



Thorsten Kosler

# **Naturwissenschaftliche Bildung im Elementar- und Primarbereich**

**Zum naturwissenschaftlichen Denken mit Kindern  
im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung**

Kosler

**Naturwissenschaftliche Bildung  
im Elementar- und Primarbereich**



Thorsten Kosler

# Naturwissenschaftliche Bildung im Elementar- und Primarbereich

Zum naturwissenschaftlichen Denken mit Kindern  
im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung

Verlag Julius Klinkhardt  
Bad Heilbrunn • 2016



k

Zgl.: Dissertation, Leuphana Universität Lüneburg, 2016

Dieser Titel wurde in das Programm des Verlages mittels eines Peer-Review-Verfahrens aufgenommen.  
Für weitere Informationen siehe [www.klinkhardt.de](http://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.

Abbildung Umschlagseite 1: © eugenesergeev/istock.

Satz: Elske Körber, München.

Druck und Bindung: AZ Druck und Datentechnik, Kempten.

Printed in Germany 2016.

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem alterungsbeständigem Papier.

ISBN 978-3-7815-2148-3

# Inhaltsverzeichnis

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b> .....  | 7   |
| 1.1      | Zur Zielsetzung und den Fragestellungen der Arbeit.....  | 8   |
| 1.2      | Bildung für nachhaltige Entwicklung und naturwissenschaftliche Bildung im Elementar- und Primarbereich.....                                | 9   |
| 1.3      | Praktiken naturwissenschaftlicher Bildung im Elementar- und Primarbereich.....   | 11  |
| 1.4      | Die Bestimmung naturwissenschaftlichen Denkens als Desiderat der Sachunterrichtsdidaktik und der Elementarpädagogik.....                   | 13  |
| 1.5      | Zum Stand der wissenschaftsphilosophischen, -historischen und -soziologischen Forschung zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung... | 16  |
| 1.6      | Aufbau der Arbeit .....  | 22  |
| <b>2</b> | <b>Zum methodischen Vorgehen</b> .....   | 25  |
| <b>3</b> | <b>Nachhaltige Entwicklung als Herausforderung für Bildung und Lernen</b> .....  | 35  |
| 3.1      | Nachhaltige Entwicklung .....  | 36  |
| 3.2      | Zur Idee, Bildung an einer nachhaltigen Entwicklung zu orientieren .....   | 41  |
| 3.3      | Naturwissenschaftliches Denken im Diskurs über Bildung für eine nachhaltige Entwicklung .....  | 42  |
| 3.4      | Verortung in den erziehungswissenschaftlichen und psychologischen Diskursen .....  | 50  |
| 3.5      | Konzeptualisierungen höherstufigen und transformativen Lernens .....   | 65  |
| 3.6      | Ergebnisse im Hinblick auf naturwissenschaftliche Bildung im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung .....                                  | 89  |
| <b>4</b> | <b>Diskurse zum naturwissenschaftlichen Denken von Kindern</b> .....   | 91  |
| 4.1      | Diskurse zum naturwissenschaftlichen Denken von Kindern in der Entwicklungspsychologie.....  | 92  |
| 4.2      | Diskurse zum naturwissenschaftlichen Denken von Kindern in den naturwissenschaftlichen Didaktiken.....                                     | 120 |
| 4.3      | Diskurse zum naturwissenschaftlichen Denken von Kindern in der Sachunterrichtsdidaktik.....  | 159 |
| 4.4      | Diskurse zum naturwissenschaftlichen Denken von Kindern in der Elementarpädagogik.....   | 180 |
| 4.5      | Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....   | 187 |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>5</b> | <b>Naturwissenschaftliches Denken und alternatives Naturdenken .....</b>                                 | <b>191</b> |
| 5.1      | Zum mathematischen Denken: Euklidische Geometrie .....   | 197        |
| 5.2      | Das Programm einer geometrischen Naturwissenschaft (Platon).....   | 206        |
| 5.3      | Antike Naturwissenschaft<br>als Analyse der Bewegung von Körpern (Aristoteles) .....                     | 212        |
| 5.4      | Die Geometrisierung der Naturwissenschaft (Galileo Galilei) .....  | 224        |
| 5.5      | Geometrische Naturwissenschaft außerhalb der klassischen Mechanik.....                                   | 244        |
| 5.6      | Chinesisches Denken als Alternative naturwissenschaftlichen Denkens.....                                 | 250        |
| 5.7      | Zusammenfassung: naturwissenschaftliches Denken in Europa<br>und alternatives Naturdenken in China ..... | 258        |
| <b>6</b> | <b>Potentiale naturwissenschaftlicher Bildung<br/>im Elementar- und Primarbereich.....</b>               | <b>263</b> |
| 6.1      | Primarbereich: Zur Bewegung von Körpern.....   | 265        |
| 6.2      | Primarbereich: Zum Wachstum von Pflanzen .....   | 268        |
| 6.3      | Elementarbereich.....  | 271        |
| 6.4      | Zur Reflexion naturwissenschaftlichen Denkens mit Kindern.....   | 275        |
| <b>7</b> | <b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>   | <b>281</b> |
| <b>8</b> | <b>Literaturverzeichnis .....</b>  | <b>289</b> |
| <b>9</b> | <b>Abbildungsverzeichnis.....</b>  | <b>311</b> |
|          | <b>Danksagung.....</b>   | <b>313</b> |

# 1 Einleitung

In den 1960er und 1970er Jahren formierten sich in den westlichen Industrienationen soziale Bewegungen, wie der Feminismus und der Antirassismus, die soziale Ungleichheitsverhältnisse politisiert haben und die insgesamt zu einer erhöhten Sensibilität, auch für Fragen globaler sozialer Gerechtigkeit, geführt haben. Spätestens seit der Veröffentlichung des Berichtes „The Limits to Growth“ des „Club of Rome“ im Jahre 1972, in dem der Zusammenbruch der Weltwirtschaft durch Nahrungsmittelknappheit, Umweltverschmutzung und Rohstoffknappheit vorhergesagt wurde, ist die Sorge um die globalen natürlichen Lebensgrundlagen Teil des öffentlichen Bewusstsein geworden und hat sich in der Umweltbewegung niederschlagen.

