

Veronika Schwelle

Lernen mit (un-)ähnlichen Beispielen

Zur Bedeutung der Oberflächenstruktur
von Beispielen im naturwissenschaftlichen
Sachunterricht

Empirische Erziehungswissenschaft

herausgegeben von

Rolf Becker, Sigrid Blömeke, Wilfried Bos,
Hartmut Ditton, Cornelia Gräsel, Eckhard Klieme,
Rainer Lehmann, Thomas Rauschenbach,
Hans-Günther Roßbach, Knut Schwippert,
Ludwig Stecher, Christian Tarnai, Rudolf Tippelt,
Rainer Watermann, Horst Weishaupt

Band 62



Waxmann 2016
Münster • New York

Veronika Schwelle

Lernen mit (un-)ähnlichen Beispielen

Zur Bedeutung der
Oberflächenstruktur von Beispielen
im naturwissenschaftlichen Sachunterricht



Waxmann 2016
Münster • New York

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Empirische Erziehungswissenschaft, Band 62

ISSN 1862-2127

Print-ISBN 978-3-8309-3460-8

E-Book-ISBN 978-8309-8460-3

© Waxmann Verlag GmbH, 2016
Steinfurter Straße 555, 48159 Münster

www.waxmann.com
info@waxmann.com

Umschlaggestaltung: Pleßmann Design, Ascheberg
Satz: Sven Solterbeck, Münster
Druck: CPI books GmbH, Leck

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier,
säurefrei gemäß ISO 9706



Printed in Germany

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, verboten.
Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des
Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung
elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mich während meiner Promotion begleitet und unterstützt haben.

Mein Dank gilt zunächst Frau Prof. Dr. Katrin Lohrmann und Herrn Prof. Dr. Andreas Hartinger, die es mir ermöglicht haben, den Weg in die Wissenschaft einzuschlagen. Die Forschungsidee, die Wirksamkeit des Analogens Enkodierens für den Grundschulunterricht zu prüfen, sowie der bewilligte Forschungsantrag an die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) waren die Grundlage für das von mir bearbeitete Forschungsprojekt (LO 1706/1-1).

Der Freiraum für meine Arbeit, der mir von Frau Prof. Dr. Katrin Lohrmann geschaffen wurde, sowie die Unterstützung, die sie mir während meiner Promotionsphase zukommen ließ, waren einzigartig, ihr strukturiertes Arbeiten hat mich geprägt und wird mich mein Leben lang begleiten. Herr Prof. Dr. Andreas Hartinger hat meine Arbeit stets mit Rat und Tat begleitet, bei unübersichtlichen Sachlagen schaffte er es, meinen Blick aufs Wesentliche zu lenken. Vielen Dank euch beiden!

Danken möchte ich auch Prof. Dr. Johannes Hartig für seine forschungsmethodische Beratung angesichts der komplexen Datenstruktur. Ein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Wolfgang Einsiedler für seine konstruktive Kritik und Rückmeldung zu meiner Arbeit sowie den gewinnbringenden Austausch bei Tagungen.

Danke sagen möchte ich außerdem bei meinen Freiburger Kolleginnen und Kollegen, die mich jederzeit mit Rat und Tat unterstützt haben. Besonders hervorheben möchte ich an dieser Stelle meine Kollegin Dr. Jana Groß Ophoff, die immer ein offenes Ohr hatte und durch deren Unterstützung vor allem statistische Baustellen nicht mehr unlösbar schienen. Durch unser konspiratives Mittagessen und Kaffeetrinken hat sich eine Vielzahl an Fragezeichen aufgelöst.

Ein großes Dankeschön gilt außerdem Stefanie Baar, die mich unermüdlich bei der Dateneingabe unterstützt hat und unzählige Kilometer mit mir als meine Beifahrerin unterwegs war, sowie Sabrina Walter für ihre vielfältige Hilfe während der gesamten Promotionszeit.

