Matthias Furtner

Kinderaussagen zu naturwissenschaftlichen Phänomenen

Eine Untersuchung historischer und aktueller Befunde im Kontext des Sachunterrichts

forschung k linkhardt

Furtner

Kinderaussagen zu naturwissenschaftlichen Phänomenen

Matthias Furtner

Kinderaussagen zu naturwissenschaftlichen Phänomenen

Eine Untersuchung historischer und aktueller Befunde im Kontext des Sachunterrichts

Verlag Julius Klinkhardt
Bad Heilbrunn • 2016

Dissertation der Universität Hildesheim
Gutachter: Prof. Dr. Bernd Thomas, Prof. Dr. Katrin Hauenschild
Datum der Disputation: 26.08.2014

Dieser Titel wurde in das Programm des Verlages mittels eines Peer-Review-Verfahrens aufgenommen.
Für weitere Informationen siehe www.klinkhardt.de.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten
sind im Internet abrufbar über http://dnb.d-nb.de.

2016.kg © by Julius Klinkhardt.
Das Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung
des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen,
Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Coverfoto: privat.
Satz: Elske Körber, München.

Druck und Bindung: AZ Druck und Datentechnik, Kempten.
Printed in Germany 2016.
Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem alterungsbeständigem Papier.

ISBN 978-3-7815-2070-7

Inhaltsverzeichnis

Vorwort ... 9

I Einleitung ... 11

II Theoretische Grundlagen ... 13

1 Begriffsbestimmungen: *Kind* und *Naturwissenschaften* ... 13

1.1 Das *Kind* im Kontext der Auseinandersetzung mit dem naturwissenschaftlichen Phänomen ... 13

1.2 Grenzen im Spannungsfeld zwischen der kindlichen Denkweise und spezifisch-fachlichen Erklärungen ... 13

1.3 *Wissenschaftlichkeit* im Kontext *Kind* und *Auseinandersetzung mit dem naturwissenschaftlichen Phänomen* ... 14

2 Entwicklungstheoretische Grundannahmen für die Zeiten der Untersuchungen ... 15

2.1 Annahmen ab 1969: Veränderte Sichtweisen von Begabung, Leistung und Reife ... 15

2.2 Aktuelle Annahmen ... 18

3 Didaktische Leitbegriffe im Kontext von *Kind* und *Naturwissenschaft* ... 20

4 Der Begriff *Begriff* im Kontext des Verstehens ... 30

5 Das Phänomen *Schwimmen und Sinken* – fachliche und begriffsbildende Aspekte ... 34

5.1 Historisch-fachlicher Fokus: Der Auftriebsbegriff bei Archimedes ... 34

5.2 Fokus: Erkenntnistheoretische Überlegungen ... 37

5.3 Fokus: Subjektiv-erlebnishafte und schulpraktisch-didaktische Überlegungen ... 39

III Kontext Sachunterricht ... 47

1 Allgemeinbildende Bezüge ... 47

2 Anthropologisch-bedeutsame und inhaltliche Verknüpfungen ... 47

IV Betrachtung historischer und aktueller Befunde vor dem Hintergrund lerntheoretischer Paradigmen ... 55

1 Agnes Banholzer (2008 [ursprünglich 1936]): Die Auffassung physikalischer Sachverhalte im Schulalter ... 55

2 Karl Zietz (1955): Kind und physische Welt ... 61

3 Martin Wagenschein (1962): Beispiel aus der Naturbetrachtung (Der Weg des ‚Warum': Holz schwimmt auf Wasser); Schwimmen (von Holz, Eisen, Papierschiffchen) (1990 [ursprünglich 1973]) 65
4 Rudolf Karnick (1968): „Warum kann ein Dampfer schwimmen?" – Physik im 3. Schuljahr 69
5 Siegfried Thiel (1968/1969): Grundschulkinder zwischen Umgangserfahrung und Naturwissenschaft 71
6 Elard Klewitz (1989): Zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts vor dem Hintergrund der genetischen Erkenntnistheorie Piagets 77
7 Michael Soostmeyer (1988/1998): Zur Sache Sachunterricht 84
8 Achim Engelen/Angela Jonen/Kornelia Möller/Ilonca Hardy (2002/2003): Untersuchungen zu den didaktischen Kategorien *Lernfortschritt* und *Lehr- und Lernumgebungen* 86
8.1 Achim Engelen/Angela Jonen/Kornelia Möller (2002): Lernfortschrittsdiagnosen durch Interviews – Ergebnisse einer Pilotstudie zum „Schwimmen und Sinken" im Sachunterricht der Grundschule 86
8.2 Angela Jonen/Kornelia Möller/Ilonca Hardy (2003): Lernen als Veränderung von Konzepten – am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule 89
9 Hans-Joachim Fischer: Schwimmen und Untergehen – Kindergartenkinder deuten ein Naturphänomen (2009); Naturphänomene ausprobieren und reflektieren (2012); Ist das Wasser stark? (2013) 93

V Erkenntnisführende Forschungsperspektiven 101
1 Intention 101
1.1 Bezug 101
1.2 Ziel und Erwartung 102
2 Ausgesuchte Methoden textbezogener Analyse-Praxis 102
2.1 Hermeneutisch-interpretative Akzentuierung 104
2.2 Empirisch-systematische Akzentuierung 106
2.3 Zielführende Forschungsperspektiven 108
2.3.1 Übergeordnete Forschungsperspektive 108
2.3.2 Überlegungen zur Herleitung konkreter Fragestellungen 110
2.3.3 Leitgedanken zur Analyse der Textsystematik 111
2.4 Erkenntnistheoretische Anforderungen und Grenzen 113
3 Fragestellungen 115
3.1 Erkenntnisinteresse der Forschungsgruppen 115
3.2 Regelhaftigkeiten, Kategorisierung und Typisierung der Kinderaussagen 115

3.3 Zeitabhängige Tendenzen ... 115
3.4 Auf Bildungspraxis bezogene Herausforderungen und Handlungsperspektiven ... 116
3.5 Didaktische und curriculare Konsequenzen ... 116
3.6 Weitere Fragestellungen ... 116

VI Textanalyse: hermeneutisch-interpretative und empirisch-systematische Ansätze ... 117

1 Agnes Banholzer (2008 [ursprünglich 1936]): Die Auffassung physikalischer Sachverhalte im Schulalter ... 117
2 Karl Zietz (1955): Kind und physische Welt ... 123
3 Martin Wagenschein (1962): Beispiel aus der Naturbetrachtung (Der Weg des ‚Warum': Holz schwimmt auf Wasser); Schwimmen (von Holz, Eisen, Papierschiffchen) (1990 [ursprünglich 1973]) ... 129
4 Rudolf Karnick (1968): „Warum kann ein Dampfer schwimmen?" – Physik im 3. Schuljahr ... 140
5 Siegfried Thiel (1990): Grundschulkinder zwischen Umgangserfahrung und Naturwissenschaft ... 148
6 Elard Klewitz (1989): Zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts vor dem Hintergrund der genetischen Erkenntnistheorie Piagets ... 156
7 Michael Soostmeyer (1988/1998): Zur Sache Sachunterricht ... 171
8 Achim Engelen/Angela Jonen/Kornelia Möller (2002): Lernfortschrittsdiagnosen durch Interviews – Ergebnisse einer Pilotstudie zum „Schwimmen und Sinken" im Sachunterricht der Grundschule; Angela Jonen/Kornelia Möller/Ilonca Hardy (2003): Lernen als Veränderung von Konzepten – am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule ... 177
9 Hans-Joachim Fischer: Schwimmen und Untergehen – Kindergartenkinder deuten ein Naturphänomen (2009); Naturphänomene ausprobieren und reflektieren (2012); Ist das Wasser stark? (2013) ... 188

VII Zusammenführung der Ergebnisse ... 195

1 Evidente Zusammenhänge ... 197
1.1 Übergeordnete Intentionen einer *Forschung zu Kinderaussagen* ... 197
1.2 Interindividuelle Übereinstimmungen und Divergenzen ... 199
1.2.1 Kinderaussagen ... 199
1.2.2 Entwicklungstheoretische Zuordnungen der kindlichen Denkstrukturen ... 203
1.2.3 Didaktische Konsequenzen, auf Bildungspraxis bezogene Herausforderungen, Handlungsperspektiven ... 209

1.3 Weiterführende Interpretationsansätze 215
1.3.1 Wandel der Denkstruktur 215
1.3.2 Forschungsintentionen im Hinblick auf *sachstrukturelle Zusammenhänge* 217
1.3.3 Weitere Übereinstimmungen 219
1.4 Zusammenfassung 220
2 Einschätzung der *Ergiebigkeit* des Themas *Schwimmen und Sinken* 221
2.1 Betrachtung aus didaktisch-*konzeptioneller* und *curricularer* Richtung 224
2.1.1 Aspekt *Exemplarität* 224
2.1.2 Konzeptionelle Zuordnungen 226
2.1.3 Wissenschaftstheoretische Aspekte 228
2.2 Betrachtung aus *anthropologischer* Richtung 228
2.3 Betrachtung aus *didaktischer* Richtung vor dem Hintergrund phänomenbezogen-*fachlicher* Aspekte 229
2.4 Fazit der Einschätzung zur *Ergiebigkeit* des Themas 232
3 Analyse der gewählten Zugänge zum Phänomen *Schwimmen und Sinken* 233
4 Synoptische Darstellungen 234
5 Fazit und Ausblick 239