Mit dem sogenannten Erdgipfel, der 1992 in Rio de Janeiro stattfand, ist die Idee einer nachhaltigen Entwicklung, in der die Forderung nach sozialer Gerechtigkeit und dem Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen zusammenkommen, in der „Agenda 21“ auch im Rahmen eines globalen Handlungsplanes formuliert worden. Teil dieses Handlungsplans war die Idee, dass die Bildungssysteme weltweit angesichts der Notwendigkeit einer nachhaltigen Entwicklung einer grundlegenden Revision und Neuausrichtung unterzogen werden müssen.

Entsprechend hat es weltweit unter der Bezeichnung „Bildung für eine nachhaltige Entwicklung“ Bemühungen um eine solche Neuorientierung aller Bildungsbereiche gegeben. Durch die Weltdekade „Bildung für eine nachhaltige Entwicklung“, die die Vereinten Nationen von 2005 bis 2014 ausgerufen haben, sind diese Bemühungen weltweit verstärkt worden.

Im Rahmen dieser Bemühungen ist die vorliegende Arbeit verortet. Die Arbeit entstand aus der wissenschaftlichen Begleitforschung des Projektes „Leuchtpol. Energie und Umwelt neu erleben!“ heraus, das von 2009 bis 2012 in 15 Bundesländern in Deutschland durchgeführt wurde.<sup>1</sup> Das Projekt Leuchtpol zielte darauf, Kindertagesstätten „Bildung für eine nachhaltige Entwicklung“ als ein Konzept für die Gestaltung von Bildungsprozessen nahezubringen und Erzieherinnen und Erzieher dabei zu begleiten, erste Schritte in der Gestaltung von Bildungsprozessen zu gehen, die am Ziel der Mitgestaltung einer nachhaltigen Entwicklung ausgerichtet sind. Dazu wurden insbesondere Fortbildungen für Erzieherinnen und Erzieher aus über 4000 Kindertagesstätten durchgeführt und Bildungsmaterialien zur Verfügung gestellt. Teil der Fortbildung und der Materialien waren auch Elemente naturwissenschaftlicher Bildung, insbesondere Experimente zum Thema Energie und Umwelt, die für die Kinder in den Kindertagesstätten vorgesehen waren und entsprechend in den Fortbildungen ausprobiert werden konnten und als Material zur Verfügung gestellt wurden.

Es waren Beobachtungen im Rahmen der Begleitforschung von Leuchtpol (Kapitel 1.3), aus denen ich geschlossen habe, dass im Hinblick auf die Zielbestimmung naturwissenschaftlicher

---

<sup>1</sup> Nähere Informationen zum Projekt Leuchtpol finden sich unter: [www.leuchtpol.de](http://www.leuchtpol.de). Informationen zur wissenschaftlichen Begleitforschung an der Leuphana Universität Lüneburg finden sich unter: [www.leuphana.de/institute/infos/forschung-projekte/forschungberatungevaluationleuchtpol.html](http://www.leuphana.de/institute/infos/forschung-projekte/forschungberatungevaluationleuchtpol.html).



Bildung im Elementar- und Primarbereich keine hinreichende konzeptuelle Klarheit besteht. Dieses Desiderat wird gerade dann besonders sichtbar, wenn naturwissenschaftliche Bildung am Ziel der Mitgestaltung einer nachhaltigen Entwicklung orientiert wird, da dann die Frage zu beantworten ist, inwiefern naturwissenschaftliches Denken zur Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung beitragen kann. Im Folgenden werden zunächst die Zielsetzung dieser Arbeit und die damit verbundenen Forschungsfragen dargestellt (Kapitel 1.1). Dann wird die Genese der Forderungen, einerseits naturwissenschaftliche Bildung zum Bestandteil der Bildungsarbeit im Elementarbereich und zum Gegenstand des Sachunterrichts der Grundschule zu machen und andererseits die Bildungsarbeit in beiden Bildungsbereichen am Ziel der Mitgestaltung einer nachhaltigen Entwicklung zu orientieren, dargestellt (Kapitel 1.2). Es folgen die oben erwähnten Beobachtungen, die mich darauf geführt haben, in der Zielbestimmung naturwissenschaftlicher Bildung im Elementar- und Primarbereich ein Desiderat zu vermuten (Kapitel 1.3) und eine Zusammenfassung des Forschungsstandes zum naturwissenschaftlichen Denken in der Elementarpädagogik und der Sachunterrichtsdidaktik (Kapitel 1.4). Anhand einiger Ergebnisse aus der jüngeren wissenschaftsphilosophischen, -historischen und -soziologischen Diskussion wird dann erläutert, inwiefern der zuvor skizzierte Forschungsstand in der Elementarpädagogik und der Sachunterrichtsdidaktik aus unzureichend zu bewerten ist (Kapitel 1.5). Abschließend wird der Aufbau der Arbeit erläutert (Kapitel 1.6).

### **1.1 Zur Zielsetzung und den Fragestellungen der Arbeit**

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, eine Grundlage für eine Konzeption naturwissenschaftlicher Bildung im Elementar- und Primarbereich, die vom Ziel der Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung ausgeht, zu legen. Im Mittelpunkt steht dabei die Bemühung, das Ziel einer so gefassten naturwissenschaftlichen Bildung näher zu charakterisieren.

