit steigt im Röhrchen bereits ein Stück hinauf. Wenn du ansaugst, wandert das Wasser sogar bis zu deinem Mund. Im Papier funktioniert es ähnlich. Das blau gefärbte Wasser bewegt sich in kleinen Strohhalmen weiter und weiter*“. Auch in Pflanzen befinden sich unzählige dieser „Strohhalme“.

Die Kinder betrachten die Fotografie der Leitungsbahnen im Holz (vgl. Abbildung 3, Bild Mitte); die Lehrperson kommentiert die Abbildung (vgl. Abbildung 5): „*Würde man einen Blumenstängel durchtrennen und mit einer Lupe betrachten, könnte man ebensolche Röhren erkennen. Das Wasser steigt über die Wurzeln aus dem Boden auf und durch die dünnen Röhrchen im Stamm bzw. Stängel hinauf bis zu den Blättern und Blüten. Diesen ‚Strohalmtrick‘ oder ‚Strohalmeffekt‘ nennen die Forscher ‚Kapillareffekt‘, weil ‚Kapillare‘ in der Fachsprache ‚dünnes Röhrchen‘ bedeutet.*“



Abbildung 5: Kinder beim Expertentraining

4.4 Übertragen des Gelernten – Anwendung in einem neuen Kontext

Die Aufmerksamkeit wird auf ein Stück Rhabarber gelenkt, von dem die Lehrerin mit dem Gemüsemesser die äußersten Schichten abschält. In den rötlichen Teilen des Pflanzenstängels sind die Leitungsbahnen besonders gut zu erkennen. Die Lehrperson zeigt im Vergleich dazu ein Stück der gleichen Pflanze, welches seit etwa zwei Stunden in mit blauer Lebensmittelfarbe gefärbtem Wasser stand. „*Was kannst du erkennen? Was ist passiert?*“ Die Schnittfläche zeigt im Querschnitt eine Vielzahl blauer Tupfen, ein Zeichen dafür, dass die gefärbte Lösung durch die Leitungsbahnen der Pflanze hindurch transportiert wurde. „*Und warum funktioniert dies so?*“ Es erfolgt die Wiederholung der Begriffe: Strohhalme, Strohalmeffekt und Kapillareffekt. Der Rhabarberstängel wird in Längsrichtung halbiert, die blau gefärbten Leitungsbahnen kommen zum Vorschein. Die Kinder betrachten die Pflanzenteile mit freiem Auge sowie mit der Lupe (vgl. Abbildung 6).



Abbildung 6: Leitungsbahnen im Rhabarber mit der Lupe betrachtet

5 Ausgewählte Ergebnisse

Ergebnisse der Videoanalysen weisen auf eine positive Wirkung aller angebotenen Materialanreize (Margerite, Kartonmodell für Leitungsbahnen im Holz sowie Rhabarber in Färbelösung und Lupe) auf Interessenshaltung, Problemorientierung und Problemlösefähigkeit hin (vgl. Tabellen 2, 3 und 4).

Anreiz	Didaktische Begründung
Margerite	Eine Blume steht im leeren Wasserglas und droht zu verwelken. Das direkt daneben positionierte Glas ist mit Wasser gefüllt.
Konstruktion einer „geheimnisvollen Wasserleitung“	Die Kinder erkennen, dass die Margerite Wasser benötigt. Das einzige erlaubte Hilfsmittel ist ein Blatt Küchenpapier, aus dem eine geheimnisvolle Wasserleitung konstruiert werden soll (minds-on). Die Testpersonen überlegen und erproben, wie sie das Küchenpapier geschickt einsetzen können, um möglichst rasch Wasser in das leere Glas zu transportieren (hands-on).

Tabelle 2: Material „Margerite“ als Anreiz und seine didaktische Begründung.

Der unten dargestellte Ausschnitt aus dem Transkript (Zeilen 1111 bis 1137) zur Videoaufnahme im Rahmen der Expertenschulung lässt den Schluss zu, dass die Kinder akzeptieren, dass mithilfe der Küchenrolle Wasser von einem Gefäß in ein anderes befördert werden kann. Allerdings unterscheidet VK2 nicht zwischen Wasser und Farbe (vgl. Zeile 1137). Das Wasser wurde angefärbt, damit das Hochsteigen der Flüssigkeit in der zusammengerollten Küchenrolle besser beobachtet werden kann.