Bedanken möchte ich mich außerdem bei allen beteiligten Lehrerinnen, Lehrern sowie Kindern der 22 Klassen, in denen ich den Unterricht meiner Interventionsstudie gestalten durfte sowie bei allen, die mich bereits im Vorfeld in den Pilotierungsdurchgängen unterstützt haben: Die Realisie-

rung meines Forschungsprojekts wäre ohne das freundliche Öffnen dieser Klassenzimmertüren nicht möglich gewesen.

Last but not least möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken, von denen einige hier besonders hervorzuheben sind:

Zuallererst gilt mein ganz besonderer Dank meinen Eltern Inge und Peter Schwelle, die schon mein ganzes Leben lang bedingungslos an meiner Seite sind, immer an mich geglaubt haben und mir immer wieder den Rücken stärken. Danke, dass ihr die Grundsteine für meinen Weg gelegt habt!

Danke sagen möchte ich auch meiner Freundin Judith Weininger: Ihre unerschöpfliche Zuversicht und das allzeit offene Ohr haben meine Sorgen und Zweifel oftmals schon im Keim erstickt.

Von ganzem Herzen möchte ich mich außerdem bei meinem Freund Simon Kainz bedanken für seine nicht enden wollende Geduld und sein Verständnis, das er mir und meiner Arbeit entgegengebracht hat. Er hat mich schon am Schreiben gesehen, als ich noch Zweifel hatte den Weg nach Freiburg überhaupt einzuschlagen.

Abstract

A quasi-experimental study for scientific teaching analysed the importance of superficial similarity or dissimilarity between scientific examples, based on the same operating principle, on the development of content-specific knowledge of 3rd grade students. Research results show that the explicit comparison of multiple examples during the learning process establish flexible knowledge structures. However, there is no evidence which influence the similarity or dissimilarity within the examples of this comparison process has on the development of knowledge. Consulting theoretical considerations and empirical results there is an ambivalent situation: on the one hand there are good arguments for confronting the learners with superficially similar examples, on the other hand for confronting them with superficial dissimilar examples.

The present study investigates the described research gap: experimental group 1 practiced with similar examples, experimental group 2 practiced with dissimilar examples about the lever principle.

The results prove that practicing with dissimilar examples is more conducive than practicing with similar examples. Considering the possible ATI-effects the findings lead to the conclusion that individual conditions based on the increase of knowledge are less important if there is teaching quality.

Zusammenfassung

Im Rahmen einer quasiexperimentell angelegten Unterrichtsstudie zum naturwissenschaftlichen Sachunterricht wurde in der vorliegenden Arbeit untersucht, welche Bedeutung die oberflächliche Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit zwischen naturwissenschaftlichen Beispielen, die auf demselben Funktionsprinzip basieren, für den Aufbau von inhaltspezifischem Wissen bei Kindern der dritten Jahrgangsstufe hat. Forschungsbefunde zeigen, dass der explizite Vergleich von multiplen Beispielen während des Lernprozesses den Aufbau flexibler Wissensstrukturen anregen kann. Offen ist jedoch, welchen Einfluss die (Un-)Ähnlichkeitsbeziehung zwischen den Beispielen innerhalb dieser Vergleichsprozesse auf den Aufbau von Wissen hat. Zieht man theoretische Überlegungen und empirische Befunde heran, zeigt sich ein ambivalentes Bild: Einerseits gibt es gute Argumente für eine Auseinandersetzung mit oberflächlich ähnlichen Beispielen, andererseits jedoch auch für eine Konfrontation der Lernenden mit oberflächlich unähnlichen Beispielen.

Diese Forschungslücke wurde mittels einer Interventionsstudie aufgegriffen. Zum gewählten Interventionsgegenstand, dem Hebelgesetz, wurden vier Unterrichtssequenzen entwickelt, die sich hinsichtlich der (Un-)Ähnlichkeitsbeziehung der Beispiele unterscheiden: Versuchsgruppe 1 setzte sich in der Interventionsphase mit oberflächlich ähnlichen Beispielen auseinander, Versuchsgruppe 2 dagegen mit oberflächlich unähnlichen. Der Ertrag für den Aufbau von Wissen zum Hebelgesetz wurde durch inhaltspezifische Leistungstests geprüft.