Wie in Kapitel 1.4 und 1.5 erläutert wird, gehe ich davon aus, dass die Frage, was naturwissenschaftliches Denken ausmacht, bisher in der Sachunterrichtsdidaktik und der Elementarpädagogik nur unvollständig geklärt wurde. Daher lautet die zentrale Frage dieser Arbeit:

#### **1. Was macht naturwissenschaftliches Denken aus?**

Um die Ziele naturwissenschaftlicher Bildung unter der übergeordneten Zielsetzung der Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung bestimmen zu können, ist die Frage 1 dabei so zu beantworten, dass sich auch die Frage danach, inwiefern naturwissenschaftliches Denken hilfreich für die Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung sein kann und inwiefern es dabei hinderlich ist, beantworten lässt. Damit lautet die zweite Frage:

#### **2. Inwiefern ist naturwissenschaftliches Denken hilfreich für die Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung, inwiefern ist es hinderlich?**

Ziele einer naturwissenschaftlichen Bildung im Elementar- und Primarbereich lassen sich erst dann bestimmen, wenn geklärt ist, ob und inwieweit Kinder zu dem als Antwort auf Frage 1 gefassten Denken in der Lage sind. Damit lautet die dritte Frage:

#### **3. Inwieweit können Kinder im Elementar- und Primarbereich an naturwissenschaftliches Denken herangeführt werden?**

Und die Beantwortung dieser Frage hängt auch damit zusammen, auf welche Weise dies möglich ist. Die vierte Frage lautet damit:

#### 4. Welche Maßnahmen sind geeignet, um Kinder an naturwissenschaftliches Denken heranzuführen?

Wenn, wie es in der Frage 2 unterstellt wird, naturwissenschaftliches Denken sowohl nützlich als auch hinderlich bei der Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung sein kann, dann gehört ein Bewusstsein davon, inwiefern dies jeweils der Fall ist, dazu, um naturwissenschaftliches Denken für die Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung auch nutzen zu können. Die fünfte Frage lautet damit:

#### 5. Wie können Kinder dazu angeregt werden, naturwissenschaftliches Denken im Hinblick auf die Nützlichkeit für die Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung zu reflektieren.

Den zentralen Gegenstand dieser Arbeit bildet die Beantwortung der Frage 1. Die Fragen 2 bis 5 lassen sich nur auf Basis der Antwort auf Frage 1 beantworten. Entsprechend nimmt die Bearbeitung der Frage 1 den breitesten Raum ein. Dies auch deshalb, da zunächst nachzuweisen ist, dass es sich bei Frage 1 um ein Desiderat handelt, dass also die bestehenden Antworten als unzureichend zu bewerten sind. Insofern dient die Beantwortung der Fragen 2 bis 5 auch dazu, zu zeigen, welche Konsequenzen die in dieser Arbeit entwickelte neue Antwort auf Frage 1 für eine Konzeption naturwissenschaftlicher Bildung unter dem übergeordneten Ziel der Mitgestaltung einer nachhaltigen Entwicklung im Elementar- und Primarbereich hat.

### 1.2 Bildung für nachhaltige Entwicklung und naturwissenschaftliche Bildung im Elementar- und Primarbereich

Leuchtpol war das erste und bisher einzige Projekt dieser Größenordnung, das darauf zielte, Bildung für eine nachhaltige Entwicklung in Kindertagesstätten in Deutschland zu bringen. Im Rahmen der Weltdekade ist der Elementarbereich erst im Abschlussdokument der Halbzeitkonferenz 2009 in Bonn stärker betont worden. Ein 2007 von der UNESCO in Göteborg veranstalteter Workshop (Pramling Samuelsson & Kaga 2008) wird international häufig als Startpunkt der internationalen Auseinandersetzung über frühkindliche Bildung für eine nachhaltige Entwicklung gesehen. In Deutschland hat es zuvor einige kleinere Projekte und einzelne Kindertagesstätten gegeben, die ihre Bildungsarbeit im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung verändert haben. Insofern ist Leuchtpol als eine Pionierleistung zu sehen, aus der sich eine Reihe von Hinweisen dazu, wie frühkindliche Bildung im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung verändert werden kann, ergeben haben (Benoist & Kosler 2012; Stoltenberg, Benoist & Kosler 2013; Benoist & Kosler 2014). Daneben sind in den letzten Jahren konzeptionelle Überlegungen und Beispiele für Bildungsangebote im Hinblick auf den Elementarbereich publiziert worden (Stoltenberg & Thielebein-Pohl 2011; Eberhard von Kuenheim Stiftung & Akademie Kinder Philosophieren 2012; Stoltenberg 2014; Benoist 2014; Davis & Elliot 2014; Davis 2015) und in gewissem Maß ist eine Orientierung am Ziel der Gestaltung einer nachhaltiger Entwicklung auch in den Bildungsplänen der Bundesländer für den Elementarbereich zu finden (Stoltenberg 2008a).

Für die Grundschule wird die Frage, welche Konsequenzen eine Orientierung an einer nachhaltigen Entwicklung haben kann, schon wie für die Sekundarstufe seit Ende der 1990er Jahre diskutiert (de Haan 1999, 2009; Stoltenberg 2001, 2002, 2008b, 2013; Künzli David 2007; Rieß 2010; Hauenschild & Bolscho 2015). In Deutschland waren die Modellprogramme „21“ (1999-2004) und „Transfer 21“ (2004-2008) der Bund-Länder-Kommission

für Bildungsplanung und Forschungsförderung der Frage gewidmet, wie schulische Bildung im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung zu verändern sei. Während im Programm „21“ etwa 200 weiterführende Schulen beteiligt waren, sind im Transferprogramm auch Grundschulen berücksichtigt worden.