- 1111 LA: Ich habe hier ein Glas Wasser mit blauer Farbe. Und ein Glas mit ...
 1112 Alle Kinder: Ohne Wasser.
 1113 LA: Hier ist nichts drinnen. Und ich habe diese Blume und die stelle ich nun in das leere Glas. Glaubt ihr, wird es
 1114 der Blume da drinnen lange gut gehen?
 1115 Alle Kinder: Nein.
 1116 LA: Nein, die braucht ...?
 1117 Alle Kinder: Wasser!
 1118 LA: Genau, Wasser! Sonst vertrocknet sie.
 1119 LA: Jetzt möchte ich das Wasser von diesem Glas in das hinüberbringen. Wie könnten wir das machen?
 1120 VK4: Hinüberleeren!
 1121 LA: Das wär ja kein Zaubertrick! Ich habe noch ein Blatt Küchenrolle. Könnte uns das irgendwie helfen?
 1123 VK3 (nicht deutscher Muttersprache) gibt zu verstehen, dass das Tuch zuerst in das Glas mit blauer Flüssigkeit
 1124 gegeben werden soll und dann ...
 1125 VK1: ... ins leere Glas ausdrücken.
 1127 VK2: Das ist kein Zaubertrick!
 1129 LA: Ich falte also das Papier, rolle es zusammen ...
 1130 VK2: Ja genau! So hab ich mir das auch gedacht!
 1133 VK2: Ja, das funktioniert sicher.
 1134 LA: Ich falte also so eine Brücke und hänge sie hier hinein. Was wird denn dann passieren?
 1135 VK1 und VK2 gleichzeitig: Das (Wasser) fließt hinüber.
 1137 VK2: Weil dann kommt da Farbe, steigt hier hinein und dann rinnt es unten heraus.

Ebenso weisen die Aussagen der Kinder darauf hin (Zeilen 48 bis 1578 im Transkriptausschnitt unten), dass die Kinder das Modell der „Strohhalme“ nicht nur akzeptieren, sondern auch meinen, dass diese notwendig wären, damit die Kindergartenkinder das Experiment überhaupt verstehen können (vgl. Aussage VK1 in Zeile 1572). Dem Kind VK4 gelingt sogar ein Transfer vom Bild mit dem Holzstück und sichtbaren „Leitungsbahnen“ zum Papier der Küchenrolle, wo diese Kapillaren ja nicht so deutlich sichtbar sind.

Anreiz	Didaktische Begründung
Abbildung „Leitungsbahnen im Holz“	Betrachten einer rasterelektronenmikroskopischen Aufnahme sowie eines Pappmodells zur Veranschaulichung von Aufbau und Funktion der Leitungsbahnen in Pflanzen (hands-on).
Modell „Leitungsbahnen in Pflanzen“ (Pappmodell)	Die Probandinnen/Probanden untersuchen den Aufbau der Leitungsbahnen in Pflanzen anhand der Abbildung bzw. des Modells. Kontextbildung: Papier wird aus Holz bzw. Pflanzenfasern hergestellt. Es erfolgt der Vergleich der Funktion des pflanzlichen Leitungsbahnsystems und der Wirkung des Kapillareffektes mit jener im handelsüblichen Trinkstrohhalm unter Anknüpfung an die Erlebnis- und Erfahrungswelt des Kindes (minds-on). Kontextbildung: „Die geheimnisvolle Wasserleitung“

Tabelle 3: Material „Leitungsbahnen“ als Anreiz und seine didaktische Begründung.

