

„THE OPPOSITE OF SOUR IS SWEET“ – CHEMICAL ASPECTS IN TEXTBOOKS FOR SCIENCE TEACHING IN PRIMARY SCHOOL

„DAS GEGENTEIL VON SAUER IST SÜß“ – CHEMISCHE ASPEKTE IN SACHUNTERRICHTSBÜCHERN DER PRIMARSTUFE

Christian Nosko^{a,c*}, Susanne Jaklin-Farcher^{b,c}, Anja Lembens^c

^aKirchliche Pädagogische Hochschule Wien/Krems

^bPädagogische Hochschule Wien

^cUniversität Wien, Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie (AECC Chemie)

*Address all correspondence to Christian Nosko, christian.nosko@univie.ac.at

ABSTRACT

Science and technological education in primary school has diverse aims. They reach from providing opportunities for basic learning and gaining experiences to preparatory steps for understanding biology, chemistry and physics in secondary school to initiating the development of scientific literacy. The challenge for teachers is to choose and reflect suitable topics and methods for designing effective learning environments. Sources for lesson preparation very often are textbooks for science and technology education in primary school. The quality of the used textbooks is of crucial but not sufficient importance for successful teaching because primary science teachers often do not have a university degree in science. For this reason, textbooks for primary school should be especially correct and coherent in terms of scientific concepts and appropriate in relation to the target group. In this paper, we present selected findings concerning an analysis of Austrian textbooks for science teaching in primary school with particular focus on the topic of ‘acids and bases’.

ABSTRACT

Der naturwissenschaftliche und technische Sachunterricht in der Primarstufe hat vielfältige Aufgaben, die von der Bereitstellung von Lern- und Erfahrungsräumen über die Vorbereitung auf die entsprechenden Fächer in den weiterführenden Schulen bis zur Anbahnung einer angemessenen naturwissenschaftlichen und technischen Grundbildung reichen. Lehrkräfte stehen vor der Herausforderung, geeignete Themen und Methoden für die Konzeption von wirksamen Lerngelegenheiten zu finden und entsprechend aufzubereiten. Quellen für die Vorbereitung von Lerngelegenheiten sind oftmals gedruckte Schulbücher für den Sachunterricht. Da Sachunterrichtslehrende oft kein grundständiges naturwissenschaftliches Studium absolviert haben, ist die Qualität der von ihnen für die Vorbereitung des Unterrichts verwendeten Schulbücher ein wesentlicher aber nicht hinreichender Faktor für gelingenden Unterricht. Sachunterrichtsschulbücher sollten daher in Bezug auf die fachliche Richtigkeit und Logik sowie die fachdidaktische Angemessenheit besonders konsistent sein. In diesem Artikel stellen wir Ergebnisse der Analyse österreichischer Sachunterrichtsbücher vor und vertiefen diese am exemplarischen Beispiel des Themenfeldes ‚Säuren und Basen‘.

Keywords: Primarstufe, Sachunterricht, Schulbücher, Chemie, ‚Säuren und Basen‘

Accepted: 12/2018

1. DER SACHUNTERRICHT IN DER PRIMARSTUFE

Die Grundschule, in Österreich als Volksschule bezeichnet, hat das Ziel, allen Schülerinnen und Schülern im Rahmen der Primarstufe eine grundlegende Bildung zu vermitteln. Die vierjährige gemeinsame Schule ist in eine Grundstufe I (1. und 2. Schulstufe) sowie eine Grundstufe II (3. und 4. Schulstufe) untergliedert. Der Sachunterricht, der aufgrund seiner inhaltlichen Vielfältigkeit eine Sonderfunktion einnimmt, soll die Schülerinnen und Schüler dabei unterstützen, ihre „unmittelbare und mittelbare Lebenswirklichkeit zu erschließen“ (Lehrplan der Volksschule 2012, S. 84). Darüber hinaus weist der Sachunterricht eine Mehrperspektivität in mehrerlei Hinsicht auf:

- Die fachlichen Inhalte des Sachunterrichts beleuchten die Lebensrealitäten der Kinder aus

verschiedenen Blickwinkeln, die jeweils unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen bzw. Unterrichtsfächern der Sekundarstufe zuzuordnen sind.

- Die Didaktik des Sachunterrichts referenziert auf ein erhebliches Bündel von Bezugswissenschaften.
- Das Unterrichtsfach bewegt sich in einem Spannungsfeld zwischen Kindorientierung und Wissenschaftsorientierung.
- Die Ausrichtung des Sachunterrichts hat eine dreifache Anschlussfähigkeit zu berücksichtigen: das Aufgreifen der vorschulischen Lebenswelterfahrung, den Bezug zum aktuellen Alltag und zu den Lebenswirklichkeiten der Kinder sowie die Vorbereitung auf zukünftige Herausforderungen im weiteren Bildungsverlauf (vgl. Frantz-Pittner et al. 2015, S. 817).



Diese Mehrperspektivität bringt einige Herausforderungen für den Unterricht mit sich, zeigt aber auch das große Potential des Faches auf. Wesentlich für die Konzeption des Sachunterrichts ist es, einen Lerngegenstand nicht aus der Sicht eines einzelnen Fachs, sondern von verschiedenen Seiten zu betrachten (vgl. Duncker 2013, S. 3). Umgeher (2004, S. 343) bezeichnet dies als „Vernetzung zwischen den einzelnen Erfahrungs- und Lernbereichen“. Themen werden unter unterschiedlichen Aspekten betrachtet, was im Sinne einer Vernetzung, eines Gesamtbildes und der Anbahnung einer Grundbildung sinnvoll ist.