VIII Literatur 243

Redaktionelle Anmerkungen

Die häufig notwendige Orientierung am Originaltext gestattet nicht immer die aus Sicht heutiger Genderaspekte vorzunehmende gleichgeschlechtliche oder geschlechtsneutrale Darstellung von Personengruppen. Wo eine Darstellung an den entsprechenden Stellen nicht ausdrücklich in der vorgezeichneten Form vorgenommen werden konnte, sind deshalb mit Lehrern immer auch Lehrer*innen* und mit Schülern immer auch Schüler*innen* gemeint.
Hervorhebungen in Kursivschrift sowie Abkürzungen in wörtlichen Zitaten sind original- und buchstabengetreu übernommen. Auf zusätzliche Hervorhebungen innerhalb von Zitaten wird im jeweiligen Fall konkret hingewiesen. Weitere, in Kursivschrift gehaltene Hervorhebungen im laufenden Text wurden vom Autor der vorliegenden Arbeit selbst vorgenommen.
Einige der in der zitierten Literatur angeführten Referenzen und Literaturverweise werden im Text mitgenannt, sind jedoch nicht Inhalt eigener Recherche.

Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde im August 2014 von der Prüfungskommission des Fachbereichs 1 der Universität Hildesheim als Dissertation angenommen.
Sie stellt eine Studie dar, mit der die von Autorinnen und Autoren historischer und aktueller Befunde vorgetragenen Schlussfolgerungen für eine zeitgemäße Didaktik des Sachunterrichts fruchtbar gemacht werden. Da es sich bei diesen Befunden um die Erhebung und Auslegung von Kinderaussagen in einem naturwissenschaftlichen Kontext handelt, sind für eine adäquate Einschätzung der Ergebnisse notwendig auch fachliche Bereiche abzustecken und naturwissenschaftlich hinreichend zu beleuchten. In diesem Zusammenhang spreche ich Herrn Prof. Dr. Walter Köhnlein besonderen Dank für einen anregenden und hilfreichen Gedankenaustausch aus.
Meinem Doktorvater Prof. Dr. Bernd Thomas (Hildesheim) gilt mein Dank für seine außerordentlich zugewandte Betreuung. Die vertrauensvolle Zusammenarbeit hat mir insbesondere in schwierigen und anspruchsvollen Phasen der Erstellung der Arbeit sehr geholfen. Ebenso danke ich Frau Prof. Dr. Katrin Hauenschild (Hildesheim) für ihre äußerst gewissenhafte und stets aufmerksame Betreuung und für die Übernahme des Korreferats. Allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für Grundschuldidaktik und Sachunterricht der Universität Hildesheim bekunde ich für ihre Unterstützung und das kollegiale Arbeitsklima großen Dank.
Nicht zuletzt bedanke ich mich bei meiner Familie für ihre Geduld und ihr Verständnis sowie insbesondere bei meiner Frau Birgit für das Korrekturlesen.

Matthias Furtner, Hildesheim im Dezember 2015

I Einleitung

„Das Schiff sinkt nicht, weil es lang ist und breit; wenn es nur kurz wäre und schwer, würde es untergehen, dann kann nicht so viel Luft hinein. Wenn die Luft durchbläst, fährt der Dampfer, dann prellt die Luft an den Gegenstand hin“ (Banholzer 2008 [ursprünglich 1936], S. 56).[1]

Mit dieser individuellen Erklärung beantwortet ein 9-jähriger Schüler in einem frühen Protokoll von Agnes Banholzer (1908-1982) mit Kinderaussagen zu physikalischen Phänomenen die Frage nach der Ursache der Schwimmfähigkeit von Schiffen. Aussagen wie diese spiegeln häufig eine ausgeprägte Unvoreingenommenheit gegenüber zunächst selbstverständlichen und erst bei genauerer Betrachtung erstaunlichen Phänomenen wider. Sie legen eine Betrachtungsweise offen, die auf ein sehr ursprüngliches Denken schließen lässt, das in didaktischen Studien als Ausdruck der spezifischen, kindlichen Sichtweise auf Naturphänomene interpretiert wird. Das Interesse an kindlichen Denkweisen, insbesondere in der Begegnung mit dem naturwissenschaftlichen Phänomen vom *Schwimmen und Sinken* hat seit der Untersuchung Banholzers eine Reihe von Forschungsgruppen zu Studien in einem pädagogisch-didaktischen Kontext veranlasst. Dabei wurden über einen Zeitraum von rund 80 Jahren Aussagen von Kindern in der Auseinandersetzung mit dieser Naturerscheinung erhoben, dokumentiert, analysiert und interpretiert.

Dieser Sachverhalt lässt aufschlussreiche Ergebnisse einer sorgfältigen Untersuchung der Befunde erwarten. So ist im Hinblick auf die Kinderaussagen als Ausdruck der kindlichen Denkstruktur sowie auf die von den Autorinnen und Autoren der Befunde aus diesen Aussagen rückgeschlossenen didaktischen Konsequenzen und Handlungsperspektiven von zeitgeschichtlich bedingten Divergenzen, gegebenenfalls Konvergenzen auszugehen. Diese Gemeinsamkeiten und Unterschiede gilt es im Kontext einer aktuellen Didaktik des Sachunterrichts zu betrachten.

Das Forschungsinteresse der vorliegenden Arbeit richtet sich deshalb vor dem Hintergrund des langen Untersuchungszeitraumes nicht nur auf die dokumentierten *Aussagen der Kinder* selbst, sondern auch auf die *Forschungsintentionen* der jeweiligen Arbeitsgruppen, ihre individuellen *Erwartungshaltungen* sowie ihre *Ergebnisse*, die hier erstmals in eine Abfolge gebracht und textanalytisch untersucht werden.

Die vorgezeichneten Schwerpunkte deuten eine Vielschichtigkeit des Forschungsthemas an, in die *entwicklungstheoretische*, *didaktische* und *naturwissenschaftliche* Gesichtspunkte einzubeziehen sind. Um dieser Komplexität Struktur zu geben, ist die vorliegende Arbeit mit einem Theoriebezug in den *Kapiteln II.* und *III.* sowie einem Forschungsbezug in den *Kapiteln IV.* bis *VII.* verfasst. Literaturangaben (*VIII.*) schließen sich an.

Mit dem dieser Einleitung folgenden *Kapitel II. Theoretische Grundlagen* werden Begriffsbestimmungen sowie generelle, auf Didaktik bezogene Aspekte in ihrer Relevanz für Intention

1 Die Seitenangaben mit dieser Kennzeichnung beziehen sich auf die Neuedition der Dissertation von Agnes Banholzer aus dem Jahr 2008.

und Thema der vorliegenden Arbeit erläutert. Ebenso kommen entwicklungstheoretische Grundannahmen für die Zeiten der analysierten Befunde zum Vortrag.
Eine Querverbindung zum *Kontext Sachunterricht* wird in *Kapitel III.* hergestellt. Neben einer konzeptionellen Rückbindung wird insbesondere auf die *Bedeutsamkeit* der Thematik *Schwimmen und Sinken* für die Kinder abgehoben.
Die Darlegung der lerntheoretisch-historischen und aktuellen Befunde erfolgt in *Kapitel IV.* Dabei kommt die Einzelfalldarstellung – noch nicht die Einzelfall*analyse* – einem Muster von *Bezug und jeweiliger Intention*, zum *Vorgehen* der Verfasserinnen und Verfasser, ihren *Ergebnissen* sowie jeweils einer *Zusammenfassung* nach.
Der auf Forschung bezogene Teil trägt Ergebnisse der Befundanalysen vor. Durch dieses *Untersuchen von Untersuchungen* wird ein besonderes Feld didaktisch-pädagogischer Forschung betreten. So legen die Autorinnen und Autoren Ergebnisse ihrer Befunde vor, die es einerseits empirisch als *Fälle* im Hinblick auf charakteristische Strukturen zu analysieren gilt. Andererseits beruhen die Befundergebnisse auf der je individuellen Auslegung ihrer Verfasserinnen und Verfasser, denn sie werden aus unterrichtlichen, bzw. unterrichtsähnlichen Lernsituationen gewonnen, für die eine hohe Komplexität anzunehmen ist. Insofern sind die auf *Text* beruhenden Befunde – d.h. auf Dokumentation des von Kindern und Lehrenden in einem verbalen Austausch Geäußerten und deren Auslegung – ebenso *hermeneutisch-interpretativ* in ihrer individuellen *Bedeutung* zu reflektieren und zusammenzuführen. Diese besondere Forschungshaltung wird in *Kapitel V. Erkenntnisführende Forschungsperspektiven* erläutert.
Die *Kapitel VI. Textanalyse: hermeneutisch-interpretative und empirisch-systematische Ansätze* sowie *VII. Zusammenführung der Ergebnisse* bilden die wesentlichen Abschnitte der vorliegenden Arbeit. Dabei werden die insgesamt neun Befunde zunächst jeweils einzeln im Hinblick auf das Zustandekommen ihrer Ergebnisse und die daraus rückgeschlossenen Aussagen der Forschungsgruppen analysiert. Erst die Betrachtung der Befunde in ihrer Gesamtheit eröffnet jedoch evidente Strukturen des Vorgehens durch die Autorinnen und Autoren sowie deren Interpretationshaltung, die es möglich macht, die Untersuchungen in eine Abfolge zu bringen und umfassende Annahmen zu induzieren.
Synoptische Darstellungen (*VII. 4.*) mit einer Zusammenstellung beispielhafter Auszüge aus den Befunden geben eine Übersicht der wichtigsten Akzente des Analyseergebnisses.
Fazit und Ausblick (*VII. 5.*) schließen sich an. Es wird dargelegt, wie die Ergebnisse aus dem Verständnis der o.a. Forschungshaltung heraus transparent und den Annahmen einer Didaktik heutigen Sachunterrichts dienlich werden. Vor diesem Hintergrund werden abschließend beispielhafte Forschungsfelder aufgezeigt, in denen mögliche Schwerpunkte für eine sich anschließende und weiterführende Forschung gesetzt werden können.