Die Forderung, Kinder bereits im Elementarbereich an die Naturwissenschaft heranzuführen, ist ebenfalls noch sehr jung und hat sich erst in den letzten 15 Jahren in Folge der neuerlich hohen Aufmerksamkeit für Bildung und insbesondere für naturwissenschaftliche Bildung ergeben. Diese hohe Aufmerksamkeit gerade im Hinblick auf naturwissenschaftliche Bildung hängt vermutlich auch mit der zunehmenden Ökonomisierung aller Lebensbereiche zusammen (Opitz 2004; Bröckling 2007; Krönig 2007), die auch beinhaltet, Wissen als ökonomische Ressource zu betrachten und entsprechend eine Steigerung der Effizienz des nationalen Bildungssystems, im Hinblick auf ökonomisch relevante Wissensformen als zu optimierende Ressource im globalen ökonomischen Wettbewerb, anzustreben.<sup>2</sup> Entsprechend erlangen die Ergebnisse der großen internationalen Vergleichsstudien wie PISA und TIMSS, die Unterschiede in den Leistungen der Schülerinnen und Schüler im internationalen Vergleich auch im Hinblick auf naturwissenschaftliche Kompetenzen erheben, eine breite öffentliche Resonanz, die weit über den Kreis der Fachleute in Bildungspolitik und Pädagogik hinaus geht.

Dabei ist die Begründung für diesen Schritt keine rein ökonomische. Schon in der PISA-Studie wird mit dem Konzept der „scientific literacy“ nicht die Vorbereitung auf einen naturwissenschaftlich-technische Kompetenzen erfordernden Arbeitsmarkt, sondern die Teilhabe an einer naturwissenschaftlich-technisch geprägten Gesellschaft als übergeordnetes Ziel beschrieben.

Die neue Aufmerksamkeit für naturwissenschaftliche Bildung erinnert an die Bildungsreformen in der westlichen Welt angesichts des Sputnik-Schocks in den 1960er und Anfang der 1970er Jahre (Bruner 1960/1970; Deutscher Bildungsrat 1970; Lauterbach 2001; Spreckelsen 2008), in denen eine stärkere Wissenschaftsorientierung im Bildungssystem gefordert wurde, um in der Konkurrenz und im Wettrüsten der politischen Systeme nicht zu unterliegen. Neu ist allerdings, dass nun die Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen schon vor der Schule im Elementarbereich einsetzt und entsprechend in den seit 2004 erschienen Bildungsplänen der Bundesländer „als ein Kernelement frühkindlicher Bildung“ (Michalik 2010, 93) enthalten ist. Im Zuge dieser Entwicklung wurde in den 1970er Jahren in Deutschland das neue, an den Wissenschaften orientierte, Schulfach Sachunterricht in Abgrenzung zur alten Heimatkunde eingerichtet. Dieser Neuanfang wurde gestützt durch die Akademisierung einer entsprechenden Didaktik durch die Einrichtung von Sachunterrichtsprofessuren. Dies brachte auch eine Vorverlagerung der Heranführung von Kindern an die Naturwissenschaft nun schon im Grundschulalter mit sich.

<sup>2</sup> Exemplarisch sei dazu die im Jahr 2000 gefasste Lissabon-Strategie des Europäischen Rates der Europäischen Union angeführt, wonach als „neues strategisches Ziel für das kommende Jahrzehnt [...] das Ziel, die Union zum wettbewerbsfähigsten und dynamischsten wissensbasierten Wirtschaftsraum in der Welt zu machen – einem Wirtschaftsraum, der fähig ist, ein dauerhaftes Wirtschaftswachstum mit mehr und besseren Arbeitsplätzen und einem größeren sozialen Zusammenhalt zu erzielen“ bestimmt wird (Europäischer Rat, 23. und 24. März 2000, Lissabon, Schlussfolgerungen des Vorsitzes, I.5, unter: [http://www.europarl.europa.eu/summits/lis1\\_de.html](http://www.europarl.europa.eu/summits/lis1_de.html); Stand 01.06.2014). Und entsprechend wird die Durchführung von Studien zur Wirksamkeit der Schule auch damit begründet, dass es einen Zusammenhang zwischen dem „durchschnittlichen Bildungsniveau eines Landes und seiner ökonomischen Prosperität im internationalen Vergleich“ (Weinert 2001a, 26) gäbe (vgl. Masschelein 2001; Biesta 2004; Simons & Masschelein 2008).

Für die Grundschule ist die neue Aufmerksamkeit für die Naturwissenschaft also als eine Art zweite Welle zu betrachten (Möller 2002; Möller, Kleickmann & Sodian 2014), nachdem das Interesse nach einiger Ernüchterung zurückgegangen war (Blaseio 2004). Für die Kindertagesstätten ist die Forderung nach naturwissenschaftlicher Bildung dagegen neu. Neben einer Vielzahl von konzeptionellen Entwürfen und Vorschlägen für die Gestaltung entsprechender Bildungsangebote (Lück 2007, 2009; Hellmich & Köster 2008; Kieninger 2008; Fthenakis, Wendell, Daut, Eitel & Schmitt 2009; Fthenakis, Wendell, Eitel, Daut & Schmitt 2009; Pauen & Herber 2009; Ramseger 2010; Bertelsmeier & Dahlhaus 2010; Möller & Steffensky 2010; Hardy & Kempert 2011; Steffensky 2012; Ansari 2013; Leuchter & Möller 2014; Steffensky & Hardy 2014) wird seit einigen Jahren auch kritisch gefragt, ob naturwissenschaftliche Bildung im Elementarbereich überhaupt sinnvoll begründet werden kann (Fischer, Gansen & Michalik 2010; Rauterberg & Schumann 2013).

### 1.3 Praktiken naturwissenschaftlicher Bildung im Elementar- und Primarbereich

Den Ausgangspunkt für diese Arbeit bilden Beobachtungen, die ich im Rahmen meiner Tätigkeit in der wissenschaftlichen Begleitforschung des Projektes Leuchtpol in der Anfangsphase des Projektes 2009 gemacht habe. Es handelt sich dabei um Einzelbeobachtungen, die nicht repräsentativ für das Projekt Leuchtpol sind.