Die Ergebnisse zeigen, dass es Schülern durch explizit angeregte Vergleichsprozesse zwischen unähnlichen Beispielen besser gelingen kann, inhaltspezifisches Wissen und Verständnis zum Hebelgesetz aufzubauen als Schülern, die ähnliche Beispiele miteinander verglichen haben. Bezogen auf mögliche ATI-Effekte lassen die Daten den Schluss zu, dass individuelle Voraussetzungen bezogen auf den Wissenszuwachs nur eine nebeneordnete Rolle spielen, wenn eine entsprechende Unterrichtsqualität vorliegt.

Anmerkung zur durchgeführten empirischen Unterrichtsstudie

Die Daten der vorliegenden Arbeit stammen aus einem Projekt, welches von der DFG im Zeitraum von 11/2010 bis 12/2012 finanziell gefördert wurde (Aktenzeichen LO 1706/1-1).

Anmerkungen zum Text

Um die Lesbarkeit des Textes zu verbessern, ist in der vorliegenden Arbeit meist von Schülern, Lehrern bzw. Lehrkräften oder Kollegen die Rede. Selbstverständlich sind stets Schülerinnen und Schüler, Lehrerinnen und Lehrer sowie Kolleginnen und Kollegen gemeint.

Hinter jeder Schüleräußerung wird ein Code angegeben, z.B. (POST_GS_M_Maria_123), welcher der Anonymisierung der Schülerdaten dient. Er setzt sich aus dem Messzeitpunkt, der Schule, dem Vornamen der Mutter und der Hausnummer des jeweiligen Kindes zusammen.

Inhalt

1	Einleitung	15
2	Ziele naturwissenschaftlichen Lernens	17
3	Arbeiten mit Beispielen	21
3.1	Allgemeindidaktischer Zugang: Prinzip der Exemplarität	21
3.2	Sachunterrichtsdidaktischer Zugang: Arbeiten mit Phänomenkreisen	25
3.3	Lehr-lernpsychologische Zugänge	31
3.3.1	Worked-out examples	31
3.3.2	Analoges Enkodieren	35
3.3.3	Oberflächliche (Un-)Ähnlichkeit von Beispielen	42
4	Zusammenfassung des Forschungsstandes	46
5	Einfluss von individuellen Schülervoraussetzungen auf den Lernerfolg	49
6	Konkretisierung der Fragestellung	51
6.1	Darstellung der Forschungslücke	51
6.2	Zielsetzungen, Forschungsfragen und forschungsleitende Hypothesen	51
7	Studiendesign	54
8	Intervention zum Unterrichtsgegenstand „Hebelgesetz“	55
8.1	Potential des Unterrichtsgegenstands	55
8.2	Die Variation der (Un-)Ähnlichkeitsbeziehung von Beispielen zum Hebelgesetz	58
8.2.1	Theoretische (Un-)Ähnlichkeit	58
8.2.2	Subjektive Einschätzungen hinsichtlich der (Un-)Ähnlichkeit: eine Vorstudie	62
8.2.3	Endgültige Auswahl der Beispielp kombinationen für die Hauptuntersuchung	66
8.2.3.1	Funktionsprinzip Gleichgewicht	67
8.2.3.2	Funktionsprinzip Kraftverstärkung	69