Problematisch wird dies, wenn ein Unterricht, wie Marquardt-Mau (2013, S. 2) ihn skizziert, eine Ansammlung von voneinander unabhängigen Gedichten, einzelnen Versuchen und Liedern zum Beispiel zum Thema ‚Wasser‘ beinhaltet: „In diesem bewusst überspitzt gezeichneten Beispiel kann weder die Vielfältigkeit der mit ‚Wasser‘ verbundenen naturwissenschaftlichen und technischen Phänomene und Fragestellungen noch die Bedeutung von ‚Wasser‘ in kulturellen, historisch, gesellschaftlichen Kontexten bearbeitet werden.“ Wird der fachwissenschaftliche Kontext nicht beachtet, kann dies dazu führen, dass die (fachwissenschaftlichen) Zusammenhänge von den Lernenden nicht erkannt werden können und dadurch die notwendige Anschlussfähigkeit nicht erreicht werden kann. Darüber hinaus werden naturwissenschaftliche Phänomene dadurch als ‚magisch‘, weil nicht erklärbar wahrgenommen. Hier sei angemerkt, dass das eine (das Gesamtbild) das andere (die fachwissenschaftlichen Zusammenhänge und dadurch die Anschlussfähigkeit) nicht ausschließt. Fthenakis (2009, S. 87-90) gibt einen Überblick über Aspekte, unter denen das Thema ‚Wasser‘ bearbeitet werden kann: Wasser kann als Rohstoff, als Verkehrsweg, als Energiequelle, als Lebensraum betrachtet werden. Man kann sich mit den Eigenschaften von Wasser und Wasserkreisläufen beschäftigen, Wasser mit allen Sinnen erleben und überlegen, wie Wasser zur Freizeitgestaltung von Menschen verwendet wird. Andererseits können auch die Zusammenhänge zwischen ‚Wasser‘ und anderen naturwissenschaftlichen Themen wie Akustik, Licht, Wetter, Feuer, Jahreszeiten, Luft, Boden, Pflanzen und Tieren hergestellt werden, wodurch naturwissenschaftliche Grundkenntnisse und Kompetenzen für naturwissenschaftliches Denken und Handeln vertieft werden.

2. NATURWISSENSCHAFTEN IM SACHUNTERRICHT

Mittlerweile ist unumstritten, dass bereits im Primarbereich mit dem Aufbau einer naturwissenschaftlichen Grundbildung begonnen werden sollte (vgl. Möller et al. 2014, S. 528). Naturwissenschaften und Technik sind in der Primarstufe in den Fächern Sachunterricht und Technisches Werken verortet, wobei der Sachunterricht, aufgrund der Vielfalt seiner Fachbezüge, auf eine Vielzahl an Bezugswissenschaften zurückgreift. Als Bezugswissenschaften für den

naturwissenschaftlich-technischen Bereich können Biologie, Chemie und Physik genannt werden, die auch für die Anschlussfähigkeit von Bedeutung sind.

Aus zahlreichen Studien ist bekannt, dass die Motivation von Primarstufenkindern, sich im Sachunterricht mit naturwissenschaftlichen Inhalten zu beschäftigen, durchgängig hoch ist. Auch sind diese Kinder bereits in der Lage, sich mit anspruchsvollen naturwissenschaftlichen Themen auseinander zu setzen (vgl. Kahlert & Demuth 2007, S. 7; Möller 2007, S. 8). Eine Auseinandersetzung mit solchen Themen soll im Unterricht folgendermaßen erfolgen: „In geeigneten Lernumgebungen und entsprechenden Unterrichtssettings erhalten die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, selbsttätig handelnd, spielerisch und explorierend-forschend, aber auch strukturiert und geleitet vielfältige Erfahrungen mit Natur- und Technikphänomenen“ (Pokorny & Schmidt-Hönig 2015, S. 2) zu machen. Unter Beachtung des pädagogischen Grundkonzepts des Sachunterrichts (Kindgemäßheit, Gesellschaftsorientiertheit, Sachgerechtigkeit sowie Prozess- und Produktorientiertheit, vgl. Boyer 2004, S. 287-290) ergibt sich folgende Forderung: „Alle Lernstrategien und auch alle Lerninhalte sind in der Grundschule prinzipiell so zu vermitteln, dass sie auf höheren Schulstufen kontinuierlich weitergeführt werden können. Was das Kind ‚unten‘ lernt, darf ‚oben‘ nicht falsch oder nur halbrichtig sein.“

Auch wenn Primarstufenlehrerinnen und -lehrer Naturwissenschaften als sehr wichtig ansehen, ist der naturwissenschaftliche Anteil des Sachunterrichts, der die Schulfächer Chemie und Physik vorbereiten könnte, im schulischen Alltag sehr gering, während biologische Themen mehr favorisiert werden (vgl. Kauertz 2012; Lück 2004). Möller (2004, S. 81) formuliert das Problem treffend: „Grundschullehrkräfte fühlen sich für das Unterrichten von Themen, die über den biologischen Bereich hinausgehen, häufig nicht ausreichend qualifiziert. Ihr eigenes Fähigkeitsselbstbild im Hinblick auf Kompetenzen außerhalb der Biologie scheint häufig negativ zu sein.“ Der Mangel an Kompetenzen lässt sich dadurch erklären, dass viele der Primarstufenlehrkräfte in der Oberstufe wenig Chemie- bzw. Physikunterricht hatten, im Studium mit chemischen und physikalischen Inhalten kaum in Berührung kamen bzw. chemische und physikalische Inhalte im Studium eher mieden. Dies ist insofern problematisch, als chemische und physikalische Phänomene und Prozesse im Alltag stets präsent sind, im Unterricht aber kaum Niederschlag finden.

3. ‚SÄUREN UND BASEN‘ IM LEHRPLAN DER PRIMARSTUFE

In diesem Artikel soll der Fokus auf das Themenfeld ‚Säuren und Basen‘ gesetzt werden, das nicht nur aus fachwissenschaftlicher und fachdidaktischer Perspektive als relevantes Thema in der Chemie angesehen werden muss, sondern auch lebensweltlichen Bezug aufweist und für den Aufbau eines verantwortungsbewussten sowie umweltgerechten Handelns von Bedeutung ist (vgl. Lehrplan der Volksschule 2012, S. 86). Mit dem Begriff

„Säure“ wird oft etwas „Ätzendes, Gefährliches“ verbunden. Kindern wird gesagt, dass „Säure und Zucker schlecht für die Zähne sind“; es wird mit Hilfe von Zitronensäure ein Wasserkocher entkalkt oder mit Essig „ohne Chemie geputzt“; die Haut hat einen „Säureschutzmantel“ u.v.m. Im Haushalt finden sich Laugengebäck, Basenpulver als Nahrungsergänzungsmittel und basische Reinigungsmittel.