II Theoretische Grundlagen

1 Begriffsbestimmungen: *Kind* und *Naturwissenschaften*

1.1 Das *Kind* im Kontext der Auseinandersetzung mit dem naturwissenschaftlichen Phänomen

Die o.a. beispielhafte Kinderaussage aus dem Protokoll Banholzers macht deutlich, dass die Konstellation *kindliche Vorstellungen* in der Auseinandersetzung mit *naturwissenschaftlichen Vorgängen* ein besonderes didaktisches Spannungsfeld eröffnet. Dieses Spannungsfeld erfordert eine differenzierte Abgrenzung und Benennung der individuell ausgelegten kindlichen Aussage einerseits von einer fachlich-naturwissenschaftlichen und tragfähigen Aussage physikalischer Vorgänge andererseits. So entspricht das durch die kindliche Aussage gezeichnete Bild zwar dem individuell vom Kind Verstandenen, ist jedoch im wissenschaftlichen Sinne häufig nicht belastbar (vgl. Engelen/Jonen/Möller 2002, S. 159 f.). Solche kindlichen Vorstellungen spiegeln im kritisch-rationalen Sinne einer *Prüfung nicht-standhaltende* und damit *sich nicht-bewährende* Deutungs- und Erklärungsmuster wider, sie weichen mitunter stark von einer *spezifisch-fachlichen Erklärung* des betreffenden Vorganges in der Natur ab.

Eine solche Bestimmung von *Naturwissenschaften* – im Sinne einer *spezifisch-fachlichen* Erklärung – soll dem Kontext der vorliegenden Arbeit entsprechend als *fachlich-exakte, elaborierte Erklärung* und *mathematische Erfassung* eines *isolierten, naturwissenschaftlichen, physikalischen Bereichs* der *unbelebten Natur* verstanden sein.

Die mit der vorliegenden Arbeit untersuchten Aussagen stammen überwiegend von Kindern, die ihrem Alter entsprechend dem Primarbereich zuzuordnen sind. Für die folgenden Betrachtungen des *Kindes* ist daher das 5- bis 11-jährige Schulkind anzunehmen. Einige der Autorinnen und Autoren weisen auf davon abweichende Altersangaben hin.

1.2 Grenzen im Spannungsfeld zwischen der kindlichen Denkweise und spezifisch-fachlichen Erklärungen

Der Einsicht um die – aus fachlicher Sicht – bestehenden Grenzen kindlicher Vorstellungen kommt aus didaktischer Blickrichtung Beachtung zu. Dieses insofern, als auch das Wissen des *Lehrenden* sich als ein nur *verhältnismäßiges*, ein *relativ Verstandenes* (vgl. Wagenschein 1976, S. 193) erweisen kann, eine – so Duit für diesen Zusammenhang –„vorläufige menschliche Konstruktion“ (2003, S. 8), die sich zwar bislang bewährt, aber nur bis zu einer neuen und geeigneteren Theorie Gültigkeit hat (vgl. ebd.).

Dass auch Erwachsene an konkrete Erklärungs*grenzen* stoßen können, vermerkt Martin Wagenschein (1896-1988) im Hinblick auf das Phänomen *Schwimmen und Sinken* treffend:

> „Es kommt ‚letzten Endes‘ daher, daß das Wasser schwer ist. Bei der Schwerkraft selbst […] sind wir schon zu Anfang gleich ‚am Ende‘: ‚Warum fallen die Dinge aufeinander zu? Warum gibt es Gravitation?‘ Das weiß niemand. ‚Es ist halt so.‘ Könnten wir die Gravitation […] verstehen, […] so wäre das ‚Ende‘ hinausgeschoben“ (1962, S. 64).

Wenngleich dieses Beispiel auch nicht zu verallgemeinern ist, scheint es angebracht, das Vorhandensein solcher Erklärungsgrenzen zur Kenntnis zu nehmen. Denn es zeigt sich, dass auch wissenschaftliche Diskurse auf Mustern basieren, deren Tragfähigkeit in letzter Konsequenz – allerdings nur in dieser – bis hin zu einem „‚Es ist halt so.'" (ebd.) betrachtet werden kann.
Die Problematik, an Erklärungsgrenzen zu stoßen, kann offenbar nicht negiert werden. Dieser Überlegung folgend, gilt es in schulpraktischer Hinsicht eine adäquate pädagogisch-didaktische Haltung einzunehmen, die eine vom Kind vorgetragene Sichtweise auf der einen und die fachlich gestützte Information des Lehrenden auf der anderen Seite gleichermaßen einbezieht. So ist bei einem für die Kinder – im Hinblick auf Verstehen – gerade noch akzeptablen Maß an Reduktion in der Darstellung des Sachverhalts dennoch der Anspruch sachlicher Richtigkeit zu erheben.

1.3 *Wissenschaftlichkeit* im Kontext *Kind* und *Auseinandersetzung mit dem naturwissenschaftlichen Phänomen*

Vor dem Hintergrund von *Wissenschaftlichkeit* macht Grygier auf die Bedeutsamkeit aufmerksam, „wissenschaftstheoretischen Unterricht durch eine erkenntnistheoretische Unterrichtseinheit" (2008, S. 57 f.) zu erweitern. Grundgedanke einer solchen erweiterten Auffassung ist es, nicht nur naturwissenschaftliche *Inhalte*, *Wissen* und *Kenntnisse*, sondern auch die *Strukturen* der Wissenschaften, ihre Entstehung und das wissenschaftliche Vorgehen in das Begriffsverständnis zu integrieren (vgl. Grygier/Günther/Kircher 2007, S. 1). Es gilt, auch „*erkenntnistheoretische*, *wissenschaftstheoretische und wissenschaftsethische Aspekte der Philosophie*" (ebd.) zu berücksichtigen.
Auf schulpraktischer Ebene ist daher mit Kindern ein Erkenntnisweg zu wählen, der „Erkenntnisgewinnung auf einfache, didaktisch reduzierte Weise beschreibt" (Grygier 2008, S. 58). Intendiert wird danach, dass Kinder eine übergeordnete Ebene der ständigen Rückschau einnehmen, in der sie erlangte Ergebnisse auf ursprüngliche Fragen beziehen. Schlussfolgerungen bilden die Grundlage neuer Fragen und schärfen den Prozess des Wissenserwerbs bis zur Erkenntnis. So verdeutlichen diese „metatheoretischen Unterrichtsphasen […], dass ein Experiment in engem Zusammenhang mit einer wissenschaftlichen Fragestellung steht und durch seine Ergebnisse (Evidenzen) die aufgestellte Hypothese bestätigt oder widerlegt wird" (S. 60). Die Autorin spricht in diesem Zusammenhang von einem „‚Erkenntniszirkel'" (S. 59).
Mit der „Koordination von Theorie und Evidenz" (2002, S. 105) kennzeichnen Sodian/Thoermer wissenschaftliches Denken bei Kindern ganz ähnlich. Danach zeigen Übereinstimmungen zwischen den Denkweisen von Erwachsenen und Kindern wie etwa logisches Denken, Entwurf von Kausalschlüssen und Nutzung „empirischer Evidenz" (S. 106), dass Kinder Voraussetzungen zum wissenschaftlichen Denken mitbringen (vgl. ebd.). Wird wissenschaftliches Denken hingegen auch im Sinne einer über die Ergebnisse *reflektierenden* Vorgehensweise angenommen, erfordert dies die Einnahme einer *übergeordneten Ebene*. Gemeint ist die „*metakognitive* Fähigkeit, die eigenen Hypothesen und Theorien selbst zum Gegenstand der Reflexion zu machen" (ebd.). Erst eine solche Reflexion über das *Zustandekommen* des Wissens lässt auf *wissenschaftliches Denken* schließen und ist nach diesem Verständnis Teil einer epistemologischen, d.h. die „Logik des Wissens und des wahren Erkennens" (Schlömerkemper 2010, S. 28) betreffenden Auffassung von Wissenschaft.
Sodian/Thoermer machen in diesem Kontext auf Befunde aufmerksam, die auf eine solche „Entwicklung wichtiger metabegrifflicher Kompetenzen im Verlauf des Grundschulalters"