- 48 LA: Ich habe euch etwas mitgebracht! (LA zeigt das Pappmodell.) Wenn ihr euch das anschaut, sieht es doch aus
 49 wie ein Stück mit kleinen Strohhalmen drinnen, oder? (Die Kinder stimmen zu und schauen sich das Modell inter-
 50 ressiert an.) Ich verrate euch etwas: Bei einer Pflanze, egal ob bei einer Blume oder bei einem Baum, schaut das
 51 innen auch so aus, denn die Pflanze muss ja das Wasser vom Boden hinauf saugen.
- 710 LA: Das sind die Leitungsbahnen im Holz. Im Baumstamm ist das auch so. Da sind auch diese Leitungsbahnen -
 711 diese Strohhalme - drinnen. ... Auch in jeder Blume. Damit der Baum Wasser aus der Erde über die Wurzeln
 712 hinauf saugen kann, bis zur Baumkrone und den Blütenblättern. Und dort funktioniert es genauso (zur Papier-
 713 blume deutend). (Die Kinder betrachten aufgeregt die Abbildung bzw. die Papierblume.)
- 942 LA (zu VK1): Wenn du das zu Hause erzählen würdest ... Warum funktioniert das so mit dem Papier?
 943 VK4: Weil da auch kleine Strohhalme drinnen sind, weil es aus Holz gemacht ist.
- 1563 LA (zeigt das Foto mit der Aufnahme der Leitungsbahnen): Sagt mal, ihr habt gestern dieses ...
 1564 VK1 (deutet zur Fotografie): Ja, das sind die Strohhalme! Die da!
 1565 VK2 (deutet zu den großen Leitungsbahnen): Ja, das hier sind auch alles die Strohhalme – nicht nur das!
 1566 LA: Genau! Hat euch dieses Bild gestern dabei geholfen, es zu verstehen?
 1567 VK1 nickt zustimmend.
- 1571 LA: Möchtet ihr diese Bilder verwenden, um es den Kindergartenkindern zu zeigen?
 1572 VK1: Ich glaube schon, weil ich weiß nicht, ob sie es sonst so gut verstehen.
- 1573 LA: Also das Bild hat dir gut geholfen, um zu sehen, wie das aussieht?
 1574 VK1: Ja, weil sonst denken sie: Wie groß sind die jetzt? Sind die sehr groß oder ... klein? (gestikuliert)
- 1575 LA (zeigt das Pappmodell): Hat dir das geholfen? War das für dich wichtig?
 1576 VK1 nickt zustimmend.
 1577 VK2: Ja! Dann können ...
 1578 VK1: Dann können wir die Strohhalme mit der Lupe anschauen.

Anreiz	Didaktische Begründung
Rhabarber Färbelösung Lupe	Ein Stück Rhabarber wird in blaue Färbelösung eingebracht. Die Schüler/innen betrachten den Pflanzenstängel mit der Lupe. Die Testpersonen übertragen die Erkenntnisse aus dem Experiment zur geheimnisvollen Wasserleitung auf die Wirkungsweise des Kapillareffektes in Pflanzenstängeln (minds-on). Kontextbildung: „Die geheimnisvolle Wasserleitung“ in Pflanzen Durch Auseinanderschneiden des Rhabarbers und Betrachten der pflanzlichen Leitungsbahnen mit der Lupe (hands-on) wird die Effektivität des Kapillareffektes überprüft. Kontextbildung: Pflanzen nutzen die Wirkungsweise des Kapillareffektes.

Tabelle 4: Material „Leitungsbahnen“ als Anreiz und seine didaktische Begründung.

- 1192 LA (zu allen Kindern): Ich zeige dir etwas. Ich habe dir ein Stück Rhabarber mitgenommen, der wächst im Garten.
 1193 Ich habe ihn deshalb mitgenommen, weil man hier diese Röhrchen, diese Strohhalme, recht gut sieht. Schau mal!
 1194 Siehst du diese Striche?
 1195 Alle Kinder stimmen zu.

- 1196 LA: Das sind die Strohhalme. Durch diese Strohhalme saugt jede Pflanze, also auch jede Blume, das Wasser von
 1197 der Erde bis hinauf. Wenn ich diese Pflanze in blau gefärbtes Wasser hineingebe, was würde dann passieren?
 1198 VK2: *Sie saugt es auf.*
- 1199 LA: Sollen wir das ausprobieren?
 1200 Alle Kinder stimmen zu.
- 1201 LA: Weil das nicht ganz so flott geht, habe ich diesen hier heute in der Früh schon ins blaue Wasser gelegt. (LA
 1202 zeigt den blau gefärbten Rhabarber.) Siehst du diese blauen Tupfen? (Die Kinder stimmen erstaunt zu.)
 1203 LA: Ich habe ihn in der Mitte auseinandergeschnitten. Hier siehst du schon die Strohhalme. Da geht das Wasser
 1204 durch, und weil ich es blau gefärbt habe, sieht man es so gut.