Die erste Beobachtung bezieht sich auf die Rolle naturwissenschaftlicher Bildung innerhalb der Konzeption einer Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Das pädagogische Rahmenkonzept von Leuchtpol (Schubert 2009) enthielt in der ersten Fassung, die 2009, als die Fortbildungen konzipiert wurden, zugrunde lag, keine Begründung, weshalb naturwissenschaftliche Bildung Teil der Konzeption des Projektes und auch Bestandteil des den Kindertagesstätten nahegelegten Konzeptes einer Bildung für eine nachhaltige Entwicklung ist. Das ist aus meiner Sicht insofern erstaunlich, als es doch gerade die durch die Naturwissenschaft möglich gewordene technische Beherrschung der Naturkräfte ist, die es erlaubt, die natürlichen Lebensgrundlagen soweit zu übernutzen, dass das Überleben der Menschheit als Gattung bedroht ist. Und zum anderen scheint doch ein charakteristisches Element der neuzeitlichen Naturwissenschaft gerade darin zu bestehen, im Experiment einzelne Elemente aus dem natürlichen Zusammenhang herauszunehmen, um sie beliebig manipulieren zu können und darüber ein tieferes Verständnis von Teilzusammenhängen zu erlangen. Insofern könnte das Heranführen von Kindern an naturwissenschaftliches Experimentieren gerade als Einüben darin gedeutet werden, den Gesamtzusammenhang der Natur zu ignorieren und sich auf wenige Aspekte zu konzentrieren. Die Befürchtung, dass dabei der Blick für den Gesamtzusammenhang verloren geht und wir uns auch in unseren alltäglichen Verrichtungen nach Belieben Dinge aus der Natur herausgreifen, um sie für unsere Zwecke zu nutzen, ohne auf ihre Bedeutung im Naturzusammenhang zu achten, scheint dann zumindest nicht fern zu liegen. So betrachtet wäre ein Heranführen von Kindern an naturwissenschaftliches Denken gerade als Einüben in nicht nachhaltige Routinen des Denkens und der Lebensgestaltung zu verstehen. Dass solche Fragen keine Rolle gespielt haben, deute ich als Hinweis darauf, dass die Naturwissenschaft derzeit eher als notwendiges Hilfsmittel für die Bearbeitung von Problemen nicht nachhaltiger Entwicklung gesehen wird. Und das ist angesichts der großen öffentlichen Aufmerksamkeit, den der Klimawandel derzeit hat, vielleicht auch gut nachvollziehbar, da es hier ja gerade Klimaforscherinnen und Klimaforscher sind, die auf die Probleme aufmerksam machen, und damit in der Regel um Menschen, die disziplinär

der Naturwissenschaft zuzuordnen sind. Zudem ist leicht nachvollziehbar, dass die Analyse der Situation und das Erstellen von Prognosen und Szenarien als Basis für die Entwicklung von Handlungsoptionen am Beispiel des Klimawandels nur unter Rückgriff auf naturwissenschaftliche Modellierungen möglich sind. Da das Konzept von einer Reihe von Expertinnen und Experten aus der Erziehungswissenschaft, insbesondere im Feld der frühkindlichen Bildung und der Umweltbildung bzw. der Bildung für nachhaltige Entwicklung, darunter auch solchen, mit einer naturwissenschaftlichen Ausbildung, entwickelt wurde, stellt sich dennoch die Frage, weshalb die Reflexion der Rolle, die der Naturwissenschaft in der Entstehung und im Fortbestehen einer nicht nachhaltigen Entwicklung zukommt, nicht in den Blick kam und entsprechend auch keinen Eingang in die Konzeption des Projektes genommen hat. Dies erstaunt auch insofern, als eine solche Reflexion in der Philosophie und der Soziologie (Husserl 1936/1996; Heidegger 1953/2000; Habermas 1968; Meyer-Abich 1984; Altner 1991; Schäfer 1993a) lange vorliegt und in der Erziehungswissenschaft auch rezipiert wurde (Litt 1952/1959; Bulthaup 1973/1996; Häußler & Lauterbach 1976; Pukies 1979; Peukert 1984; Muckenfuß 1995; Höttecke 2001, 136ff.).<sup>3</sup>

Eine zweite Beobachtung besteht darin, dass aus meiner Sicht bei einigen Versuchen, die bei Leuchtpol angeboten wurden, auch bei wohlwollender Interpretation nicht erkennbar war, inwiefern sich die Beschäftigung mit ihnen auf die Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung beziehen lässt. Ich denke da z.B. an die Teebeutelrakete oder das Schnurtelefon.

Bei der Teebeutelrakete wird ein Teebeutel aufgeschnitten, der Tee wird entfernt, der oben und unten offene Beutel wird als Röhre auf einen Teller gestellt und oben angezündet. Wenn das Feuer bis nach unten gewandert ist, hebt der bei der Verbrennung übriggebliebene Rest des Beutels ab und fliegt nach oben. Beim Schnurtelefon werden wahlweise zwei Einwegbecher aus Plastik oder Pappe oder leere Konservendosen mit einer Schnur verbunden. Durch Ziehen an beiden Behältern in entgegengesetzte Richtung wird die Schnur gespannt. Wenn dann eine Person in einen der Behälter hinein spricht und eine zweite am anderen Ende den zweiten Behälter ans Ohr hält, kann sie etwas hören, was sie ohne die Konstruktion nicht oder nicht in derselben Lautstärke hören kann.