(2002, S. 107) hindeuten.[2] Demnach ist insgesamt – so Sodian für diesen Kontext – davon auszugehen, dass sich das schlussfolgernde Denken von Kindern nicht wesentlich von dem der Erwachsenen unterscheidet. Differenzen sind nicht im eigentlichen Vermögen zu kausaler Denkweise selbst zu sehen, sondern weisen auf „Veränderungen im Verständnis der zu erklärenden Phänomene" (2008, S. 448) hin. Als eine Ursache, auf die Leistungs- und Wissensunterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen zurückzuführen sind, wird deshalb auch die Kindern noch fehlende Lebenszeit mit entsprechenden Lerngelegenheiten angenommen, weshalb sie auch als „universelle Novizen" (Stern 2003, S. 39) bezeichnet werden. In einem weiter gefassten Bereich schreibt Wagenschein Kindern Wissenschaftlichkeit zu. Danach ist in der „Verwunderung, […] *Beunruhigung*" (1990, S. 10) über den unbekannten Sachverhalt der Anlass zu sehen, der einen „Forschungszug ins Strömen bringt" (ebd.). Neuartiges wird nicht als bedrohlich, sondern als folgerichtige *Anregung* zum Hinterfragen des Unbekannten angesehen (vgl. S. 11). Die auf diese Weise hervorgerufene Zuwendung zum Sachverhalt „löst einen Forschungsprozeß aus mit Beobachten, Wiederholen, Vergleichen, Vermuten, Eingreifen, planmäßig Verändern, der bemerkenswert ähnlich ist dem wissenschaftlichen Vorgehen" (ebd.). Dabei zeugt die sich in den Kinderaussagen ausdrückende „Hoffnung" (S. 13) auf *Wiederholbarkeit* eines Vorganges und auf die „Erhaltung der Masse, Erhaltung der Energie" (ebd.) als die „‚gemeinverständlichen Prinzipien', die in der Naturwissenschaft führend geworden sind" (ebd.), ebenfalls von einer auf *Wissenschaft* bezogenen Haltung. Wagenschein bemerkt: „Diese gemeinverständlichen Grundsätze bereiten die Physik vor und begleiten sie" (ebd.). Der *verwunderliche* und gegebenenfalls *beunruhigende* Sachverhalt ist demnach weniger in den Möglichkeiten seiner zu mathematisierenden als vielmehr in den Möglichkeiten seiner qualitativen Erfassung zu sehen.

2 Entwicklungstheoretische Grundannahmen für die Zeiten der Untersuchungen[3]

2.1 Annahmen ab 1969: Veränderte Sichtweisen von Begabung, Leistung und Reife

Markante Änderungen entwicklungstheoretischer Annahmen und curricularer Akzente sind für den Zeitraum um den Grundschulkongreß 1969 zu vermerken. Anlass zu dieser Einschätzung geben Beiträge einer Tagung des *Arbeitskreises Grundschule*[4] mit dem Ziel, eine „Schulreform von unten" (Schwartz 1970, S. 7) zu erwirken. Erwin Schwartz (1916-2003) bezieht sich mit dieser Bezeichnung auf die Grundschule und mahnt damit die Reform einer

2 Benannt werden:
- Sodian, Beate (1992): Bereichsübergreifende Veränderungen in der kognitiven Entwicklung. Das kindliche Verständnis des wissenschaftlichen Denkens. Universität München. Habilitationsschrift.
- Schrempp, Inge/Sodian, Beate (1999): Wissenschaftliches Denken im Grundschulalter. Die Fähigkeit zur Hypothesenprüfung und Evidenzevaluation im Kontext der Attribution von Leistungsergebnissen. In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 31.

3 Die Befunde von Agnes Banholzer und Karl Zietz sind für eine Zeit noch *vor* dem Frankfurter Grundschulkongreß 1969 zu verorten und damit konzeptionell eher vor dem Hintergrund einer gesamtunterrichtlichen Heimatkunde zu sehen (vgl. Thomas 2013, S. 150). Daher ist für Erläuterungen zu entwicklungstheoretischen Grundannahmen dieser Befunde auf deren Kontextualisierung im Zuge ihrer Analysen zu verweisen. In dem hier vorgetragenen Kapitel sollen vornehmlich diejenigen entwicklungstheoretischen Grundannahmen Berücksichtigung finden, die ab der Zeit des Grundschulkongresses und mit den Empfehlungen zur Arbeit in der Grundschule (1970) für den *Sachunterricht* zu vermerken sind.

4 Die Publikation der hier ausgewählten Beiträge erfolgte 1970 in: Erwin Schwartz (1970) (Hrsg.): Grundschulkongreß '69. Band 1. Begabung und Lernen im Kindesalter. Frankfurt am Main.

möglichst frühen institutionalisierten Bildung an. Hintergrund ist die seinerzeitige Erkenntnis um die Notwendigkeit, den „Begriff der Begabung" (Heckhausen 1970, S. 73) als Ursache unterschiedlicher Schulleistungen zu hinterfragen, neu zu benennen und zu überarbeiten.
Das Bemühen, die bis dahin anerkannten entwicklungstheoretischen Ansätze zumindest für eine Neuformulierung und Aktualisierung zu nutzen, zeigt Franz Weinert (1930-2001) in diesem Zusammenhang mit seinen Anmerkungen zu Thesen von z.B. Oswald Kroh (1887-1955) auf. Diesem Beitrag kommt insbesondere dahingehend Beachtung für die vorliegende Arbeit zu, als auch Agnes Banholzer (1936) und später Karl Zietz (1955) ausdrücklich Bezug auf Krohs Grundgedanken zum Entwurf eines enwicklungstheoretischen Bildes vom Kind nehmen.
Kernpunkte einiger der von Weinert vorgetragenen Überzeugungen Krohs sind:

a) Bestimmung schulischer Leistungen in Abhängigkeit *anlagebedingter Begabung*,
b) Bestimmung schulischer Leistungen in Abhängigkeit des *Alters*,
c) die diskontinuierliche, in abgrenzbaren *Phasen* verlaufende psychologische Entwicklung des Kindes.

Einflüsse der Umwelt im Sinne von *Anregungen* wurden in diesem Verständnis als nur *begrenzt* eingeschätzt (vgl. 1970, S. 31-35).
Weinerts Interpretationen und Anmerkungen dieser Aussagen zielen hingegen aus dem Blickwinkel der damaligen aktuellen Forschungssituation auf ein verändertes, neues Verständnis psychologischer Vorgänge. Die Rolle der *anlagebedingten* Befähigungen auf der einen sowie der *Umwelteinflüsse* auf der anderen Seite wurden als die maßgeblichen Faktoren psychologischer Entwicklung nun nicht mehr so strikt gegeneinander ausgeschlossen. Das führte – zumindest in der Interpretation Weinerts – dazu, dass die bis dahin vorherrschenden Grundannahmen nicht vollkommen aufgegeben, sondern in spezifischen, im Sinne des neuen entwicklungstheoretischen Bildes noch akzeptablen Domänen verändert und angepasst wurden.
So sieht Weinert die *Leistung* in Abhängigkeit von dem zu individueller Zeit und Gelegenheit abgreifbaren Lernvermögen aus einem Fundus „angeborener Lernkapazitäten" (S. 33). Danach seien „Anlagen" (ebd.) als „Lernpotentiale" (ebd.) zu verstehen. Nicht Reifung, sondern entwicklungsbedingte Ausprägung von Einstellungen, Intentionen und Befähigung bestimmen den Lernprozess. Überdies vollzögen sich entwicklungsbezogene Veränderungen in Abhängigkeit von „Lernerfahrungen" (S. 36) und im Rahmen einer diesen Veränderungsvorgängen innewohnenden, bestimmte Erfahrungsgrenzen nicht übersteigenden Vorgabe, einer „sachimmanenten Entfaltungslogik" (ebd.). Letztlich seien es die durch den Rahmen einer entwicklungsbedingten Ausprägung von Einstellungen, Intentionen und allgemeiner Befähigung (Fähigkeiten) vorgegebenen *Lernerfahrungen*, die der (kindlichen) Entwicklung dienen (vgl. ebd.). Im Sinne der Tagungsabsicht des *Arbeitskreises Grundschule* hebt Weinert die „psychologische Forschung" (S. 37) als notwendige Grundlage der Neustrukturierung und „Reform bzw. Reorganisation des Grundschulwesens" (ebd.) hervor.
Die Notwendigkeit einer veränderten Sichtweise macht auch Heinz Heckhausen (1926-1988) deutlich. Er vermerkt, dass die bisher gängige Annahme, *Leistung* – im Sinne „intellektueller Leistungsfähigkeiten" (1970, S. 73) – sei durch *Begabung*, durch „angeborene Wesenseigentümlichkeiten" (ebd.) bestimmt, seit Beginn der entwicklungspsychologischen Forschung bis zu dieser Zeit ungefragt hingenommen wurde. Relevanten Wissenschaftsdisziplinen, wie etwa der Psychologie und Genetik, könne nach dieser Auffassung nicht zugesprochen werden, *intelligente Leistung* im Verständnis von *angeborener Fähigkeit* messen