Eine kurze Auseinandersetzung mit dem Lehrplan soll eine mögliche Verortung des Themenfeldes „Säuren und

Basen“ aufzeigen: Der Sachunterricht der österreichischen Primarstufe ist in die Erfahrungs- und Lernbereiche Gemeinschaft, Natur, Raum, Zeit, Wirtschaft und Technik unterteilt. Besonders die Erfahrungs- und Lernbereiche Natur und Technik (siehe Abb. 1) sind für den Aufbau einer naturwissenschaftlichen Grundbildung von Bedeutung. Allerdings gibt es keine verpflichtenden Vorgaben, wie diese Teilbereiche im Unterricht zu gewichten sind.

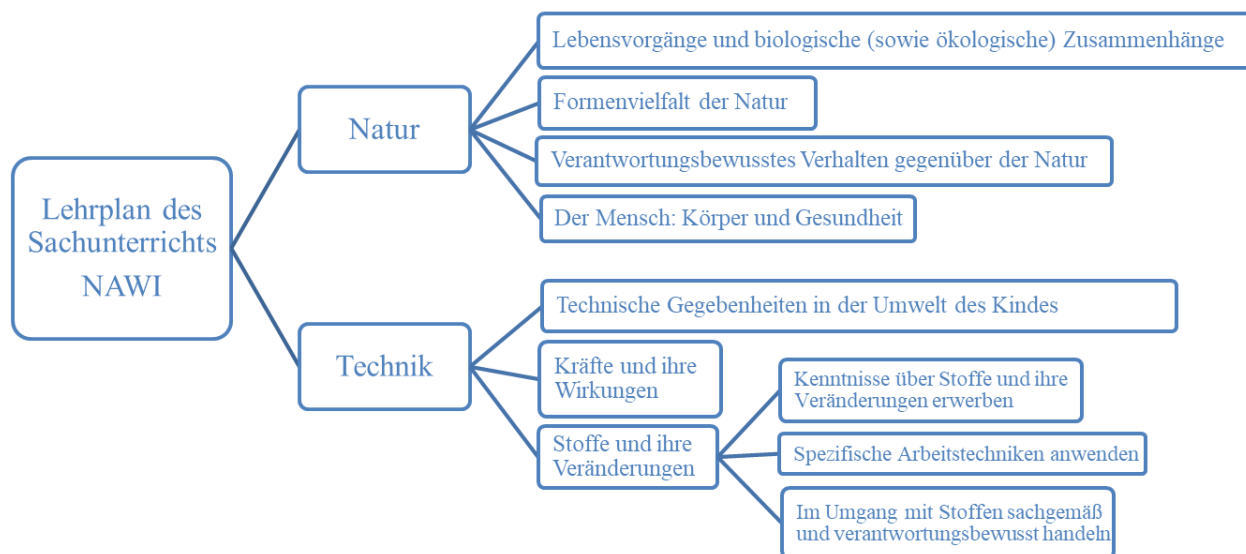


Abb. 1. Übersicht über den naturwissenschaftlichen Anteil des Lehrplans der Primarstufe

Der Erfahrungs- und Lernbereich *Natur* „gewinnt seine Inhalte aus der Begegnung des Schülers [der Schülerin] (Anm. der AutorInnen) mit der ihn [sie] umgebenden Natur und aus den Erfahrungen mit dem eigenen Körper“ (Joppich 2004, S. 304) und ist im Lehrplan in folgende Abschnitte unterteilt:

- Lebensvorgänge und biologische (sowie ökologische) Zusammenhänge
- Formenvielfalt in der Natur
- Verantwortungsbewusstes Verhalten gegenüber der Natur
- Der Mensch: Körper und Gesundheit

Als zweiter Erfahrungs- und Lernbereich mit einem naturwissenschaftlichen Bezug kann der Teilbereich *Technik* angesehen werden. Die „Teilbereichsbezeichnung ‚Technik‘ ist nicht im Sinne einer wissenschaftlichen Disziplin zu verstehen, sondern als anthropologisch begründete Sichtweise eines Ausschnitts der realen Lebenswelt des Kindes“ (Umgeher 2004, S. 336). Dieser Teilbereich ist in folgende Abschnitte unterteilt, die einen chemischen und physikalischen Bezug aufweisen:

- Technische Gegebenheiten in der Umwelt des Kindes
- Kräfte und ihre Wirkungen
- Stoffe und ihre Veränderungen

Chemische Inhalte werden im Abschnitt „Stoffe und ihre Veränderungen“ behandelt, der sich im Lehrplan folgendermaßen gliedert:

- Kenntnisse über Stoffe und ihre Veränderungen erwerben
- Spezifische Arbeitstechniken anwenden
- Im Umgang mit Stoffen sachgemäß und verantwortungsbewusst handeln

Saure und basische Lösungen bzw. „Säuren und Basen“ sind Begriffe, die im Lehrplan des Sachunterrichts nicht explizit genannt werden. Dennoch gibt es eine Vielzahl von Versuchen, die immer wieder Anwendung finden und Anknüpfungspunkte bieten, z. B. wird in zahlreichen „Experimentierbüchern“ die Bildung von Kohlenstoffdioxid aus Kalk und Essig beschrieben. Für den Sachunterricht ist es daher von zentraler Bedeutung, in welcher Weise das Themenfeld „Säuren und Basen“ in Schulbüchern vertreten und vernetzt ist.

4. SCHULBÜCHER IM SACHUNTERRICHT

Lehrpläne besitzen allerdings, wie Adamina (2014, S. 361) betont, keine direkte, sondern vielmehr eine indirekte Wirksamkeit über Schulbücher und andere Unterrichtsmaterialien: „Lehrmittel beeinflussen in hohem Masse das Lehren und Lernen.“ Schulbücher können

nach Oelkers (2010, S. 18) als „Rückgrat des Unterrichts“ angesehen werden. Für ihn sind es die Lehrmittel, die den Unterricht übersichtlich halten, die Komplexität von Themen reduzieren oder auch die Struktur von Aufgaben bestimmen. Schmit (2014, S. 86-88) verweist auf die vielfältigen Möglichkeiten zur Verwendung eines Schulbuchs. Diese sind nicht nur innerhalb des Unterrichts denkbar, in dem Schülerinnen und Schüler und auch Lehrpersonen mit dem Buch arbeiten, sondern auch außerhalb des Unterrichts. Dabei sind die Schulbücher ein wesentliches Hilfsmittel für Lehrerinnen und Lehrer in Hinblick auf Vorbereitung des Unterrichts, Erweiterung des eigenen Wissens sowie Erstellung von Leistungsfeststellungen. Lehrmittel können somit als ein wesentlicher aber nicht hinreichender Qualitätsfaktor eines zeitgerechten Unterrichts angesehen werden und sollten laufend untersucht und verbessert werden (vgl. Oelkers 2010, S. 21).