8.3	Interventionsentwicklung	72
8.3.1	Vorgehen	72
8.3.2	Ziele der Unterrichtseinheiten	73
8.3.3	Testläufe und Überarbeitung der Unterrichtseinheiten	75
8.3.4	Materialentwicklung	76
8.3.4.1	Dreidimensionale Modelle	77
8.3.4.2	Didaktische Unterstützungsmaßnahmen	82
8.4	Endfassung der Intervention	89
9	Testinstrumente	101
9.1	Wissenstest	101
9.1.1	Entwicklung	101
9.1.2	Pilotierung des Wissenstests	104
9.1.2.1	Stichprobe	104
9.1.2.2	Ergebnisse der Pilotierung	104
9.1.3	Testitems für die Hauptuntersuchung	106
9.1.3.1	Kodierung	106
9.1.3.2	Zuordnung der Items zu inhaltlichen Facetten des Hebelgesetzes	108
9.2	Test auf kognitive Grundfähigkeiten (CFT 20-R)	109
10	Stichprobe und Versuchsgruppenzuteilung	111
10.1	Stichprobe	111
10.2	Versuchsgruppenzuteilung	112
11	Eingesetzte Analysemethoden	115
11.1	Quantitative Verfahren	115
11.1.1	Deskriptive Analysen	115
11.1.2	Strukturgleichungsmodelle	115
11.2	Qualitative Verfahren	118
11.3	Umgang mit fehlenden Werten	119
12	Item- und Strukturanalysen	121
12.1	Itemanalyse	121
12.1.1	Deskriptive Analyse	121
12.1.2	Test auf Normalverteilung	126

12.2	Interne Strukturen des inhaltsspezifischen Wissenstests	126
12.2.1	Angenommene Datenstrukturen	126
12.2.2	Ergebnisse der Überprüfung der Modellgüte	127
13	Veränderungen im Wissen zum Hebelgesetz	130
13.1	Veränderungen im prozeduralen und konzeptuellen Wissen	131
13.1.1	Über alle Messzeitpunkte hinweg	131
13.1.2	Veränderungen zwischen zwei ausgewählten Messzeitpunkten	133
13.1.2.1	Konzeptuelles Wissen	133
13.1.2.2	Prozedurales Wissen	136
13.2	Veränderungen im Wissen zu den Funktionsprinzipien	139
13.2.1	Über alle Messzeitpunkte hinweg	139
13.2.2	Veränderungen zwischen zwei ausgewählten Messzeitpunkten	141
13.2.2.1	Funktionsprinzip „Gleichgewicht“	141
13.2.2.2	Funktionsprinzip „Kraftverstärkung“	144
13.2.2.3	Funktionsprinzip „Begriffswissen“	146
13.3	Zusammenfassung	149
14	Wechselwirkungseffekte: Einfluss von Vorwissen und Intelligenz	150
15	Veränderungen im inhaltlichen Fokus von ‚Schülerantworten‘ .. 153	
15.1	Analyseverfahren	153
15.2	Ergebnisse	156
16	Diskussion und Ausblick	162
16.1	Zusammenfassung	162
16.2	Einordnung der Ergebnisse in den Forschungsstand	163
16.3	Analyse der Ergebnisse	165
16.4	Forschungsdesiderate	169
16.5	Relevanz für die Schulpraxis	170
16.6	Ausblick	172

17	Literatur	174
18	Abbildungsverzeichnis	187
19	Tabellenverzeichnis	189
20	Anhang	192

1 Einleitung

In den letzten Jahren ist die naturwissenschaftliche Bildung vermehrt in den Forschungsfokus gerückt. Dazu beigetragen haben neben den teils überraschenden Ergebnissen internationaler Vergleichsstudien, wie beispielsweise der TIMS-Studie, die zunehmende Technisierung des Alltags sowie der gravierende Fachkräftemangel in den Naturwissenschaften und der Technik.

Die Notwendigkeit einer naturwissenschaftlichen Bildung wird deshalb zu keiner Zeit in Frage gestellt – es besteht diesbezüglich gesamtgesellschaftlicher und bildungspolitischer Konsens (Labudde & Möller, 2012). Vor allem in Bezug auf die Grundschule ist dieses Anliegen jedoch keine neue Idee. Kornelia Möller (2006) bezieht sich diesbezüglich auf ein Dokument aus den frühen 1970er Jahren, in welchem der Deutsche Bildungsrat u. a. fordert, dass die Anfänge der Naturwissenschaften in elementarisierter Form Eingang in den Primarbereich finden müssen.

Die Frage, die sich nun stellt, lautet aber: Was bedeutet ‚in elementarisierte Form‘?

Naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten stellen kognitiv anspruchsvolle und inhaltlich komplexe Unterrichtsinhalte dar, welche es vor allem für den Grundschulbereich entsprechend inhaltlich zu reduzieren gilt. Gelingt dies, kann eine Vielzahl an Forschungsbefunden nachweisen (beispielsweise zum Inhaltsbereich Schwimmen und Sinken oder zum Magnetismus, vgl. hierzu u. a. Hardy, Jonen, Möller & Stern, 2006 bzw. Rachel, Heran-Dörr, Wiesner & Waltner, 2009 sowie Rachel, Wecker, Heran-Dörr, Wiesner & Fischer, 2012), dass es bereits Grundschulkindern, ihrem Alter angemessen, gelingt eine naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeit zu durchdringen.

Neben dieser, auf das Alter der jeweiligen Zielgruppe abgestimmten, Reduzierung muss das Augenmerk auf der Auswahl von geeigneten Beispielen liegen, die es ermöglichen den gewählten Bildungsinhalt im Unterricht zu bearbeiten.

Dem Arbeiten mit Beispielen im Unterricht widmen sich sowohl allgemeindidaktische als auch fachdidaktische und lehr-lernpsychologische Zugänge. Steht jeder dieser Zugänge für sich alleine, wird der jeweilige disziplinbedingte Forschungsfokus deutlich: Während es aus allgemeindidaktischer Perspektive eher um die theoriegeleitete Auswahl von Unterrichtsinhalten geht, versucht beispielsweise die Lehr-Lernforschung konkrete Umsetzungsmöglichkeiten empirisch zu erforschen. Trotz dieser

unterschiedlichen Schwerpunktsetzung verfügen diese Zugänge über das Potential, sich gegenseitig zu ergänzen.

Die vorliegende Arbeit versucht, die erwähnten Zugänge miteinander zu verbinden, um so einerseits theoretische, andererseits empirisch belegbare Hinweise für die Unterrichtspraxis liefern zu können, die Aussagen über die Bedeutung von oberflächlicher (Un-)Ähnlichkeit von Beispielen für den Aufbau von inhaltspezifischem Wissen zulassen.

2 Ziele naturwissenschaftlichen Lernens

Für das naturwissenschaftliche Lernen bzw. den Sachunterricht in der Grundschule besteht weitestgehend Konsens hinsichtlich der Unterrichtsziele, die verfolgt werden sollten: Als zentral für eine grundlegende naturwissenschaftliche Bildung wird hierbei nicht die Vermittlung von umfangreichem Wissen gesehen, die darauf abzielt, möglichst große Anteile dieses Wissens für weiterführende Lernprozesse zur Verfügung zu stellen. Vielmehr geht es um eine naturwissenschaftliche Grundbildung im Sinne von *scientific literacy* (vgl. zsf. u. a. Bybee, 2002; Gräber & Nentwig, 2002; Gräber, Nentwig & Nicolson, 2002), welche neben dem Erwerb eines grundlegenden Verständnisses naturwissenschaftlicher Konzepte und Verfahren auch nichtleistungsbezogene Komponenten, wie beispielsweise die Förderung von Motivation und Interesse, beinhaltet. In dieses Konzept gehen somit verschiedene fachliche sowie überfachliche Kompetenzen ein, die ergänzt werden durch affektive Komponenten, wie Motivation, Neugierde und Interesse an naturwissenschaftlichen Fragen (Labudde & Möller, 2012). Unter dem in diesem Kontext immer wieder auftauchenden Begriff des Verstehens wird für die vorliegende Arbeit das Vorhandensein von Wissensstrukturen verstanden, die über den Erwerbskontext hinaus anwendbar, d.h. flexibel und nicht situationspezifisch enkodiert, sind (vgl. dazu die Theorie zur kognitiven Flexibilität: Spiro, Feltovich, Jacobson & Coulson, 1991). Gestützt werden kann diese Definition durch die von Wolfgang Einsiedler (2011), für den Verstehen bedeutet „in sich kohärente Wissensmodelle aufzubauen und das Wissen auf verwandte Sachverhalte anwenden zu können“ (S. 343). Ergänzend dazu beinhaltet das Verstehen eines Sachverhalts bzw. einer Gesetzmäßigkeit, dass etwas „Neues“ in die bereits vorhandene Wissensstruktur eingeordnet werden kann. Dieser Zu- und Einordnungsprozess kann dazu führen, dass ein naturwissenschaftliches Konzept zunehmend elaboriert (gemeint ist das Konkretisieren und Ausweiten des Wissens) und organisiert (gemeint ist die Bündelung von Wissen bzw. die Zusammenfassung von Einzelheiten) wird (vgl. Einsiedler, 2007, S. 399).