zu können. Eine Ursache für diese Annahme sei in den entsprechend ausgearbeiteten Tests zu sehen, die genau diese Ergebnisse erhärteten. Überprüfbar sei lediglich das Vermögen des Probanden, bestimmte, ihm bislang unbekannte Aufgaben zu lösen. Nach derzeitigem wissenschaftlichem Stand (1970) könne *Begabung* nach diesem Verständnis deshalb nicht mehr als Hauptursache unterschiedlicher Leistungen angenommen werden. Im Zuge dieser Überlegungen bekämen dagegen *Vorerfahrungen* wachsende Beachtung (vgl. ebd.).
Heckhausen leitet diese Annahme aus der Zwillingsforschung ab, die zeige, dass eine spezifische „Lerngeschichte" (S. 74) und insbesondere Erlebnisse der *frühen* Entwicklungsphasen unmittelbaren Einfluss auf Leistungen bewirken. Die Vielfalt der bei diesen Erlebnissen erfahrenen Umwelt*anregungen* korreliere dabei mit höherer Leistung (vgl. ebd.). Umwelt*anregungen* eröffnen demnach Bereiche von Möglichkeiten zur Erweiterung von Erfahrungen und damit Lernzuwachs. Die angeborenen Fähigkeiten hingegen bestimmen die Grenzen, innerhalb derer der ständig fortlaufende und sich ausbauende Lernprozess stattfindet. Statt von *Begabung* sei deshalb von einem aus gemessener Leistung geschlossenen „Grad von Lernfähigkeit" (ebd.) zu sprechen. Dieser Überlegung nachkommend, kann *Lernfähigkeit* treffend benannt werden als *Verbindung der spezifischen Lernbiographie* (d.h. unter Berücksichtigung der Einflüsse durch Umweltanregungen und Erfahrungen) *mit den angeborenen Fähigkeiten*.
Die Aussagen Heckhausens und Weinerts zugrunde legend, setzen Anreize, Beispiele und Einwirkungen der alltäglichen Umwelt das im Kind verfügbare Lern-Vermögen frei. Diesem Verständnis folgend, ist *Lernleistung* zu verstehen als die *sich gegenseitig bedingenden und reflektierenden Veränderungen (Wechselwirkungen) der qua Geburt präsenten Wirkungsfähigkeiten auf der einen und der individuellen Lernbiographie auf der anderen Seite* (vgl. ebd.).
Diese veränderte Sichtweise von *Begabung* – nun als „Grad von Lernfähigkeit" (ebd.) – führte zu der Erkenntnis, dem angestrebten Neuverständnis dieser Wortbedeutung die Komponente der von *außen anregenden Umwelteinflüsse* hinzuzufügen.
Im Vorfeld dieser Diskussion erkennt auch Heinrich Roth (1906-1983) die Notwendigkeit eines differenzierten Verständnisses von *Begabung*, und zwar einerseits als „Anlage, Reifung, Entfaltung" (1966, S. 129) sowie andererseits als „Erweckung von außen" (ebd.). Auch er fordert, den „pädagogischen Begabungsbegriff" (ebd.) neu zu definieren. Dieser sage mehr aus, als den Grad der im Rahmen schulgebundener Erziehung zu einem erwünschten Verhalten erworbenen *Intelligenz* auf Ergebnisse eines entsprechenden Tests zu reduzieren (vgl. ebd.). Solche Tests wiesen keine sich wesentlich unterscheidenden Ergebnisse auf, auch, wenn sie mit fortschreitendem Alter der Probanden in der Anforderung entsprechend adaptiert würden. Ein derart erhobenes Maß an Intelligenz bleibe trotz zunehmender Lebenserfahrung relativ stabil (vgl. S. 131).
Dagegen sieht Roth für eine sich vollziehende *Entfaltung von Begabung* den Einfluss weiterer Bedingungen, wie etwa die „Aneignung, Beherrschung und Vollendung tatsächlicher Leistungsformen unserer Daseinsbewältigung und Kulturbetätigung" (ebd.), um „intelligente Anfangsleistungen vollbringen" (ebd.) zu können. Intelligenz sei als „eine sich entwickelnde und entfaltende Größe" (ebd.) zu verstehen. Damit verweist der Autor auf ein Verständnis von Lernzuwachs, in dem ein Bezug zu *Anregungen aus der Umwelt* anzunehmen ist.
Ausgehend von *intelligenter Leistung* „als Ausgangsleistung neuen Aufgaben gegenüber" (S. 133) und als das, „was der Intelligenztest mißt" (ebd.), definiert Roth deshalb „Begabung […] als die ‚Fähigkeit zu lernen'" (ebd.). Das pädagogische Interesse gilt demnach neben den vorhandenen Fähigkeiten der oben angeführten Begriffsbeschreibung von *Intelligenz* vor allem denjenigen Befähigungen, die Entwicklungspotential aufweisen (vgl. S.131).

Die Betrachtung von Umwelteinflüssen als bedeutende Entwicklungsfaktoren greift Roth auch später auf und fokussiert diese dahingehend auf den pädagogischen Bereich, als „Begriffe wie Entfaltung, Entwicklung, Reife“ (1977, S. 63) einen „Entwicklungsstand“ (ebd.) beschreiben, „der im vorausgegangenen Lebensabschnitt als Produkt von Anlage und Umwelt, Reifen und Lernen […] zustande kam“ (ebd.). Ein solcher *Entwicklungsstand* kennzeichnet letztlich die „Qualität der erworbenen und erreichten Leistungsbereitschaft und Leistungsfähigkeit“ (ebd.). Die Einsicht, dass eben diese Kategorien „die Voraussetzung sind für weiterführende Aufgabenlösungen“ (ebd.), setze sich, so Roth, in der Pädagogik allerdings nur allmählich durch, womit er auf die in dieser Zeit sich stark haltende Annahme von *Schulreife* als „*Anlage*-Reifung“ (ebd.) anspricht.

2.2 Aktuelle Annahmen

Die Altersstruktur der Kinder in den zu analysierenden Befunden berücksichtigend, ist auf die von Jean Piaget (1896-1980) als *operational* gekennzeichneten *Phasen* (hier besonders die *konkret-operationale* [7-12 Jahre] sowie die *formal-operative* [ab 12 Jahre] Phase) aufmerksam zu machen. So hebt Beate Sodian für eine Betrachtung aktueller Sichtweisen zur *Ausbildung des Denkens* spezifische, der Auslegung Piagets nachkommende Aspekte hervor. *Operation* ist für diesen Kontext zu sehen als zielgerichtete Denkaktion, als „Möglichkeit, interne Repräsentationen mental zu manipulieren“ (2008, S. 439).

Sodian verweist für Kinder im Alter der o.a. *Phasen* etwa auf die Einsicht von Reversibilität, d.h. die Einsicht von Umkehrbarkeit oder Auslöschung eines durch Handlung hervorgerufenen Resultates durch eine andere Handlung (vgl. S. 440). Weiterhin gelingt es Kindern, „logische Operationen durchzuführen“ (S. 442), als „Voraussetzung für die erfolgreiche Lösung von Aufgaben, bei denen mehrere Dimensionen berücksichtigt werden müssen und Transformationen beachtet werden müssen“ (ebd.).[5] Eine „hypothetische, bzw. theoretische Herangehensweise an Problemstellungen“ (S. 443) wird darin gesehen, wenn durch „kontrollierte Experimente“ (ebd.), in dessen Vorfeld Vermutungen angestellt werden, überprüft und schlussgefolgert, d.h. insgesamt eine „analytische Durchdringung komplexer Problemstellungen“ (ebd.) und nicht nur einzelner Faktoren gelingt. Darüber hinaus ist dieses Denken durch die „sich entwickelnde Fähigkeit, Erkenntnisprozesse selbst zum Gegenstand der Reflexion zu machen“ (ebd.) gekennzeichnet.

Neueren Studien kindspezifischen Lernens zufolge kommt bestimmten, vom Kind favorisierten *Lernbereichen* Relevanz zu (vgl. S. 437). Dieser, mit „Conceptual Development“ (ebd.) benannte Ansatz betrachtet die Entwicklung des Denkens unter den Gesichtspunkten der Ermittlung wichtiger Begriffe und der Durchdringung charakteristischer Bereiche eines speziellen verinnerlichten und verstandenen Wissensgebietes (vgl. ebd.). Die Befähigung des Kindes zu differenzieren und einen spezifischen, von individueller Problemstellung und situativem Zusammenhang abhängigen Lernzuwachs in bestimmten Bereichen („Kernwissen“ [S. 463]) zu erfahren, wird als Theorie der „Entwicklung domänenspezifischen begrifflichen Wissens“ (S. 462) diskutiert. Anregungen *von außen* sind danach zwar als Voraussetzung für die „domänenspezifische Informationsverarbeitung“ (S. 463) zu sehen. Gleichwohl führen solche *Erfahrungen* „nicht zu einer Veränderung […] der Ergebnisse der domänenspezifi-

5 Beispielhaft führt Sodian eine Balkenwaage an. Danach sind Kinder in der Lage, unter Berücksichtigung der *Anzahl* von Gewichtsstücken und deren *Abstand* vom Drehpunkt eine Vorhersage darüber zu treffen, welcher Arm der Waage sich bei einer Belastung senken wird (vgl. 2008, S. 442 f.).