Sicher würde man üblicherweise für eine physikalische Erklärung des Aufsteigens des Verbrennungsrestes auf den Begriff der Wärme zurückgreifen und im Falle des Schnurtelefons von Schwingungen und Wellen sprechen. Und alle drei Fachbegriffe haben etwas mit Energie zu tun, insofern damit Formen von Energie bzw. des Transportes von Energie bezeichnet werden. Und sicher ist Energie ein Schlüsselthema einer nachhaltigen Entwicklung. Aber weder ist ersichtlich, wie Kinder anhand solcher Phänomene ein Verständnis von Wärme, Schwingungen oder Wellen erlangen könnten, noch ist ersichtlich, wie sie, ohne über solche Begriffe zu verfügen, einen Bezug zu einer nachhaltigen Entwicklung herstellen könnten.

Aus meiner Sicht wären Ausführungen darüber, welches Ziel mit Elementen naturwissenschaftlicher Bildung verfolgt wird und inwiefern diese auf die Notwendigkeit einer nachhaltigen Entwicklung zu beziehen sind, hilfreich für die Gestaltung von Bildungsangeboten, die auf eine nachhaltige Entwicklung bezogen sein sollen. Es stellt sich damit die Frage, weshalb Expertinnen und Experten für frühkindliche Bildung und Umweltbildung, die zum Teil über eine naturwissenschaftliche Ausbildung verfügen, solche Versuche auswählen.

<sup>3</sup> Der Gedanke, dass die Naturwissenschaft auch zur Entstehung einer nicht nachhaltigen Entwicklung beigetragen hat, wurde aufgrund des Hinweises der wissenschaftlichen Begleitforschung dann in der zweiten Auflage des Konzeptes aufgenommen (Schubert 2010, 39).

Die dritte Beobachtung bezieht sich auf scheinbare naturwissenschaftliche Versuche, die von Kindern durchgeführt werden sollen, auf die ich bei Besuchen von Fortbildungen für Erzieherinnen und Erzieher, bei Besuchen von Bildungsangeboten für Kinder in Kindertagesstätten, aber auch bei der Sichtung verbreiteter Materialien für frühkindliche naturwissenschaftliche Bildung (z.B. Biemann & Müller 2003; Hecker 2006) gestoßen bin und die aus meiner Sicht als Physiker in keiner Weise erkennen lassen, inwiefern darüber eine Auseinandersetzung mit der Naturwissenschaft möglich sein soll. Ich denke hier z.B. an den „Versuch“ der Vulkan, bei dem in ein Modell eines Vulkans einige Substanzen eingeführt werden und aufgrund einer chemischen Reaktion dann ein Schaum entsteht, der wie Lava aus dem Vulkan läuft. Daneben habe ich in Fortbildungen Versuchsdurchführungen beobachtet, bei denen, wie im Falle der schon erwähnten Teebeutelrakete, keine Gespräche stattfanden und damit auch keine Versuche unternommen wurden, irgendetwas zu verstehen oder zu erklären. Und ich habe Versuchsdurchführungen in Fortbildungen beobachtet, in denen mit den Deutungen der Erzieherinnen und Erzieher nicht weiter gearbeitet wurde und so eher Ratlosigkeit zurück geblieben ist, als dass ein Erkenntnisschritt, der offensichtlich intendiert war, erreicht worden wäre. So bei einem Versuch, bei dem verschiedene Materialien wie Holz, Kork, Glas und Stahl in Form von Platten bereit gestellt wurden und die Erzieherinnen und Erzieher zunächst gebeten wurden, auf alle Materialien einmal eine Hand aufzulegen, um einen Wärmeindruck zu bekommen, und sie dann gebeten wurden, die Temperatur der Materialien mit Hilfe eines Thermometers zu bestimmen. Als Ergebnis wurde beispielsweise festgehalten: „Erstaunlich, ich hätte gedacht das Metall war kälter als das Holz aber tatsächlich ist es 0,1 Grad wärmer. So kann man sich täuschen.“ Mit solchen Beobachtungen bin ich nicht allein und dieses Phänomen ist von anderen als grassierende „Experimentitis“ bereits kritisiert worden. So beispielsweise von Jörg Ramseger in seinem Vortrag „Was heißt ‚naturwissenschaftliche Bildung‘ im Kindesalter?“ den er im Rahmen einer gemeinsamen Tagung der Kultus- sowie der Jugend- und Familienministerkonferenz der Länder 2010 gehalten hat (Ramseger 2010; vgl. auch Ramseger 2009; Schäfer 2010; Fischer 2012; Ansari 2013, 187ff.). Alle drei Beobachtungen interpretiere ich als Ausdruck davon, dass auf Seiten vieler pädagogischer Fachkräfte im Elementar- und Primarbereich keine ausreichende Klarheit darüber herrscht, was naturwissenschaftliches Denken ausmacht bzw. worin das Spezifische an der naturwissenschaftlichen Weise der Erkenntnisgewinnung besteht. Wenn unklar ist, welche Rolle Experimente innerhalb eines solchen Prozesses der Erkenntnisgewinnung spielen, überrascht es nicht, wenn Versuche bei der bloßen Durchführung stehen bleiben. Und ohne ein explizites Verständnis davon, was naturwissenschaftliches Denken ausmacht, bleibt auch unklar, inwiefern ein solches Denken nützlich für die Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung sein kann und inwiefern es dabei hinderlich ist.

#### **1.4 Die Bestimmung naturwissenschaftlichen Denkens als Desiderat der Sachunterrichtsdidaktik und der Elementarpädagogik**

Eine nähere Bestimmung dessen, was naturwissenschaftliches Denken ausmacht, scheint mir kein Defizit bei einzelnen Pädagoginnen und Pädagogen zu sein. Ich deute den Umstand, dass Beobachtungen der dritten oben aufgeführten Art von vielen Seiten berichtet werden, als Hinweis darauf, dass hier ein Desiderat sachunterrichtsdidaktischer und elementarpädagogischer Forschung vorliegt. Dies erläutere ich in diesem Abschnitt an einem Lösungsvorschlag, den Jörg Ramseger in seinem oben erwähnten Vortrag gemacht hat. Dabei ziehe ich

Ramseger deshalb heran, weil er seine Position besonders klar und zugespitzt formuliert und ich sie zugleich für exemplarisch für den aktuellen Diskurs im Elementar- und Primarbereich halte. In diesem Abschnitt erläutere ich zunächst, weshalb ich seinen Lösungsvorschlag im Hinblick auf den Elementar- und Primarbereich für unzureichend halte. Im folgenden Abschnitt 1.5 zeige ich dann, dass dieser Vorschlag auch vor dem Hintergrund der jüngeren wissenschaftsphilosophischen, -historischen und -soziologischen Forschung als unzureichend oder zumindest unvollständig bewertet werden muss.