Die anschließende Reflexion, angelehnt an die Methode der Akzeptanzbefragung, verdeutlicht, dass die Kinder die wesentlichen Inhalte zur Beschreibung des behandelten Phänomens unter Auslassung der Indikatoren Adhäsion/Kohäsion erfassen, die angebotene Erklärung als verständlich einstufen und sich in der Lage sehen, das Experiment sowie den kindgerecht aufbereiteten wissenschaftlichen Hintergrund an Dritte zu vermitteln (vgl. Zeilen 426 bis 436, 739 bis 756 im Transkriptausschnitt). VK4 erkennt zudem, dass der Prozess der Kapillarwirkung mit Beendigung des Experimentes nicht per se abgeschlossen ist und sich die Margeritenblüte infolge des Weitertransports der Flüssigkeit färben wird (vgl. Aussage VK2 in Zeile 641). Die Aufforderung an die Kinder, die Wirkweise der Kapillarität mit eigenen Worten zu beschreiben und anhand weiterer Beispiele zu konkretisieren, lässt gute Entwicklungsfortschritte zu naturwissenschaftlichem Verständnis erkennen (vgl. Zeilen 1171 bis 1701). Dies zeigt sich auch in der von den Kindern BK (Besucherkind) und VK2 demonstrierten Problemorientierung, indem sie feststellen, dass für das Auftreten des Phänomens das Vorhandensein von Kapillaren („Strohhalmen“) grundlegende Voraussetzung ist (vgl. Zeilen 1887 bis 1890). Die Relevanz frühzeitiger, kindgerechter Heranführung an Naturphänomene zur Ausbildung einer positiven Interessenshaltung kann bestätigt werden (vgl. Zeilen 1472 bis 1475).

- 426 LA: Könntest du es am Nachmittag einem anderen Kind erklären? Könntest du dich da noch daran erinnern?
 429 VK1: Ich merk mir das schon!
 430 VK3: Ich merk mir das auch.
 432 LA: Und was würdest du also machen? Wenn du mir ganz schnell erklärst, was du machst und dafür brauchst ...?
 435 VK2: Eine Färbung und ein Papier und zwei Gläser.
 436 LA (zu VK2): ... und Wasser.
 609 VK2: [...] Ich hab das gar nicht gedacht, dass das funktioniert.
 610 VK4: Ja, ich hab das auch nicht so gewusst.
 639 LA: Und wenn wir die Blume hier über Nacht in dem blauen Wasser stehen lassen, dann wird sie morgen be-
 640 stimmt auch schon ganz gefärbt sein.
 641 VK2: *Oder ganz blau.*
 739 LA: Wenn du das heute Nachmittag deiner Mama erklärst. Was sagst du dann? Was passiert da?
 741 VK4 zeigt auf: Ich sage zum Beispiel, das geht rüber (zeigt auf den Versuch).
 742 VK1: Das zeig ich heut der Mama!
 743 VK4: ... weil da so Strohhalme drinnen sind.
 754 VK2: Das saugt es an und wird in den Strohhalmen hinauf gesaugt ... wie die Blume ... siehst du?
 756 VK2: Da schneidet man die Blume ab und der Strohalm hat so ein Loch und da kann das Wasser hinein. ...
- 1168 LA: Wie heißt denn das?
 1169 VK3: Irgendwas „-infekt“, oder so.
 1170 VK4: Vielleicht Kapillareffekt.
 1171 LA: *Kapillareffekt! ... Was ist denn das, der Kapillareffekt? ...*
 1174 VK1: *Strohhalme!*
 1175 VK2 (deutet zum Experiment): *Das da!*
 1212 VK3 (zum Experiment deutend): *Dass das da hinüber geht.*
 1225 VK3 und VK4 (gestikulierend): Das saugt sich dann so hinunter.
 1226 LA: Weil im Papier ist was drinnen?
 1227 VK3 und VK4: Strohhalme.
 1460 LA: *Und wie würdest du das erklären? Warum breitet sich das Wasser aus? Was würdest du sagen?*
 1461 VK2: *Dass die Röhren das Wasser raufleiten (gestikuliert).*