schen Verarbeitung" (ebd.). Weiterführende Annahmen gehen deshalb von einem kindlichen Wissen aus, das als vermutungs- oder hypothesen-orientiert strukturiertes Wissen beschrieben wird (vgl. S. 464).
Diese „‚Theorie-Theorie'" (ebd.) unterscheidet sich von den Thesen Piagets im Wesentlichen dadurch, dass nicht – wie im Verständnis Piagets – „*bereichsübergreifende* kognitive Strukturen dem Wandel der kindlichen Erklärungen für spezifische Phänomene zugrunde liegen" (ebd.), sondern dass im „*domänenspezifischen* begrifflichen Verständnis" (ebd.) die Voraussetzung für den „kognitiven Fortschritt" (ebd.) auszumachen ist.
Heutige Annahmen gehen daher davon aus, dass Kinder in speziellen, *abgegrenzten* Bereichen wie z.B. der Physik „intuitive Theorien" (ebd.) und begriffliche Vorstellungen zu wahrgenommenen Vorgängen und Naturerscheinungen entwickeln (vgl. S. 466). Einerseits besteht somit zwar *intuitives Wissen* über naturwissenschaftliche Größen, wie z.B. Zeit, Geschwindigkeit, Masse, Kraft. Allerdings entspricht dieses Wissen „in aller Regel nicht dem wissenschaftlichen Wissen" (S. 469) und führt daher zu fehlerhaften Konzepten, so genannten „misconceptions" (ebd.), die sich mitunter sehr beständig halten und zudem weitgehend kontextabhängig herangezogen werden. Die überwiegende Zahl an Vorschulkindern nimmt etwa an, „ein kleines Stück Styropor […] wiege ‚nichts'" (S. 470). Offenbar machen sie ihr Urteil von ihrem Sinneseindruck abhängig: *Gewicht* hat, was „fühlbar schwer ist" (ebd.). Erst in der „Altersgruppe der Zwölfjährigen" (ebd.) urteilen die Kinder, dass auch bei der fortgesetzten Teilung eines solchen Gegenstandes (z.B. ein Styroporstück durchbrechen) immer kleinere Teile entstünden, die dennoch ein *Gewicht* haben.[6]
Gleichwohl könne – so die Autorin – die „Demonstration früher Kompetenzen […] Entwicklungstheorien nicht ersetzen" (S. 448), weshalb „die Antwort auf die Frage ‚Was entwickelt sich?'" (ebd.) zentral bleibe. Diesen Einsichten folgte in der entwicklungspsychologischen Diskussion die Erkenntnis, die „Psychologie der Informationsverarbeitung" (S. 448 f.) als den entscheidenden Aspekt der Entwicklungsforschung zu benennen (vgl. ebd.).
Neues *Wissen* auf Grundlage des sich ausbildenden begrifflichen Verständnisses einerseits und die biologisch-bedingt zunehmende „Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung" (S. 450) von Kindern und Jugendlichen sowie deren Befähigung zu Problem lösendem Denken andererseits, werden danach als wichtigste Bestimmungsgrößen der Wissensaneignung angenommen (vgl. S. 478).
Neben *psychologischen* Akzenten der „Entwicklung im Schulalter" (2004, S. 115) ist mit Arnold ebenso auf den *pädagogischen* Bereich dieser Kategorie zu verweisen. Danach ist *Entwicklung* als die „mittelfristige Veränderung von Merkmalen des Erlebens und Verhaltens" (ebd.) zu bezeichnen. Darüber hinaus sei – so der Autor – Entwicklungspsychologie zu differenzieren in „Entwicklungsphasen (z.B. Kindheit, Jugend […])" (ebd.) sowie „Entwicklungsbereiche" (ebd.) und darin insbesondere etwa die „Kognition: Sprache, Gedächtnis, Intelligenz, bereichsspezifisches Wissen" (ebd.). *Wissen* jedoch stets „kritisch zu reflektieren und […] die Wirklichkeit […] durch neue Einsichten zu erweitern" (Köhnlein 2012, S. 340) ist vor dem Hintergrund der ihm eigenen *Didaktik* als ein wesentliches Ziel des *Sachunterrichts* zu sehen. Über ein Verständnis von *Kenntnissen* im Sinne eines *angeeigneten Wissensstandes* hinaus ist daher für das in der vorliegenden Arbeit angenommene Verständnis von *Er*kenntnis ebenso der kritische, nach *Bedeutsamkeit* der erworbenen Kenntnisse fragende Wissenserwerb mitzudenken.

6 Sodian benennt als Referenzen dieser Annahme: Carey, Susan/Gelman, Rochel (1991): The epigenesis of mind. Essays on biology and cognition, Hillsdale, N. J.: Erlbaum.

Dieser Überlegung folgend, soll in den Analysen der Einzelbefunde in der vorliegenden Arbeit für solche theoretischen Zusammenhänge, die sich auf das *Zustandekommen von Wissen* im Kind und die daraus entstehende *Erkenntnis* beziehen, insgesamt von *erkenntnistheoretischen* Zusammenhängen gesprochen werden. Sofern sie sich auf die „Psychologie der Informationsverarbeitung" (Sodian 2008, S. 448) als den entscheidenden Aspekt der Entwicklungsforschung und *Entwicklung* im Verständnis einer mittelfristigen „Veränderung von Merkmalen des Erlebens und Verhaltens" (Arnold 2004, S. 115) beziehen, soll folgend von *entwicklungstheoretischen Annahmen* zu sprechen sein.

3 Didaktische Leitbegriffe im Kontext von *Kind* und *Naturwissenschaft*

(1) Konzept

Mit dem *Konzept* ist im Kontext der Untersuchung von Kinderaussagen auf einen zentralen Terminus zu verweisen. Dieser ist im Gegensatz zum umgangssprachlichen Gebrauch für den vorliegenden *didaktischen Zusammenhang* zu schärfen.

So sind Konzepte zu sehen als die einem Vorgang, einer Konstruktion oder Ordnung zugrunde liegenden und der Erkenntnis dienenden *bestehenden*, zu *verfeinernden* bzw. generell zu *entwickelnden* gedanklichen Gefüge und „kognitiven Strukturen zum Verständnis naturwissenschaftlicher […] Sachverhalte" (Thomas 2009, S. 12).

Derartige Denkstrukturen erweisen sich mitunter allerdings als unzutreffend. Dieser Sachverhalt macht es erforderlich, auf eine didaktische Bedeutsamkeit von *Konzepten* aufmerksam zu machen. Denn ausgehend von den Annahmen, dass „Wissenserwerb […] als aktive Konstruktion auf der Basis der vorhandenen Vorstellungen" (Duit 1997, S. 238) zu sehen ist und „Lernen […] als Prozeß der kognitiven Entwicklung […], der von bestimmten vorunterrichtlichen Vorstellungen ausgehend zur naturwissenschaftlichen Sichtweise führt" (ebd.), bekommen gerade *nicht-zutreffende* Vorstellungen im Hinblick auf das *gesicherte Verstehen* neuer Sachverhalte Relevanz.

Möller macht auf Untersuchungsergebnisse aufmerksam, nach denen solche, in einer schulischen, planmäßigen Auseinandersetzung mit Naturphänomenen vorgebrachten, *nicht-zutreffenden* „Präkonzepte" (2007, S. 260) aus *vorschulischen Erfahrungen* und *Alltagsvorstellungen* entstehen. Diese *Präkonzepte* beeinflussen mitunter derart beharrlich das Denken der Kinder, dass ein Aufbau stimmiger Vorstellungen behindert wird. Die Wahrnehmung der Kinder ist dabei gelegentlich so stark durch dieses Vorwissen geprägt, dass auch offensichtliche Unterschiede zum Beobachteten nicht gesehen werden. Einige Kinderaussagen deuteten – so Möller – überdies darauf hin, dass solche Unterschiede in einzelnen Fällen nicht gesehen werden *wollen* (vgl. ebd.).

Diese Befunde haben zu didaktischen Entwicklungen geführt, die durch eine Überführung der *nicht-tragfähigen* Konzepte in den Aufbau belastbarer Vorstellungen gekennzeichnet sind (vgl. ebd.). Einer der am häufigsten benannten, auf konstruktivistische Annahmen des Wissenserwerbs basierenden Ansätze einer solchen Konzeptveränderung ist der des *Conceptual Change* (vgl. S. 261).