Aufgrund dieser Darstellungen wird deutlich, dass Schulbücher nach wie vor eine wesentliche Funktion im Zusammenhang mit Unterricht einnehmen. Als Mittel zur Vorbereitung des Unterrichts sowie als Medium im Unterricht besitzen sie einen nicht unerheblichen Einfluss auf das Unterrichtsgeschehen und somit auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler.

5. FRAGESTELLUNG

Da chemische Aspekte als Stiefkind des Sachunterrichts gelten, ist es von Interesse, das Spektrum an chemieassoziierten Inhalten und Methoden in Schulbüchern des Sachunterrichts zu durchleuchten. Exemplarisch werden wir diese Analyse zum Themenfeld ‚Säuren und Basen‘ vertiefen.

Forschungsleitende Fragen sind:

- In welchem Ausmaß werden naturwissenschaftliche und speziell chemieassoziierte Inhalte in Schulbüchern für den Sachunterricht thematisiert?
- Welche Lernmöglichkeiten werden in den Schulbüchern für den Sachunterricht geboten, die eine altersgerechte Hinführung auf und Auseinandersetzung mit dem Themenfeld ‚Säuren und Basen‘ gestatten?

6. ANALYSEKORPUS

Für den Sachunterricht stehen im Rahmen der österreichischen Schulbuchaktion folgende Lehrwerksreihen zur Verfügung:

- Dem Leben auf der Spur (Bildungsverlag Lemberger)
- Ideenbuch für den Sachunterricht (Verlag Jugend und Volk)
- Lasso (Österreichischer Bundesverlag)

- Meine bunte Welt (Verlag Jugend und Volk)
- Schatzkiste (Verlag E. Dörner)
- Sonnenklar! (Österreichischer Bundesverlag)
- Tipi (Veritas Verlag)

Für die Analyse wurden fünf Lehrwerksreihen ausgewählt, die Schulbücher für alle vier Schulstufen enthalten. Charakteristisch für den Sachunterricht ist, dass das Angebot an Schulbüchern je nach Verlag höchst unterschiedlich ist: So gibt es Reihen, die Schulbücher für jedes Schuljahr umfassen, andere hingegen nur für die 2. bis 4. Schulstufe. Weit verbreitet ist die Gliederung in einen Teil A und einen Teil B, wobei letzterer meist als Übungsteil bezeichnet wird.

Insgesamt umfasst der Analysekorpus 1910 Seiten. Davon konnten 1662 einem der Erfahrungs- und Lernbereiche des Sachunterrichts zugeordnet werden. Die Zuordnung der einzelnen Schulbuchseiten zu den Erfahrungs- und Lernbereichen Gemeinschaft, Natur, Raum, Zeit, Wirtschaft und Technik erfolgte durch zwei KodiererInnen. Herausfordernd war dabei vor allem die in manchen Schulbüchern sehr breit interpretierte Mehrperspektivität bei geringem fachlichen Kontext.

7. ERSTE ERKENNTNISSE

Die folgende Tabelle (Tab. 1) zeigt die Auswertung für die Grundstufe I und II getrennt sowie die Gesamtergebnisse der Schulbuchanalyse.

Tab. 1. Darstellung der jeweiligen Seitenanzahlen, über die sich die einzelnen Erfahrungs- und Lernbereiche in der Summe aller untersuchten Schulbücher erstrecken

Erfahrungs- und Lernbereich	Grundstufe I		Grundstufe II		Summe	
	Seitenanzahl	Seitenanzahl in Prozent	Seitenanzahl	Seitenanzahl in Prozent	Seitenanzahl	Seitenanzahl in Prozent
Gemeinschaft	116	17,4	169	17,0	285	17,1
Natur	270	40,4	320	32,2	590	35,5
Raum	68	10,2	166	16,7	234	14,1
Zeit	76	11,4	100	10,1	176	10,6
Wirtschaft	41	6,1	71	7,1	112	6,7
Technik	97	14,5	168	16,9	265	15,9
Summe	668	100,0	994	100,0	1662	100,0

In den Schulbüchern ist der prozentuale Seitenumfang, den die einzelnen Erfahrungs- und Lernbereiche der Grundstufe I und II einnehmen, etwa gleich groß. Der Bereich Natur überwiegt mit einem Anteil von gut 30% bis 40%, während der Bereich Wirtschaft (unter 10%) an letzter Stelle steht. Vielleicht mag es von Bedeutung sein, dass auch im Lehrplan der Primarstufe die Beschreibung des Erfahrungs- und Lernbereichs Natur die umfangreichste der sechs Teilbereiche ist. Der Anteil des Erfahrungs- und Lernbereichs Technik steht, nach Gemeinschaft, in den Schulbüchern an dritter Stelle. Die Vermutung, dass der Bereich Gemeinschaft – besonders in der Grundstufe I, da hier die Bildung der Klassengemeinschaft sowie nötige Verhaltensregeln im Vordergrund stehen – den größten Anteil einnimmt, konnte nicht bestätigt werden.

Von den 265 Seiten, die dem Bereich Technik zugeordnet werden konnten, widmen sich 80 einem Thema des Lehrplanabschnitts „Stoffe und ihre Veränderungen“. Somit lässt sich sagen, dass rund 30% aller Technikseiten oder 5% des Gesamtinhalts zumindest theoretisch einen chemischen Bezug aufweisen. Werden diese 80 Seiten gemäß der Untergliederung im Lehrplan weiter analysiert, so lässt sich Folgendes erkennen:

Kenntnisse über Stoffe und ihre Veränderungen erwerben

Der Großteil dieser Seiten (rund 38%) steht im Kontext des Themas *Wasser* (vgl. dazu auch Greinstetter 2018, S. 132): Zustandsänderungen, Löseverhalten verschiedener Stoffe in Wasser, Wasserqualität sowie die Oberflächenspannung des Wassers sind beliebte Themen, die auch zahlreiche Möglichkeiten für ansprechende Versuche und naturwissenschaftliche Untersuchungen bieten. Die Aggregatzustände, die im Lehrplan mit den Worten „Die Erscheinungsformen verschiedener Stoffe kennen und benennen (fest, flüssig, gasförmig)“ relativ allgemein beschrieben werden, finden nur im Zusammenhang mit Wasser Beachtung. Die Löslichkeit von Stoffen in Wasser wird anhand von Zucker, Kochsalz, Sand oder Öl untersucht. Zur Vollständigkeit sei darauf hingewiesen, dass im Rahmen

des Themas Wasser auch „Schwimmen und Sinken“ (Lehrplanabschnitt: Kräfte und ihre Wirkungen), „Gewässerschutz“ (Lehrplanabschnitt: Verantwortungsbewusstes Verhalten gegenüber der Natur) oder auch „Wasserversorgung“ (Lehrplanabschnitt: Technische Gegebenheiten in der Umwelt des Kindes) thematisiert werden.