- 1697 LA zu VK2: Wo wird denn dieser Strohhalmeffekt ... Wo ist das denn noch?
 1698 VK2: *Im Papier.*
 1699 VK1: *Bei den Bäumen und fast überall.*
 1701 VK1: *Und bei den Blumen.*
 1702 VK1 (greift zum Rhabarber): Schaut, das könnt ihr euch auch noch anschauen. Das Rote, da fließt ... da ist Farbe
 1703 hinein geronnen. Das sind die Strohhalm.
 1887 BK: *Und das Geld hat keine Löcher, darum taucht es unter.*
 1888 VK1 (überlegt): *Also in den meisten Pflanzen sind solche Strohhalm ... und im Papier. Nicht in einem Geldstück.*
 1889 *Wenn du ein Geldstück hast und das da oben abhackst, dann sind doch keine Löcher. Wenn Löcher wären, dann*
 1890 *würden sie's auch aufsaugen.*
 1472 LA: Hat's euch Spaß gemacht?
 1473 Alle KK stimmen zu.
 1474 LA: Seid ihr eigentlich Forscher? Macht ihr das gerne?
 1475 VK2: *Ich möchte am liebsten, wenn ich groß bin, Forscherin sein.*
 1476 VK1: *Vielleicht werde ich Sängerin oder Forscherin, ich weiß noch nicht.*

6 Zusammenfassung und Ausblick

Das eingesetzte Lernszenario ist geeignet, die Interessenshaltung, Problemorientierung und Problemlösefähigkeit von jungen Kindern positiv zu beeinflussen. Die Materialien erweisen sich als altersgemäß passend, haben einen hohen Aufforderungscharakter, wecken die Neugierde der Kinder und begünstigen das Entwickeln von Fragestellungen wie auch das selbsttätige Ausprobieren. Darüber hinaus ermöglicht die Lernumgebung, im Sinne verstehenden Lernens durch Rückführen des Unbekannten auf Bekanntes sowie durch Anknüpfen an die kindliche Lebenswirklichkeit, ein eigenständiges Finden von Problemlösestrategien.

Die bloße Aufgabenstellung, Flüssigkeit von einem Glas in das andere zu transportieren, wäre für Kinder eine mehrheitlich eintönige Pflichtübung. Die Blume im leeren Wasserglas bringt die nötige Motivation und Identifikation mit der Problematik, die Pflanze möglichst rasch, unter Verwendung der beigelegten Hilfsmittel, mit Wasser zu versorgen. Das Zeigen der rasterelektronenmikroskopischen Aufnahme der Leitungsbahnen im Holz lässt die Zielgruppe in die Forscherszene eintauchen und gewährt zugleich, durch die offensichtliche Ähnlichkeit in Aussehen und Funktion mit herkömmlichen Trinkstrohhalm, eine leichte Anknüpfungsmöglichkeit an die Vorstellungswelt der Probandinnen und Probanden. Durch das beigelegte Anschauungsmodell aus Karton wird es den Kindern ermöglicht, das Gehörte und Gesehene schließlich auch zu „be-greifen“. Der in die Färbelösung eingelegte Rhabarber vollendet die gedankliche Übertragung des Phänomens von in vitro zur In-vivo-Situation in der Natur und zeigt, durch die Lupe betrachtet, auf eindrucksvolle Weise den Aufbau und die Funktion des Kapillar- und Leitbündelsystems der Pflanze.