Ramseger schlägt vor, sich bei der Gestaltung von Bildungsgelegenheiten im Sinne naturwissenschaftlicher Bildung im Elementar- und Primarbereich an einer Heuristik, die Brunhilde Marquardt-Mau im Rahmen des Projektes „prima(r)forscher“ entwickelt hat, zu orientieren. Dabei soll die naturwissenschaftliche Methode für Kinder in Form eines „Forschungskreislaufes“ sichtbar werden. Dieser beinhaltet: 1. Fragestellung, 2. Ideen/Vermutungen, 3. Versuch/Durchführung, 4. Teamarbeit, 5. genau beobachten, 6. alles aufschreiben, 7. Ergebnisse festhalten und 8. Ergebnisse erörtern (Marquardt-Mau 2011, 37). Ramseger betont, dass naturwissenschaftliche Bildungsangebote, die von vorgegebenen Experimenten ausgehen, in der Regel das Formulieren einer Frage an die Natur, die Suche nach eigenen Lösungen und das Überprüfen eigener Vermutungen in einem gemeinsamen Dialog und damit die Schritte 1, 2 und 8 im Forschungskreislauf von Marquardt-Mau auslassen. Damit würden solche Bildungsangebote gerade nicht an den Präkonzepten der Kinder anschließen (Ramseger 2010, 11).

Der Verweis auf den Forschungskreislauf scheint bei Ramseger dazu zu dienen, die Frage, was naturwissenschaftliches Denken ausmacht, zu beantworten. Ein naturwissenschaftliches Denken ist danach ein Denken, das sich an der dort angegebenen schrittweisen Abfolge orientiert. Zwei Argumente sprechen dagegen, dass diese Bestimmung hinreichend ist als Zielbestimmung naturwissenschaftlicher Bildung im Elementar- und Primarbereich. Zum einen beziehen sich auch Projekte wie das „Haus der kleinen Forscher“, die Ramseger (2009, 15) und andere (Ansari 2013, 188) für die Orientierung an vorgefertigten Experimenten kritisieren, an einer analogen Heuristik.<sup>4</sup> Zum zweiten ist zu berücksichtigen, dass die meisten pädagogischen Fachkräfte im Elementarbereich und viele Sachunterrichtslehrkräfte nicht über eine naturwissenschaftliche Ausbildung verfügen. Es ist daher nicht davon auszugehen, dass sie Beispiele aus der Geschichte der Naturwissenschaft, anhand derer sich die Heuristik verdeutlichen ließe, kennen und dass sie mit naturwissenschaftlichen Begriffen, Modellen und Gesetzen vertraut sind. Ohne solche Hilfsmittel bleibt jedoch unklar, was denn eine geeignete Frage an die Natur, über die sich etwas Neues herausbekommen ließe, ausmacht und wie man auf Ideen und Vermutungen kommt, die sich im Experiment überprüfen lassen.

Letzteres wird auch an dem Unterrichtsbeispiel deutlich, das Ramseger als Alternative zu den von ihm zu recht kritisierten Beispielen beschreibt (Ramseger 2010, 11ff.). In einer jahrgangsgemischten Gruppe mit Kindern des ersten und zweiten Schuljahres präsentiert die Lehrerin Gläser mit unterschiedlichen Sorten von Regenwürmern, ein Terrarium und mehrere Schälchen mit Blättern, Holzstückchen, Moosen und Erden. Die Kinder stellen daraufhin Vermutungen auf, stellen Fragen und formulieren Aussagen, die von den beiden Lehrerinnen auf Karten notiert werden: „Regenwürmer fressen Holz“, „Wir vermuten, dass es Regenwürmer sind, aber vielleicht sind es auch Raupen“, „Regenwürmer sind nackt und braun,

<sup>4</sup> Im Projekt „Haus der kleinen Forscher“ wird mit einem „Forschungskreis“ gearbeitet, der folgende „Phasen des Denkens und Handelns“ beinhaltet: 1. Frage an die Natur stellen, 2. Ideen & Vermutungen sammeln, 3. Ausprobieren & Versuche durchführen, 4. Beobachten & Beschreiben, 5. Ergebnisse dokumentieren, 6. Ergebnisse erörtern (Haus der kleinen Forscher 2013).

Raupen haben ein Fell“. Die Karten werden von den Lehrerinnen dann an Kleingruppen verteilt, die die Fragen beantworten und die Vermutungen prüfen. Die Teams haben nun den Regenwürmern unterschiedliche Nahrung angeboten, sie ausgemessen, sie unter der Lupe untersucht und gezeichnet oder geprüft, ob sie Augen haben und wie sie sich fortbewegen. Die Ergebnisse werden gesammelt und zunehmend Karten an der Tafel unter der Überschrift „Das stimmt“ gesammelt. Dann folgt eine neue Runde, in der die Teams an neuen Karten arbeiten. Ramseger hebt hervor, dass die Lehrerinnen die Kinder aufgefordert haben, ihre Fragen zu artikulieren, es ihnen selbst überlassen haben, wie sie die Fragen klären wollen, die Befunde in der Lerngruppe zur Diskussion gestellt und an der Tafel ergebnissichernd sortiert haben. Damit hätten die Kinder sich selbst als „erkenntnisproduzierende Forscher“ erfahren (ebd., 13). Mit dem Gespräch im Kreis hätten die Lehrerinnen mit den Kindern auch das „wissenschaftliche Argumentieren“ geübt (ebd.).