Der Stoff, der nach Wasser am häufigsten behandelt wird, ist *Luft*. Im Zusammenhang mit Luft werden meistens die Aspekte „Luft ist nicht nichts“, „Luft bewegt“, „Luft wird zum Atmen benötigt“ sowie „Luft wird verschmutzt“ betrachtet. Luft als Gas, also mit Blick auf den gasförmigen Aggregatzustand, wird kaum thematisiert. Darüber hinaus nimmt der Aspekt der Verbrennung einen zentralen Raum ein. Themen wie das Verbrennungsdreieck, Kohlenstoffdioxid und Brandschutz werden hier aufgegriffen und in ersten Versuchen erfahrbar gemacht. Die Herstellung von Kohlenstoffdioxid als Feuerlöschmittel durch die Reaktion von Essig und Backpulver ist der am häufigste beschriebene Versuch in diesem Zusammenhang.

Bodenschätze wie Eisen, Erdöl oder Kohle werden auf 10% der Seiten thematisiert. Relativ viele Versuche gibt es mit Kochsalz, wobei der Zusammenhang mit dem Bodenschatz Kochsalz lediglich an einer einzigen Stelle ausführlich gegeben ist. Sehr oft wird Kochsalz für Versuche verwendet, die im Zusammenhang mit dem Thema „Dichte“ und „Schwimmen und Sinken“ stehen, ohne dies deutlich zu machen.

In Bezug auf die zu erwerbenden Kenntnisse über die Veränderung von Stoffen wird nicht thematisiert, dass manche Veränderungen reversibel und andere nicht (ohne weiteres) reversibel sind.

Spezifische Arbeitstechniken anwenden

Inhalte, die einen Bezug zu den im Lehrplan der Primarstufe geforderten „spezifischen Arbeitstechniken“ (Beobachten, Klassifizieren, Experimentieren und Dokumentieren) aufweisen, konnten auf rund 69% der Seiten gefunden werden: Dabei stehen, begleitet von zahlreichen Versuchen, die Eigenschaften bestimmter Stoffe und Gegenstände, wie sie im Klassenzimmer vorkommen, aber auch Stoffe wie Kochsalz, Zitronensaft

und Seifenpulver im Vordergrund. Anhand dieser mit allen Sinnen wahrgenommen Eigenschaften werden Gegenstände oder Stoffe nach verschiedenen Kriterien klassifiziert. Dennoch fehlen Ansätze, die die verwendeten Stoffe systematisch auf mehrere Eigenschaften hin untersuchen und vergleichen, so dass für die Lernenden Zusammenhänge und Ähnlichkeiten rekonstruierbar werden können.

Einige Versuche beziehen sich auf den Stoff Essig, der in unterschiedlicher Weise eingesetzt wird. Unter anderem kann mit Essig als „Säure“ ein rohes Ei „geschält“ werden oder mit einem aus Essig und Backpulver gebildeten Gas kann ein Luftballon aufgeblasen werden. Zusätzlich bieten sich auch hier zahlreiche Möglichkeiten für das Erzeugen, Beobachten, Untersuchen und Dokumentieren von Phänomenen. Während in zahlreichen „Experimentierbüchern“ Rotkrautextrakt als Säure-Base-Indikator zum Einsatz kommt (z. B. Press 2017; Hecker 2005), findet man dies nur in einem der untersuchten Schulbücher. Unter dem Aspekt „Körper und Gesundheit“ stellt Ernährung ein wesentliches Thema im Erfahrungs- und Lernbereich Natur dar. Ein Bezug zur Chemie ergibt sich, wenn Inhaltsstoffe genauer betrachtet werden bzw. Methoden zum Nachweis von Nährstoffen kennengelernt und angewandt werden.

Zumeist fehlen jedoch Lerngelegenheiten, die die Anwendung von Nachweismethoden als typische naturwissenschaftliche Arbeitstechniken erkennbar werden lassen.

Im Umgang mit Stoffen sachgemäß und verantwortungsbewusst handeln

Auch wenn das sachgemäße und verantwortungsbewusste Handeln im Umgang mit Stoffen im Lehrplan der Primarstufe besonders herausgestrichen wird, so findet dies keinen nachhaltigen Niederschlag in den Schulbüchern: Gefährliche Stoffe sowie Gefahrensymbole sind lediglich an einer (!) Stelle kurz zusammengefasst zu finden.

8. VERSUCHSAUSWAHL

Auffällig war, dass oftmals Versuche zu einem bestimmten Material oder Stoff angeboten werden, die jedoch keinen erkennbaren inneren Zusammenhang aufweisen, außer demjenigen, dass eben dieses bestimmte Material bzw. der bestimmte Stoff eingesetzt wird. Ein Beispiel dazu ist ein Kapitel zu Versuchen mit Münzen: Eine Cent-Münze wird in Essig gelegt und beobachtet was passiert. Im zweiten Versuch wird ein Glas mit Wasser vollgefüllt und dann Münzen in das Glas gegeben, bis das Wasser einen „Berg“ über dem Glasrand bildet. Im dritten Versuch fällt eine Postkarte, die mit einer Seite überstehend auf ein mit Wasser vollgefülltes Glas gelegt wurde, nicht herunter, obwohl sie auf der überstehenden Fläche mit Münzen beschwert wird. Im ersten Versuch geht es um die Bildung von Grünspan (also eine chemische Reaktion), im zweiten um einen Versuch zur hohen Oberflächenspannung von Wasser (physikalisch) und im dritten Versuch um

Adhäsions- bzw. Kohäsionskräfte (ebenfalls physikalisch). Diesen unsystematischen Zusammenstellungen fehlt eine fachliche Logik und Konsistenz, wodurch die Versuche für die Lernenden, außer dem Tun und der damit verbundenen Erfahrung, kaum zusätzlichen Erkenntnisgewinn bieten.