Mithilfe von Experimenten kann es gelingen, junge Kinder in Fragehaltung zu bringen und naturwissenschaftliches Verständnis zu entwickeln, wenn hierbei der Fokus unter Nutzung einer geeignet strukturierten Lernumgebung auf der Förderung der Interessenshaltung, der Problemorientierung und der Problemlösefähigkeit liegt. Die Ergebnisse der Analyse verdeutlichen die Notwendigkeit, bei der Selektion der Experimente sowie des Materialangebots neben der selbstverständlichen Altersgemäßheit gewissenhaft auf den Bezug zur Erlebnis- und Erfahrungswelt des Kindes zu achten, damit dem lernenden Kind ein Anknüpfen an Bekanntem als sichere Basis zum Beschreiten von neuem Terrain ermöglicht wird. Bei der Wahl und Aufbereitung der experiment-spezifischen Utensilien und Unterlagen ist das Augenmerk auf einen hohen Aufforderungscharakter im Sinne von Motivation, Aufmerksamkeit und Neugierde als Triebkraft zur Entfaltung einer aktiven Anteilnahme, einer Auseinandersetzung mit der Sachlage sowie ein Entwickeln von Fragestellungen (Problemorientierung) zu lenken. Daraus initiiert kann ein eigenständiges Projektieren von Problemlösestrategien durch Anknüpfen an die kindliche Lebenswirklichkeit im Sinne einer Problemlösefähigkeit ansetzen. Abschließend bleibt zu unterstreichen, bei der Wahl der Experimente sowie jener des Materialangebots darauf Bedacht zu nehmen, Faktoren zu vermeiden, die einen störenden Einfluss auf das angedachte Lernziel beinhalten und/oder von diesem ablenken.

Die Forschungsergebnisse belegen, dass die Testpersonen eine signifikante Steigerung des wissenschaftlichen Verständnisses des Phänomens Kapillarwirkung erfahren. Die Untersuchung der Relevanz der zum Einsatz gekommenen Materialien und Unterlagen verdeutlicht deren Wesentlichkeit für die Entwicklung einer Fragehal-

tung, letztendlich von Fachwissen. Sie unterstreicht jedoch auch, dass Lernen in einem kumulativen Konstruktionsprozess durch Anknüpfen an vorhandene Denkstrukturen erfolgt und Einflüsse, welche Anknüpfungspunkte voraussetzen, die im kindlichen Gehirn noch nicht angelegt wurden und/oder von der beabsichtigten Lernsituation ablenken, eine Störung, gegebenenfalls das Misslingen der Unterrichtsintention bewirken können. Neben dem aktiven, selbst gesteuerten, konstruktiven und situativen Erfassen wird durch derartige Lernszenarien ein kooperatives und soziales Miteinander gefördert, welches den Austausch von Erfahrungen und Interpretationen anregt.

Literatur

Götz, M., Kahlert, J., Fölling-Albers, M., Hartinger, A., von Reeken, D. & Wittkowske, St. (2007). Didaktik des Sachunterrichts als bildungswissenschaftliche Disziplin. In: Kahlert, J., Fölling-Albers, M., Götz, M., Hartinger, A., von Reeken, D. & Wittkowske, St. (Hrsg.): Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Klinkhardt. S. 11-30.

Grygier, P. (2008). Wissenschaftsverständnis von Grundschulern im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Heran-Dörr, E. (2011). Von Schülervorstellungen zu anschlussfähigem Wissen im Sachunterricht. Publikation des Programms SINUS an Grundschulen, IPN Kiel.

Jahn, R. (2014). Lernszenarien zur Förderung des Verständnisses von Naturphänomenen. Eine empirische Studie zum Forschungsprojekt NawiFF. Bachelorarbeit PH NÖ.

Jung, W. (1992). Probing Acceptance. A technique for investigating learning difficulties. In: Duit, R., Goldberg, F. & Niedderer, H. (Eds.). Research in Physics Learning. Theoretical Issues and Empirical Studies. Kiel. S. 278-295.

Köhnlein, W. (1991). Annäherung und Verstehen. In: Lauterbach, R., Köhnlein, W., Spreckelsen, K. & Bauer, H.F. (Hrsg.) (1991). Wie Kinder erkennen. Vorträge des Arbeitstreffens zum naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht am 26. und 27. März 1990 in Nürnberg. Arbeitskreis Sachunterricht in der GDCP. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften. S. 7-20.

Köster, H. (2006). Freies Explorieren und Experimentieren – eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht. Berlin: Logos-Verlag.