Eine Vielzahl an Autoren beschäftigt sich mit der Frage nach den Zielen naturwissenschaftlichen Lernens und mit ihrer Konkretisierung bezogen auf die Unterrichtspraxis. Nach Möller (2006) sollte naturwissenschaftliches Lernen folgende Aufgaben erfüllen: Die Lernenden sollen

- 1) beim Nachdenken über Phänomene aus Naturwissenschaft und Technik Interesse und Freude empfinden und daran interessiert sein, naturwissenschaftliche und technische Problemstellungen und Fragen zu ergründen.
- 2) das Selbstvertrauen entwickeln, etwas entdecken und verstehen zu können.
- 3) sich mit Freude auf forschendes Denken einlassen und auftretende Herausforderungen im Denken annehmen.
- 4) dazu befähigt werden, über naturwissenschaftlich-technische Fragen zu sprechen/zu kommunizieren.
- 5) ein anfängliches Verständnis von Wissenschaft und wissenschaftlichem Arbeiten aufbauen und entsprechende Verfahren, wie beispielsweise das Experimentieren, erlernen.
- 6) konzeptuelles Basiswissen erwerben, welches von ihnen für das Vorhersagen und Erklären von Phänomenen genutzt werden kann.

Aufgezeigt wird hier ein multikriterialer Katalog an Unterrichtszielen, in welchem „konzeptuelle, verfahrensbezogene, metakognitive, motivationale und selbstbezogene“ (ebd., S. 111) Bereiche miteinander verknüpft werden. Es wird deutlich, dass neben der Entwicklung von naturwissenschaftlichem Wissen einerseits und dem Wissen über das Wesen der Naturwissenschaften andererseits, also leistungsbezogenen Zielvariablen, der naturwissenschaftliche Unterricht in der Grundschule auch motivationale, d. h. nichtleistungsbezogene, Zielsetzungen verfolgt: Anzuführen ist hierbei das Streben nach einer Entwicklung von Interesse am Nachdenken über Naturwissenschaften, wobei zwischen individuellem und situationalem Interesse unterschieden werden muss (Krapp, 2002). Lange, Kleickmann, Tröbst und Möller (2012) stellen in diesem Zusammenhang dar, dass beide Formen des Interesses als Zieldimension von Unterricht angesehen werden, Bezug nehmend auf Hidi und Harackiewicz (2000) jedoch das situationale Interesse eher durch Unterricht beeinflussbar ist. Nach Lange et al. (2012) werden „[d]iese mehrdimensionalen Ziele [...] zumeist noch um das situative Erleben von Kompetenz im Unterrichtsgeschehen selbst und den Aufbau positiver selbstbezogener Kognitionen, wie z. B. positiver Selbstwirksamkeitserwartungen, ergänzt“ (S. 59; vgl. außerdem Einsiedler, 2003; Möller, 2001).