9. ‚SÄUREN UND BASEN‘ IN DEN UNTERSUCHTEN SCHULBÜCHERN

Dem Themenfeld ‚Säuren und Basen‘ können z. B. Versuche zugeordnet werden, bei denen auf unterschiedliche Arten Kohlenstoffdioxid aus Carbonaten (Schneckenhaus, Backpulver, Kalksteinstücke etc.) und sauren Lösungen (Essig, Zitronensaft, Zitronensäurelösung etc.) erzeugt und meist als Feuerlöschmittel oder als „Raketentreibstoff“ eingesetzt wird. Das Entfernen der Kalkschale von Eiern mithilfe von Essig wird lediglich in einem Schulbuch durchgeführt und steht dort im Zusammenhang mit Versuchen zum Thema „Ei“. Ebenso nur an einer Stelle wird die Verfärbung von Rotkrautextrakt mit Lösungen unterschiedlicher Stoffe untersucht. Daran ist deutlich zu erkennen, dass im Vergleich zur Sekundarstufe, wo charakteristische Versuche in sämtlichen Schulbüchern zu finden sind, die Schulbücher der Primarstufe sich inhaltlich wesentlich stärker unterscheiden.

Darüber hinaus fehlen Hinweise darauf, dass viele der Phänomene, denen Kinder durch die durchgeführten Versuche begegnen, einer Systematik unterliegen, die für sie durchaus auch im Grundschulalter erfassbar und nachvollziehbar ist. Zum Beispiel, dass bei der Reaktion von sauren Lösungen mit kalkhaltigen Stoffen das Gas Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird, und dass man diese typische Reaktion nutzen kann, um festzustellen, ob ein Stoff aus Kalk besteht oder nicht.

10. KONSEQUENZEN

Aus naturwissenschaftlicher Sicht ist das Ergebnis der Analyse durchaus begrüßenswert: Der Erfahrungs- und Lernbereich Natur ist in den Sachunterrichtsbüchern der anteilmäßig stärkste Bereich, und auch der Bereich Technik ist gut vertreten. Dennoch wären an einigen Stellen Ergänzungen wichtig, die im Folgenden skizziert werden sollen.

Damit Kinder von Alltagserfahrungen zu Grunderfahrungen und darüber hinaus zu naturwissenschaftlichen Grundkenntnissen und anschlussfähigen Kompetenzen für wissenschaftliches Denken und Handeln gelangen können, müssen altersangemessene Lerngelegenheiten bereitgestellt werden, in denen fachliche Zusammenhänge verständlich und nachvollziehbar werden. Dann können übergeordnete Muster und Konzepte erkannt werden, wie beispielsweise im Zusammenhang mit den Aggregatzuständen die Erkenntnis, dass durch die Zustandsänderung Stoffe unsichtbar werden können, aber nicht verschwinden (vgl. Fthenakis 2009, S. 99). Der gasförmige Aggregatzustand wird in den Schulbüchern meist am Beispiel Wasser aber



„Das Gegenteil von sauer ist süß“ – Chemische Aspekte in Sachunterrichtsbüchern der Primarstufe

nicht am Beispiel der uns umgebenden, „begreifbaren“ Luft oder am Beispiel des einfach herzustellenden Gases Kohlenstoffdioxid betrachtet. Wird Kindern veranschaulicht, dass „Luft nicht nichts ist“, dass ein Luftballon mit verschiedenen Gasen gefüllt werden kann und diese dann ein unterschiedliches „Schwebverhalten“ zeigen, können sie erfahren, dass verschiedene Gase unterschiedliche Eigenschaften haben.

Die Mehrperspektivität in Schulbüchern stellt eine besondere Herausforderung für Autorinnen und Autoren dar, wie das Beispiel „Versuche mit Münzen“ zeigt. Sie wird zum Stolperstein, wenn sie sich als Aneinanderreihung unterschiedlicher Aktivitäten zu einem scheinbar übergeordneten Thema zeigt. So wäre es denkbar und wünschenswert, in Schulbüchern nicht isoliert Versuche zu einem bestimmten Stoff oder Gegenstand aneinander zu reihen, sondern Kontexte zu schaffen, in denen die Aspekte des Themas unter biologischer, chemischer und physikalischer Perspektive betrachtet werden. Somit wäre auch eine stärkere Betonung chemieassoziierten Inhalte denkbar, was unter dem Aspekt der Individualisierung und Differenzierung den unterschiedlichen Interessen der Schülerinnen und Schüler mehr entgegenkommen würde.

Auf die Bedeutung und den Alltagsbezug des Themenfeldes ‚Säuren und Basen‘ wurde bereits hingewiesen. Der Lehrplan bietet im Abschnitt „Stoffe und ihre Veränderungen“ zudem zahlreiche Anknüpfungspunkte an das Themenfeld sowie Möglichkeiten zur Vernetzung, die allerdings in Schulbüchern oft nicht genutzt werden. In diesem Zusammenhang sollen folgende Beispiele genannt werden:

Kenntnisse über Stoffe und ihre Veränderungen erwerben

Kindern kann bewusstgemacht werden, dass Kohlenstoffdioxid durch eine chemische Reaktion bestimmter Stoffe, welche sich dabei verändern, entsteht. Kohlenstoffdioxid kann z. B. mithilfe von Backpulver und Essig, aus einer Brausetablette und Wasser oder auch beim Versetzen eines Kalkstückes mit Zitronensaft gebildet werden, was durch eine Bläschenbildung erkennbar wird. Es könnten weitere Stoffe in dieser Weise untersucht und dadurch eine Systematik erarbeitet werden. Auch könnte diese Reaktion als eine Möglichkeit kennengelernt werden, um herauszufinden, ob ein Stoff Kalk enthält, also als eine einfache Nachweismethode, wie sie in den Naturwissenschaften / in der Chemie typischerweise Verwendung findet.