Lück, Gisela (2000). Naturwissenschaften im frühen Kindesalter. Untersuchungen zur Primärbegegnungen von Kindern im Vorschulalter mit Phänomenen der unbelebten Natur. Münster: LIT Verlag.

Lück, G. (2002). Experimente schon im Kindergarten. Pressedienst Forschung Nr. 21. Universität Bielefeld.

Lück, Gisela (2003). Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung. Theorie und Praxis für die Arbeit in Kindertageseinrichtungen. 5. Auflage. Freiburg: Herder.

Lück, Gisela (2006). Was blubbert da im Wasserglas? Kinder entdecken Naturphänomene. Freiburg: Herder.

Mayring, PH. (2002). Einführung in die qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken (5. Auflage). Weinheim und Basel: Beltz.

Meyer, K. (2008). Gendergerechtes Experimentieren im Vorschulalter? Eine empirische Untersuchung zur frühen naturwissenschaftlichen Kompetenzentwicklung von Mädchen und Jungen im Elementarbereich. Masterarbeit, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.

Möller, K. (2001). Lernen im Vorfeld der Naturwissenschaften – Zielsetzungen und Forschungsergebnisse. In: Köhnlein, W. & Schreier, H. (Hrsg.). Innovation Sachunterricht – Befragung der Anfänge nach zukunftsfähigen Beständen. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 2001 (Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts Band 4), S. 275-298.

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: Beltz. Zeitschrift für Pädagogik, 45, S. 176-191.

Nölke, C., Steffensky, M., Lankes, E.-M. & Carstensen, C. (2011). Naturwissenschaftliche Interessiertheit im Elementarbereich (SnaKE-Projekt). In: Bernholdt, S. (Hrsg.). Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. GDCP-Jahrestagung Oldenburg 2011.

Ollerenshaw, C., Ritchie, R. & Rieder, K. (2000). Kinder forschen. Naturwissenschaften im modernen Sachunterricht. Wien: ÖBV & HPT Verlag.

Rösler, A. & Welzel, M. (2007). Wie Kinder die Welt entdecken – Forschungsdesign für eine Fallstudie. In: Höttecke, D. (Hrsg.). Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. LIT Verlag Münster, S. 257-259.

Steffe, L. P. (1983). The Teaching Experiment Methodology in a Constructivist Research Program. In: Zweng, M., Green, T., Kilpatrick, J., Pollack, H. & Suydam, M. (Eds.). Proceedings of the Fourth International Congress on Mathematical Education. Birkhäuser: Boston, Massachusetts.

Stern, E. & Möller, K. (2004). Der Erwerb anschlussfähigen Wissens als Ziel des Grundschulunterrichts. In: Lenzen, D, Baumert, J, Watermann, R. & Trautwein, U. (Hrsg.). PISA und die Konsequenzen für die erziehungswissenschaftliche Forschung. S. 25-36.

Vogt, F., Leuchter, M., Tettenborn, A., Hottinger, U., Jäger, M. & Wannack, E. (2011). Entwicklung und Lernen junger Kinder. Waxmann.

Wagenschein, Martin (2003): Kinder auf dem Wege zur Physik. Weinheim: Beltz Verlag.

Wiesner, H. & Wodzinski, R. (1996). Akzeptanzbefragungen als Methoden zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen. In: Duit, R. & von Rhöneck, C. (Hrsg.). Lernen in den Naturwissenschaften. IPN, Kiel.

¹ [NÖ Bildungsplan für Kindergärten \(http://www.noe.gv.at/bilder/d48/BP1_Rahmenplan_Oesterreich.pdf\)](http://www.noe.gv.at/bilder/d48/BP1_Rahmenplan_Oesterreich.pdf)

² [Österreichischer Lehrplan Sachunterricht für Volksschulen \(http://www.bmukk.gv.at/medienpool/14051/lp_vs_7_su.pdf\)](http://www.bmukk.gv.at/medienpool/14051/lp_vs_7_su.pdf)

³ [Leitungsbahnen im Holz \(http://www.balsaworld.com/files/images/fotos/images/balsamicro2.jpg\)](http://www.balsaworld.com/files/images/fotos/images/balsamicro2.jpg)