Köhnlein differenziert „*Konzepte und Vorstellungen*" (1998, S. 78). In der Grundannahme dieser Überlegungen schließen sich punktuelle Erfahrungen zu „situativen ‚Theorien'" (ebd.) zusammen und führen durch eine Übersicht größerer zusammenhängender Bereiche zu Einsichten. Ein *Konzept* im Sinne einer punktuellen Erfahrung kann nach diesem Verständnis

angenommen werden als intuitive, logisch vorausgesetzte oder sprachlich bereits erfasste, aus einer begründeten Vermutung heraus geschlossene Klärung des für den fraglichen Sachverhalt zutreffenden Kontextes (vgl. S. 79).
Auch Köhnlein sieht die Problematik *nicht-zutreffender* Konzepte, vor allem durch die Einbettung nicht-spezifizierten Allgemeinwissens in den eigenen Erklärungshorizont. Daneben sind Konzepte durch „sprachliche Muster" (ebd.) bestimmt.[7]
Vorstellungen hingegen zeichnen sich durch ihre Plastizität, ihren illustrativen, mitunter allegorischen Charakter aus. Sie geben bildhafte Erklärungsmodelle des Wahrgenommenen in unterschiedlichen situativen Kontexten ab, wobei sie auch auf „Wissen, Handlungsabläufe und sprachliche Strukturen" (ebd.) zielen und miteinander in Beziehung und Austausch stehen können. Für die kindlichen Denkstrukturen sind *Vorstellungen* insofern von Bedeutsamkeit, als sie den Ausgangspunkt für weitere Fragen und forschende Betrachtungen bilden und so das „antizipierend-intuitive Erfassen möglicher Zusammenhänge" (S. 79 f.) darstellen, das als „eine Grundform kindlichen Denkens" (S. 80) zu denken ist.
Auf einen weiteren Gebrauch des Terminus' *Konzept* ist mit dem „strukturorientierten Ansatz im Sachunterricht" (Thomas 2009, S. 39) aufmerksam zu machen. Zentrale, unveränderliche Strukturen, wie die Erhaltung von Masse und Energie (Erhaltungs*konzept*), das Aufeinandereinwirken in Beziehung stehender Systeme (Wechselwirkungs*konzept*) und der aus kleinsten Teilchen vorstellbare Aufbau von Körpern und Stoffen (Teilchen*konzept*) bilden den didaktischen Schwerpunkt naturwissenschaftlicher Bildung dieser Unterrichts*konzeption*. Ziel ist es, grundlegende Strukturen zu verdeutlichen, die über die bloße Vermittlung schnell veraltender Inhalte und Wissens hinausgehen (vgl. S. 39-41).
Im Zusammenhang mit *Sachunterricht* ist jedoch auf die Problematik eines häufig synonymen Wortgebrauchs von *Konzept* und *Konzeption* hinzuweisen und eine begriffliche Klärung und Abgrenzung dieser Kategorien vorzunehmen (vgl. S. 12).
Im Unterschied zu *Konzepten* als „gedankliche Konstrukte" (Kahlert 2009, S. 153), die einer Handhabung überschaubarer Bereiche von Vorgängen, Sachzusammenhängen und Wechselbeziehungen der Umwelt zugrunde liegen, sind *Konzeptionen* als die Kategorie zu sehen, die den „Rahmen für die Rechtfertigung unterrichtspraktischer Entscheidungen" (ebd.) absteckt. Kahlert spitzt diese Auslegung begrifflich zu. Danach ist eine *Konzeption* im „allgemeinen bildungssprachlichen Gebrauch" (ebd.) als „Entwurf zur Orientierung von Denken und Handeln in einem mehr oder weniger abgegrenzten Handlungsfeld" (ebd.) zu verstehen. Die Konzeption setzt „Schwerpunkte und Akzente" (S. 154).
Als bedeutsam für das Begriffsverständnis mit Bezug auf den Sachunterricht hebt der Autor hervor, dass eine Konzeption sich „zumindest am Anspruch systematisch begründeter Stimmigkeit messen lassen muss" (ebd.). Nach diesem Verständnis schließt eine Konzeption „begründete grundlegende Bildungs- und Erziehungsziele […] systematische Analysen von Lernvoraussetzungen […] schulische Handlungsvoraussetzungen" (ebd.) ein.
Kahlert gibt gleichwohl zu bedenken, dass nicht jeder dieser Ansprüche „in jedem Einzelfall ausdrücklich und systematisch umgesetzt" (ebd.) wird: „Auch Konzeptionen für den Sachunterricht begründen Ziele und normative Setzungen mehr oder weniger gut" (S. 155). Insofern seien die Anforderungen auch nicht als „Kriterien oder gar als Gütesiegel" (ebd.) zu verstehen, mit dem es möglich würde, „zwischen gedanklichen Konstrukten zu unterscheiden, die bereits

7 Duit verweist mit der Formulierung „‚Die Sonne geht auf'" (2003, S. 1) auf ein treffendes Beispiel für ein solches, durch alltagssprachliche Anwendung gefestigtes, jedoch nicht zutreffendes Konzept (vgl. ebd.).

eine ‚Konzeption' darstellen und anderen, die entsprechende Ansprüche […] nicht erfüllen können" (ebd.). Vielmehr, so ergänzt der Autor, eröffneten die Ansprüche etwa „die Möglichkeit, konzeptionelle Orientierungen zu vergleichen, Theoriemängel zu identifizieren" (ebd.).
Im Zusammenhang mit *nicht-belastbaren Alltagsvorstellungen* ist darüber hinaus auf so genannte *anthropomorph-animistische Denkweisen* aufmerksam zu machen. Gemeint ist eine vermenschlichende und beseelende Sichtweise auf Sachverhalte, d.h. diese „als ‚so etwas wie wir selber sind' anzusehen" (Wagenschein 1962, S. 58). Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, sei jedoch auf die Kontextualisierung dieser Denkweise in den Analysen der betreffenden Befunde verwiesen.

(2) Die Kinderaussage als spezifischer sprachlicher Ausdruck des Verstandenen
Vor dem Hintergrund der in dieser Arbeit analysierten Untersuchungen ist anzunehmen, dass dem *sprachlichen Ausdruck* in seiner mitteilenden Funktion der Vorstellungen, Konzepte, Sichtweisen und Erklärungsansätze, d.h. in seiner Funktion als Ausdruck des *Verstandenen*, gerade in einer Phase *unreflektierter Wahrnehmung* und spontaner *Vor*-Sicht auf die Phänomene der Lebenswelt eine zentrale Funktion zukommt.
Wagenschein etwa weist für das Gespräch *im Unterricht* auf einen „ungestörten Fluß des gemeinsamen Denkens" (1965, S. 120) über Naturerscheinungen hin. Voraussetzung für den *gedanklichen Austausch*, die gemeinschaftliche Überlegung sei es, andere von den jeweils eigenen Vorstellungen *sprachlich* in Kenntnis zu setzen. Wagenschein sieht die Verknüpfung zwischen *Denken* und *Sprechen* dabei sehr eng: „Das stockende – und dann auch wieder sich überstürzende – Sprechen ist das dem Denken *gemäße*" (ebd.). Vor dem Hintergrund von Untersuchungen in diesem Bereich unterstreicht der Autor daher die Bedeutsamkeit der Dokumentation derartiger Aussagen: „Nichts ist dringender als Bandaufnahmen solcher unbefangener Gespräche von Kindern, die in ihrem Denken noch nicht ‚korrumpiert' sind" (S. 121).
Auf den besonderen Einfluss der *Sprache* für das Erfassen von Sachverhalten und die Verknüpfung von *Sprechen* und *Denken* weist auch Köhnlein hin: „Durch Sprache wird die spezifische Erkenntnis- und Lernfähigkeit des Menschen bedingt und erst ermöglicht" (1984, S. 209). Prozesse des Verstehens sind danach als das „*Nachkonstruieren der fraglichen Sachverhalte in Gedanken*" (Köhnlein 2007, S. 98) zu sehen. Erst durch das Verbalisieren dieser gedanklichen Nachkonstruktion – durch den *sprachlichen Ausdruck* – wird die Erkenntnis jedoch „sozialisiert, d.h. mitteilbar und nachvollziehbar gemacht." (Köhnlein 1984, S. 210).
Dass eine Phase unvermittelter alltagssprachlicher Auseinandersetzung mit einem erstaunlichen Sachverhalt einer Phase des sprachlich zum Ausdruck gebrachten Verstehens im Sinne einer gedanklichen Ordnung kognitiver Strukturen vorauszugehen scheint, lässt auf die besondere Ergiebigkeit zunächst noch *unbeeinflusster* kindlicher Vorstellungen für Untersuchungen zum Denkverhalten schließen. Um Einblicke in diese Denkweisen zu bekommen, rücken in einer als folgerichtig anzunehmenden Vermutung Kinderaussagen und deren Analyse in den Betrachtungsmittelpunkt.

(3) Modelle und Modellvorstellungen
Ausgehend von der Kinderaussage als Ausdruck des Verstandenen, d.h. des *Konzepts*, erfordert auch das Repräsentationsmedium *Modell* und insbesondere die *Modellvorstellung/das Gedankenmodell* in seiner Funktion zum Aufbau tragfähigen Wissens eine genauere Betrachtung.
Eine differenzierte Begriffsbestimmung nehmen Grygier/Günther/Kircher vor. Danach stehe dem umgangssprachlichen Wortgebrauch im Sinne von „„*Vorbild*"" (2007, S. 10), „‚Abbild'

oder auch ‚Kopie'" (ebd.) der wissenschaftliche Begriff der „‚Modellvorstellungen'" (ebd.) gegenüber. In einer begrifflichen Abgrenzung stellen Autorin und Autoren heraus, dass „mit dem Ausdruck ‚Modell' in den Naturwissenschaften vor allem theoretische Modelle gemeint sind" (S. 12). Es wird die Auffassung vertreten, „dass alle naturwissenschaftlichen Theorien als Modelle bezeichnet werden können" (ebd.). Für den Sachunterricht ist zwar von „‚Gedankenmodellen' (im Unterschied zu den gegenständlichen Modellen)" (S. 11) zu sprechen. Allerdings: „Modellvorstellungen können unterschiedlich dargestellt werden: *gegenständlich, bildhaft (ikonisch) und symbolisch*" (ebd.). Funktion solcher *Modellvorstellungen* ist es, als „gedankliche Konstrukte" (S. 10) die fraglichen Sachverhalte möglichst exakt zu repräsentieren. Auf diese Weise geben sie Erkenntnissen eine anschauliche Grundlage (vgl. ebd.).