Spezifische Arbeitstechniken anwenden

Eine Klassifizierung von Stoffen kann zu der Erkenntnis führen, dass es neben Eigenschaften wie „fest – flüssig – gasförmig“ oder „löslich – unlöslich“ auch „sauer – neutral – basisch“ gibt. In diesem Zusammenhang kann ebenfalls erfahrbar gemacht werden, dass spezielle Nachweismethoden (z. B. Rotkrautextrakt als Säure-Base-Indikator) angewandt werden, um bestimmte Eigenschaften von Stoffen erkennen zu können. „Nicht

alles kann gekostet werden“ – ist eine wesentliche Sicherheitsregel für das Untersuchen von Stoffen, die Kindern an dieser Stelle glaubhaft nähergebracht werden muss.

Im Umgang mit Stoffen sachgemäß und verantwortungsbewusst handeln

Das Themenfeld ‚Säuren und Basen‘ kann ebenso im Zusammenhang mit „gefährlichen Stoffen“ thematisiert werden, wobei Erkennen, Kennzeichnung und verantwortungsvoller Umgang im Vordergrund stehen. Einerseits lässt sich dies dem Bereich „Im Umgang mit Stoffen sachgemäß und verantwortungsbewusst handeln“ zuordnen, es ist aber auch eine Verbindung zu dem Abschnitt „Körper und Gesundheit“ (Unfallverhütung, Verhalten bei Krankheiten und Unfällen) gegeben.

Darüber hinaus lassen sich weitere Anknüpfungspunkte im Erfahrungs- und Lernbereich Natur finden:

Die Bedeutung gesunder Lebensführung erkennen

Im Themenbereich „Ernährung“ können Kinder erfahren, dass ‚Säuren‘ den sauren Geschmack von Nahrungsmitteln verursachen und zur Konservierung von Lebensmitteln (Essiggurken, Joghurt und Sauerkraut) verwendet werden können.

Praktische Erfahrungen im Umgang mit Phänomenen ermöglichen

In diesem Zusammenhang soll auch auf die Bedeutung des Forschenden Lernens verwiesen werden (vgl. Sjøberg 2018). Berücksichtigt man die Level des Forschenden Lernens (vgl. Abels & Lembens 2015; Blanchard et al. 2010), so ist auf die konzeptionelle Gestaltung der Arbeitsmaterialien hinsichtlich Zielsetzung, Fragestellung, Methodenwahl und Interpretation besonderer Wert zu legen. Demgegenüber sind Versuchsanleitungen in Schulbüchern der Volksschule meist „kochrezeptartig“ vorgegeben, es sind kaum Impulse zum eigenständigen Ausprobieren oder zum Suchen von Erklärungen vorhanden (vgl. Greinstetter 2006, S. 822) und Fragestellungen, die am Ende auch beantwortet werden, findet man in den wenigsten Fällen. Marquardt-Mau (2011, S. 32) betont: „Kinder auf ihrem Weg zum Verstehen der Welt zu begleiten bedeutet eine mit Entdeckerfreude und selbsttätigem Forschen verbundene Reise.“ Es gilt also vielfältige Erfahrungsräume zu eröffnen und Lerngelegenheiten für die Anbahnung von kontextbezogenem, konzeptuellem und systematischem Wissen sowie von Kompetenzen bereitzustellen, die biologische, chemische und physikalische Bezüge aufweisen. Stellenweise ist auch das Hinarbeiten auf epistemisches Wissen möglich, um das Wesen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und Welterschließung erfahrbar zu machen. Gleichzeitig steht das Wecken und / oder das Entwickeln und Erhalten von Freude und Interesse an den Naturwissenschaften im Vordergrund (vgl. Möller 2004, S. 80f; Zimmermann 2013). Allerdings, und das muss an dieser Stelle betont werden, kommt es nicht nur auf die Qualität des Schulbuchs, sondern insbesondere auf die



Kompetenz der jeweiligen Lehrperson zur individuellen und zielgerichteten Gestaltung des Sachunterrichts an. Geeignete Schulbücher können hier eine nicht zu unterschätzende Hilfe sein.

Desiderata

Herausfordernd für die Planung und Durchführung von Unterricht ist die Tatsache, dass in unterschiedlichen Schulbüchern sehr verschiedene Inhalte thematisiert werden. Dies ist einer Schwerpunktsetzung innerhalb des Rahmenlehrplans förderlich und bringt vielfältige Chancen mit sich. Im Hinblick auf die Anbahnung einer angemessenen naturwissenschaftlichen Grundbildung wäre es jedoch notwendig, im Sinne eines „kleinsten gemeinsamen Nenners“ wesentliche Inhalte zu definieren. Zusätzlich dazu kann die Formulierung von Kompetenzen sinnvoll sein, die es in den einzelnen Erfahrungs- und Lernbereichen zu erwerben gilt. Eine Handreichung mit konkreten Beispielen, wie dieser Kompetenzerwerb an bestimmten Inhalten angebahnt werden kann, wäre sinnvoll. Des Weiteren wären längerfristig angelegte Fortbildungsreihen, in denen entsprechende Settings gemeinsam entworfen, individuell ausprobiert und wieder gemeinsam reflektiert werden können, förderlich für die professionelle Weiterentwicklung von Sachunterrichtslehrkräften.

Durch alle diese Impulse könnte bereits in der Primarstufe der Entstehung veränderungsresistenter unangemessener Vorstellungen wie „Alle Säuren sind ätzend“ sowie „das Gegenteil von süß ist sauer“ entgegenwirkt werden. Eine Fragestellung, der wir in Zukunft nachgehen werden, ist jene, welche Versuche, Methoden und Kontexte geeignet sind, ein anschlussfähiges, kontextuelles und konzeptuelles Verstehen im Themenfeld „Säuren und Basen“ anzubahnen.

LITERATURVERZEICHNIS

Adamina, Marco (2014). Lehr- und Lernmaterialien im kompetenzorientierten Unterricht. In: Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 32 (2014) 3, S. 359-372.

Abels, Simone & Lembens, Anja (2015). Mysteries als Einstieg ins Forschende Lernen im Chemieunterricht. In: Chemie & Schule 1b, S. 3-5. URL: http://hp.vcoe.or.at/web/images/artikel/aktuelles/sonderheft_2015.pdf [14.08.2018].

Blanchard, Margaret R.; Southerland, Sherry A.; Osborne, Jason W.; Sampson, Victor; Annetta, Leonard A.; Granger & Ellen Moreland (2010). Is Inquiry Possible in Light of Accountability?: A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction. In: Science Education 94(4), S. 577-616.