Auch Prenzel und Kollegen (2004) beschäftigen sich in einer Publikation der Bund-Länder-Kommission mit der Frage, welche Zielsetzungen das naturwissenschaftliche Lernen in der Grundschule verfolgen sollte: „Der

Sachunterricht zielt generell darauf ab, die Wahrnehmung, das Verständnis und das Erschließen der natürlichen, technisch gestalteten, kulturellen und sozialen Umwelt, ausgehend von den Erfahrungen der Kinder, in Richtung fachlich belastbarer Vorstellungen und Zugänge zu entwickeln“ (S. 9). Thematisiert wird hier der Aufbau eines grundlegenden konzeptuellen Wissens und Verständnisses, welches naturwissenschaftlichen Leitideen zugeordnet werden kann. Von Bedeutung sind dabei wenige zentrale Konzepte, „die auf die Erfahrungswelt der Kinder bezogen werden können, zugleich aber anschlussfähig sind für nachfolgendes Lernen“ (ebd., S. 10). Des Weiteren wird als Zielaspekt, ähnlich wie bei Möller bzw. dem Konzept von *scientific literacy*, der Aufbau eines ersten Verständnisses naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen gesehen. Parallelen zeigen sich auch bezogen auf den motivationalen Bereich: Sowohl die Entwicklung eines fragenden Interesses als auch die Freude am Fach werden als Ziel formuliert.

Mit Blick auf eine kompetenzorientierte Gestaltung von Lernprozessen, die es ermöglichen soll, die dargestellten Zielsetzungen zu erreichen, wird bei Prenzel und Kollegen folgende Umsetzungsmöglichkeit dargelegt: Es wird dafür plädiert, problemorientiert von Alltagssituationen auszugehen, „Vorstellungen und Annahmen darlegen und begründen zu lassen, zum Explorieren anzuregen und die Erfahrungen und Erkenntnisse auszuwerten und zu interpretieren“ (ebd., S. 11). Entscheidend ist ihrer Ansicht nach vor allem in den Erarbeitungsphasen die Balance zwischen gedanklichen Aktivitäten („minds-on“) und Tätigkeiten („hands-on“) (vgl. ebd.). Für die Lehrkräfte besteht außerdem eine Herausforderung darin, an den Präkonzepten der Kinder anzuknüpfen, mögliche Fehlvorstellungen zu identifizieren und diese aus Sicht der Kinder überzeugend zu widerlegen und dadurch zu überwinden (vgl. hierzu den Ansatz *conceptual change*, u. a. Duit, 1999; Möller, 2007; Schnotz, 2010).

Ebenfalls mit den Zielen des naturwissenschaftlichen Lernens beschäftigt sich der Perspektivrahmen Sachunterricht der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2013), der als zentrale Orientierungshilfe für die Gestaltung dieses Fachs gesehen werden kann. In einem ersten Schritt legt der Perspektivrahmen Kernziele des sachunterrichtlichen Lernens allgemein dar, welches sich neben der Naturwissenschaft aus sozialwissenschaftlichen, geographischen, historischen sowie technischen Inhalten zusammensetzt. Diese fünf Inhaltsbereiche werden in einem zweiten Schritt detaillierter ausgeführt und bezogen auf die jeweiligen Zielsetzungen konkretisiert, indem aus jedem Inhaltsbereich eine entsprechende Perspektive gebildet wird. In

der vorliegenden Arbeit wird auf die naturwissenschaftliche Perspektive des GDSU-Perspektivrahmens fokussiert, teilweise sind Verknüpfungen zur technischen Perspektive zu sehen.

Laut Perspektivrahmen beinhaltet die naturwissenschaftliche Perspektive fünf Schwerpunkte, die sowohl kognitive, metakognitive als auch handlungsorientierte Komponenten enthalten (ebd., S. 38). So werden einerseits Aspekte wie das Wahrnehmen, Erkennen und zunehmende Verstehen von Phänomenen genannt sowie das Erkennen des Wesens naturwissenschaftlichen Wissens, andererseits auch die Aneignung von Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen sowie die Reflexion und Bewertung des eigenen Lernprozesses. Deutlich wird, dass im Gegensatz zum multikriterialen Zielkatalog (Möller, 2006) das Hauptaugenmerk auf die leistungsbezogenen Zielsetzungen und die Anschlussfähigkeit des Wissens gelegt wird und die nichtleistungsbezogenen Ziele dagegen in den Hintergrund treten.