Die Vorzüge der Arbeit mit Modellen sind demnach in deren Funktion als Medium zum Aufbau tragfähiger Vorstellungen zu sehen, d.h. „*Erklärungen* über bestimmte Bereiche der Realität zu liefern" (S. 13). „‚Erklären'" (ebd.) ist in diesem Zusammenhang als widerspruchslose und modellgestützte Argumentation im Austausch über eine Naturerscheinung zu verstehen (vgl. ebd.).

Neben seiner *erklärenden* Funktion finden sich in pragmatischen Aspekten weitere Motive für die Entwicklung von Modellen oder Modellvorstellungen. Autorin und Autoren benennen den – durch maßvolle Reduktion – *anschaulichen* Charakter von Modellen: „sie sind *aspekthaft*" (S. 14). Beschränkung auf Wesentliches trägt gewinnbringend zum Verstehen bei. Die damit verbundene exaktere mathematische Erfassbarkeit erleichtert darüber hinaus Voraussage und Überprüfung von Vorgängen.

Auch wenn die Grenzen der im Modell idealisierten Annahmen stets mitzudenken seien, müsse die Modellvorstellung belastbar sein und sich bewähren, um Ordnung sowie „Sinn und Bedeutung in die Vielfalt der Erscheinungen" (ebd.) bringen zu können, *Erklärungen* bereitzuhalten und damit naturwissenschaftlicher Bildung dienlich zu sein. Allerdings sei die idealisierte Vorstellung eines Modells nicht mit dem wahrgenommenen Lebensumfeld gleichzusetzen. Sie bleibe erläuternde und die Sachverhalte erklärende Repräsentation des Sachverhaltes auf der Grundlage eines *gedankliches Konstruktes*. Letztlich nehme das Modell nicht für sich in Anspruch, „*weit in die Zukunft*" (ebd.) zu sehen, sondern wolle helfen, die Fülle des Wahrgenommenen im Sinne des Lernfortschritts zu ordnen (vgl. ebd.).

So schlüssig Modelle Sachverhalte auch erläutern oder erklären, entbindet dies demnach nicht davon, auf den Aspekt ihrer *Begrenztheit* und *Einengung* im eigenen und dem Bewusstsein Lernender stets neu aufmerksam zu machen. Das Modell repräsentiert eine *idealisierte* Vorstellung der Sachverhalte.

Derartige didaktische Grenzen eines Modells zeigt Spreckelsen beispielhaft am „Wasserstrom-Modell des elektrischen Stromes" (2007b, S. 493) auf:

> „Für einen normalen Stromkreis […] eignet es sich als Modell vorzüglich, aber für weiterführende Betrachtungen […] ist es gänzlich ungeeignet […]. Daraus ergibt sich, dass gelegentlich auf die Begrenztheit eines Modells auch im Unterricht hinzuweisen ist, d.h. darauf hinzuarbeiten ist, dass ein Modell nicht schlicht für die Wirklichkeit selbst genommen werden darf, sondern eine Wirklichkeit sui generis ist. Für jüngere Schüler können sich hieraus durchaus ernste Probleme ergeben." (ebd.).

Diese Auffassung vertreten auch Grygier, Günther und Kircher. Sie sprechen in diesem Zusammenhang von einer „‚Analogie'" (2007, S. 15) und stellen fest: „Die Grenzen und auch die Probleme der Analogienutzung müssen selbstverständlich mit den Schülern diskutiert werden, damit die Analogien keine naturwissenschaftlichen Monster gebären" (S. 18).

So sehr Analogien – umgangssprachlich auch als „Ähnlichkeiten mit Bekanntem" (S. 15) oder als „Vergleich" (ebd.) bezeichnet – dem „Lösen von wissenschaftlichen Problemen" (ebd.) auch dienen, bestehe vor allem aus psychologischer Sicht eine Problematik in deren Anwendung. Denn es wird nicht an naturwissenschaftlichen Inhalten *selbst*, sondern anfänglich über den abweichenden Weg einer *Entsprechung* des fraglichen Sachverhaltes aus einem anderen Bereich gearbeitet. Gewonnene Erkenntnisse gilt es – und hier wird eine Schwierigkeit deutlich – „*probeweise* auf den *primären Lernbereich*" (S. 16) zu übertragen.
Eine weitere Herausforderung stellen „oberflächliche Ähnlichkeiten" (ebd.) dar, da diese gegebenenfalls das *Verstehen* verschleiern. *Verstehendes Lernen*, dem die Einsicht in „Begriffe, die Gesetze und Theorie" (ebd.) zukommt, sei jedoch aus didaktischer Sicht für *naturwissenschaftliche Bildung* unentbehrlich. Weil sie „*nicht erklären*, sondern *nur veranschaulichen, illustrieren*" (S. 17), lassen sich aus Analogien auch keine logischen und „*weiterreichenden Schlüsse ziehen*" (ebd.). Analogien sei daher eine eher „didaktische Funktion und keine wissenschaftliche" (ebd.) beizumessen. Ein *Verstehen* grundlegender Vorgänge z.B. im elektrischen Stromkreis mit Hilfe der *Wasserstrom-Analogie* wird demnach angezweifelt (vgl. S. 18).
Dennoch sehen Autorin und Autoren eine didaktisch wünschenswerte Funktion in der Arbeit mit Analogien. Im Sinne eines elaborierten *Wissenschaftsverständnisses* wird deren Anregung zu „*metatheoretischen Reflexionen*" (S. 19) hervorgehoben. Eine solche Haltung nehmen Schülerinnen und Schüler etwa ein, wenn sie nach hinreichender Auseinandersetzung mit dem fraglichen Phänomen *selbst* eine Analogie *entwickeln* und dabei deren Grenzen *selbst* ausfindig machen (vgl. ebd.). Diese Haltung verdeutlicht die *veranschaulichende* und weniger *erklärende* Charakteristik von Analogien, denn zur Entwicklung einer *eigenen* Analogie sollten nach diesem Verständnis hinreichende Kenntnisse zum fraglichen Inhalt als vorausgesetzt angenommen werden. Den „*metatheoretischen Reflexionen*" (ebd.) sei insbesondere deshalb Bedeutsamkeit zuzuschreiben, weil nicht nur fachlich-inhaltlich zum naturwissenschaftlichen Sachverhalt gearbeitet, sondern vor allem ein *Weg* naturwissenschaftlichen Vorgehens aufgezeigt wird.
Mechanismen der Analogiebildung, so ist mit Spreckelsen zu ergänzen, bilden „als Akte ordnenden Denkens" (1991, S. 77) wichtige, für Kinder verfügbare „Erkenntnisprozesse" (S. 75). Dabei unterscheidet der Autor zwischen der „phänotypischen Analogiebildung" (S. 71), die *äußerliche* Ähnlichkeiten oder Übereinstimmungen zwischen dem Phänomen und seiner analogen Entsprechung kennzeichnet und einer Analogie, die sich auf die *gleiche Ursache* beobachteter Vorgänge oder Sachverhalte im Phänomen und dessen analoger Entsprechung bezieht. Spreckelsen trägt diese als „„genotypische Analogiebildung"" (ebd.) vor.[8] Da bei der *genotypischen Analogiebildung* das gemeinsame „Funktionsprinzip" (ebd.), der naturwissenschaftliche „Kern" (ebd.) des Phänomens ausgemacht wird, könne auf ein tieferes Verständnis geschlossen werden.
Aussagen weiterer Autoren geben Anlass zu Überlegungen darüber, inwieweit das dargelegte Potenzial von Modellen zu *erklären*, als tatsächlich denkbar anzunehmen ist.
Köhnlein benennt *gegenständliche*, *bildhafte* und *symbolische* Repräsentationsformen, Modelle und Zugänge zu Unterrichtsinhalten. Dabei macht er insbesondere auf die Ebene der *unmittelbaren Begegnung* und der *handelnden Auseinandersetzung* mit dem Phänomen als den

8 Herbert Hagstedt und Kay Spreckelsen tragen Ergebnisse einer Untersuchung vor, wonach Kinder bei mehreren, äußerlich *unterschiedlichen* experimentellen Aufbauten zur Hebelwirkung dennoch die allen Aufbauten inhärente *Wechselbeziehung zwischen dem Gewicht der verwendeten Materialien und deren Abstand vom Auflage- oder Drehpunkt* verschiedener Hebelkonstruktionen als Ursache der Wirkung *Gleichgewicht* identifizierten (vgl. 1988, S. 62-63). Treffend erkennen die Kinder: Es hat ja „„alles einen Sinn"" (S. 62).