Boyer, Ludwig (2004). Sachunterricht. In: Wilhelm Wolf (Hrsg.). Kommentar zum Lehrplan der Volksschule. Wien: öbv & hpt, S. 285-293.

Demuth, Reinhard & Rieck, Karen (2005). Schüler-vorstellungen aufgreifen – grundlegende Ideen entwickeln. IPN SINUS-Transfer Grundschule G3. URL: http://sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_STG/NaWi-Module/N3.pdf [21.06.2018].

Duncker, Ludwig (2013). Vielperspektivität. Widerstreit-Serie: Fundamentale Begriffe des Sachunterrichts und seiner Didaktik 1. URL: www.widerstreit-sachunterricht.de/ebeneII/viel.pdf [21.06.2018].

Frantz-Pittner, Andrea; Grabner, Silvia; Pokorny, Brigitte & Schmidt-Hönig, Kerstin (2015). Der Sachunterricht – ein integratives Unterrichtsfach mit multiperspektivischer Ausrichtung. In: Erziehung und Unterricht 9-10/2015, S. 817-826.

Fthenakis, Wassilios E.; Wendell, Astrid; Eitel, Andreas; Daut, Marike & Schmitt, Annette (2009). Frühe naturwissenschaftliche Bildung. Natur-Wissen schaffen Band 3. Troisdorf: Bildungsverlag EINS.

Greinstetter, Roswitha (2006). Forschen lernen – Experimentieranleitungen in österreichischen Schulbüchern unter der Lupe. In: Erziehung und Unterricht. 7-8/2006, 156. Jg., S. 819-825.

Greinstetter, Roswitha (2018). Vom Beobachten zum Experimentieren – eine Langzeitstudie zu Versuchsanleitungen. In: Erziehung und Unterricht. 1-2/2018, 168. Jg., S. 130-137.

Hecker, Joachim (2005). Experimente. Den Naturwissenschaften auf der Spur. Mannheim: Brockhaus.

Joppich, Ernst (2004). Erfahrungs- und Lernbereich Natur. In: Wilhelm Wolf (Hrsg.). Kommentar zum Lehrplan der Volksschule. Wien: öbv & hpt, S. 304-310.

Kahlert, Joachim & Demuth, Reinhard (Hrsg.) (2007). Wir experimentieren in der Grundschule. Einfache Versuche zum Verständnis physikalischer und chemischer Zusammenhänge. Teil 1. Köln: Aulis Verlag Deubner.

Kauertz, Alexander (2012). Naturwissenschaftliches Denken. In: Diemut Kucharz (Hrsg.). Elementarbildung. Weinheim: Beltz, S. 86-123.

Lehrplan der Volksschule (BGBl. Nr. 134/1963 in der Fassung BGBl. II Nr. 303/2012 vom 13. September 2012). URL: https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_vs.html [22.01.2017].

Lück, Gisela (2004). Naturwissenschaften im frühen Kindesalter. In: Wassilios E. Fthenakis, Pamela Oberhuemer (Hrsg.). Frühpädagogik international. Bildungsqualität im Blickpunkt. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 331-344.

Marquardt-Mau, Brunhilde (2011). Der Forschungskreislauf: Was bedeutet forschen im Sachunterricht? In: Deutsche Telekom Stiftung und Deutsche Kinder- und Jugendstiftung. Wie gute naturwissenschaftliche Bildung an Grundschulen



gelingt. Ergebnisse und Erfahrungen aus prima(r)forscher, S. 32-37. URL: https://www.telekomstiftung.de/sites/default/files/files/media/publications/broschuere_primarforscher_web.pdf [23.07.2018].

Marquardt-Mau, Brunhilde (2013). Vielperspektivität. Widerstreit-Serie: Fundamentale Begriffe des Sachunterrichts und seiner Didaktik 1. URL: <http://www.widerstreit-sachunterricht.de/ebeneII/viel.pdf> [22.06.2018].

Möller, Kornelia (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule – Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? In: Hans Merkens (Hrsg.). Lehrerbildung: IGLU und die Folgen. Opladen: Leske + Budrich, S. 65-84.

Möller, Kornelia (2007). Naturwissenschaftlicher Sachunterricht. Kindern beim Erlernen von Naturwissenschaften helfen. In: Grundschulmagazin 1/2007, S. 8-10.

Möller, Kornelia; Kleickmann, Thilo & Sodian, Beate (2014). Naturwissenschaftlich-technischer Lernbereich. In: Wolfgang Einsiedler, Margarete Götz, Andreas Hartinger, Friedericke Heinzl, Joachim Kahlert, Uwe Sandfuchs (Hrsg.). Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 522-535.

Oelkers, Jürgen (2010). Lehrmittel: Rückgrat des Unterrichts. In: Folio Nr. 1, S. 18-21. URL: http://edudoc.ch/record/37008/files/01-2010_oelkers.pdf [21.06.2018].

Pokorny, Brigitte & Schmidt-Hönig, Kerstin (2015). Sachunterricht. Zentrales Kernfach im Fächerkanon der Grundschule mit spezieller Charakteristik. In: IMST Newsletter 44/2015, 14. Jg., S. 2-4.

Press, Hans Jürgen (2017). Spiel – das Wissen schafft. Mit über 400 Experimenten zum Beobachten der Natur. Ravensburg: Ravensburger Buchverlag Otto Maier.

Schmit, Stefan (2014). Schulbücher als Lehr- und Lernmaterialien: Das Thema „Bewegungsbeschreibung“ in Physikschulbüchern der Sekundarstufe I. Berlin: Logos-Verlag.

Sjøberg, Svein (2018). The power and paradoxes of PISA: Should Inquiry-Based Science Education be sacrificed to climb on the rankings? In: NORDINA 14(2), S. 186-202.

Umgeher, Karl (2004). Erfahrungs- und Lernbereich Technik. In: Wilhelm Wolf (Hrsg.). Kommentar zum Lehrplan der Volksschule. Wien: öbv & hpt, S. 336-345.

Zimmermann, Monika (2013). Ein Fortbildungskonzept zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung für Erzieher – Methoden, Begleitforschung und Forschungsergebnisse. In: M. R. Textor (Hrsg.). Kindergartenpädagogik: Online-Handbuch. URL: <http://www.kindergartenpaedagogik.de/2259.pdf> [23.07.2018].