Die Zielsetzungen des Verstehens, also das Durchdringen von naturwissenschaftlichen Phänomenen, und die Zielsetzung, konzeptuelles Basiswissen aufzubauen, sind eng miteinander verbunden und stehen im Zentrum der vorliegenden Arbeit. In Anlehnung an den Perspektivrahmen konzentriert sich die Arbeit folglich auf die Frage, wie naturwissenschaftlicher Unterricht gestaltet werden kann, um diese Zielsetzungen zu erreichen. Eine Orientierungshilfe stellen dabei die Vorschläge von Prenzel und Kollegen dar.

Als konzeptuelles Wissen wird in diesem Zusammenhang verstanden, dass es Lernenden gelingt ein Phänomen bezogen auf eine naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeit zu erklären, d. h. sie können damit die Frage nach dem *wie* und *warum* beantworten. Als prozedurales Wissen wird definiert, dass Lernende bezogen auf eine Situation wissen, *wie* etwas funktioniert, ohne in der Lage zu sein zu erklären, warum es so ist (Schwelle, Lohrmann & Hartinger, 2014).

Empirische Forschungsarbeiten versuchten in den letzten Jahren aufzuzeigen, wie es gelingen kann, Lernsettings zu gestalten, die über das Potential verfügen, den angesprochenen Zielsetzungen gerecht zu werden. Als eine Möglichkeit hierfür wird das Arbeiten mit Beispielen gesehen, welches im folgenden Teil der Arbeit dargestellt wird.

3 Arbeiten mit Beispielen

Als eine Möglichkeit Lernumgebungen zu gestalten, mit denen die Ziele des naturwissenschaftlichen Lernens verfolgt werden können, wird das Arbeiten mit Beispielen gesehen. Im folgenden Teil werden deshalb theoretische Zugänge dargestellt, die sich mit der Auswahl und dem Einsatz von Beispielen in Lernsettings beschäftigen und somit die theoretische Rahmung der vorliegenden Arbeit liefern. Dabei wird auf Zugänge aus verschiedenen Fachdisziplinen – der Allgemeinen Didaktik, der Fachdidaktik sowie der Lehr-Lernforschung – zurückgegriffen.

3.1 Allgemeindidaktischer Zugang: Prinzip der Exemplarität

Einen wesentlichen theoretischen Zugang für die vorliegende Arbeit stellt die bildungstheoretische Didaktik nach Wolfgang Klafki dar. Die sogenannte kategoriale Bildung entwirft er anknüpfend an die Theorie der Bildungsinhalte von Erich Weniger (1956). Sein Anliegen ist es, durch die kategoriale Bildung die beiden bisher favorisierten Bildungskonzeptionen, die materiale und die formale Bildung, zusammenzuführen. Unter materialer Bildung wird die möglichst große Anhäufung enzyklopädischen Wissens verstanden, wohingegen mit formaler Bildung die Beherrschung von Methoden, die einen Lernenden dazu befähigen sich Inhalte eigenständig anzueignen, sowie die Entfaltung der individuellen körperlichen, geistigen und seelischen Kräfte gemeint ist (Wiater, 2011, S. 63 f.).

Als zentraler Punkt der bildungstheoretischen Didaktik kann die Fokussierung auf die bildenden Momente im Unterrichtsinhalt gesehen werden, d. h. es wird der Frage nachgegangen, womit sich Lernende für kategoriale Bildung auseinandersetzen müssen. Dabei gilt als wesentliches Ziel von Unterricht, unabhängig von Alter, Schulart und Unterrichtsfach, einen Unterrichtsinhalt so zu gestalten, dass er für die Lernenden bildungswirksam wird. Um die Bildungswirksamkeit zu gewährleisten, liefert Klafki für die Auswahl von Unterrichtsinhalten drei Prinzipien: So muss ein Inhalt *elementar* sein, d. h. er muss – bezogen auf die Sache – über sich hinaus auf etwas Allgemeines verweisen. Zudem muss er *fundamental* sein, also für den Lernenden grundlegende Einsichten bereitstellen, sowie *exemplarisch*, also typisch für die zu erlernende Gesetzmäßigkeit.