Ich möchte nicht in Abrede stellen, dass ein solches Tun sinnvoller ist, als einen Versuch durchzuführen über den dann nicht gesprochen wird oder der lediglich von der Pädagogin oder dem Pädagogen „erklärt“ wird. Aber es stellt sich dennoch die Frage, inwiefern hier an naturwissenschaftliches Denken herangeführt wird. Die Vermutungen scheinen sehr nahe an dem zu liegen, was die Kinder vorher schon wissen oder angesichts der Materialien bereits sehen können. Sicher ermitteln sie Informationen, die sie vorher nicht hatten, z.B. wie lang der längste Regenwurm ist, den die Lehrerinnen mitgebracht haben. Aber dass naturwissenschaftliches Denken darin besteht, naheliegende Vermutungen zu prüfen und Informationen zu sammeln, die in keiner Weise nützlich zu sein scheinen und auch keinerlei Verständnis von Zusammenhängen beinhalten, nur weil im Vorgehen die Heuristik des „Forschungskreislaufes“ berücksichtigt wurde, scheint doch sehr fraglich zu sein.

Ramseger räumt dieses Problem auch indirekt ein, wenn er am Ende seines Vortrages darauf hinweist, dass Pädagoginnen und Pädagogen, die selbst keine Naturwissenschaft studiert haben, intensive Fortbildung benötigen, um sich einen kleinen Grundstock von Fragen an die Natur anzueignen, die man mit einiger Wahrscheinlichkeit schon mit Kindergarten- und Grundschulkindern sinnvoll erarbeiten könne, weil Kinder hierzu selbst sinnvolle Hypothesen formulieren und diese in selbst entworfenen Versuchssituationen selbst erproben und dadurch ihre Gedanken neu ordnen und ausdifferenzieren können (ebd., 15f.). Und er ergänzt, er sei nicht sicher, ob es mehr als zwölf solche Fragestellungen überhaupt gebe.

Unklar ist dabei, weshalb Ramseger die Frage, ob es in der Naturwissenschaft nicht hinausgehend über die von ihm herangezogene Heuristik Hilfsmittel des Denkens gibt, an die Kinder im Elementar- und Primarbereich herangeführt werden können und die es ihnen gerade ermöglichen, sinnvolle Fragen zu stellen und diese dann auch eigenständig zu beantworten, gar nicht stellt. Ich deute auch diesen Umstand als Hinweis darauf, dass es sich um ein Desiderat sachunterrichtlicher und elementarpädagogischer Forschung handelt, solche Hilfsmittel des Denkens zu identifizieren.

Dass Ramseger nicht allein ist mit seinem Verweis auf eine einfache Heuristik naturwissenschaftlichen Denkens, zeigt ein Blick in aktuelle Übersichtsartikel (Sachunterricht: Möller, Kleickmann & Sodian 2014, 528f.; Elementarpädagogik: Steffensky 2012, 6; Leuchter & Möller 2014, 671) und Entwicklungsprojekte (Steffensky & Hardy 2014, 12 und 17ff.; Möller, Bohrmann, Hirschmann, Wilke & Wÿssen 2015, 12 und 17ff.) zu naturwissenschaftlicher Bildung im Elementar- und Primarbereich. Diese orientieren sich jeweils am Konzept der „scientific literacy“. Die Heuristik taucht hier jeweils als Erläuterung der angestrebten naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen auf. Daneben wird auch naturwissen-



schaftliches Wissen als weiteres Element einer „scientific literacy“ (neben weiteren Aspekten vgl. Kapitel 4.3 und 4.4) aufgeführt, und insbesondere als Verfügen über Konzepte (Möller, Kleickmann & Sodian 2014, 528) gedeutet. Für den Elementarbereich konstatiert Mirjam Steffensky (2012, 7), es könne dabei nicht um Fachbegriffe, sondern nur um alltägliche Begriffe gehen. Und für den Sachunterricht der Primarstufe weist Rita Wodzinski in „Naturwissenschaftliche Fachkonzepte anbahnen – Anschlussfähigkeit verbessern“ (2011, 7) darauf hin, dass Horst Schecker und Hartmut Wiesner (2007) schon für die Sekundarstufe die Orientierung an Leitideen, die aus der Fachsystematik abgeleitet sind, ablehnen, da sie für die Schülerinnen und Schüler inhaltsleere abstrakte Konzepte seien. Dies gelte ihr zufolge für Basiskonzepte im Sinne solcher Leitideen umso mehr für den Primarbereich. Damit wird also auch in diesen Ansätzen die Orientierung an Varianten der ramsegerschen Heuristik zum zentralen Bezugspunkt. Eine zweite ist dann genaugenommen die Orientierung an Themen (Schwimmen und Sinken, Magnetismus, elektrischer Stromkreis) von denen bekannt ist, dass sie im späteren Fachunterricht unter Rekurs auf naturwissenschaftliche Begriffe behandelt werden, sodass in diesen Themenfeldern Erfahrungen gemacht werden können, die dem späteren Fachunterricht als Grundlage dienen können.

In der angelsächsischen Forschung zur „science education“ wird eine einseitige Orientierung an „scientific inquiry“ in den letzten Jahren in zwei Weisen problematisiert. Zum einen direkt in der Curriculumsentwicklung, wenn darauf hingewiesen wird, dass naturwissenschaftliches Arbeiten Wissen erfordere, welches spezifisch für die jeweils verfolgten Praktiken sei (National Research Council 2012, 30; vgl. Kapitel 4.2). Allerdings wird diese Einsicht curricular dadurch berücksichtigt, dass neben naturwissenschaftliche Praktiken, die nach wie vor domänenübergreifend beschrieben werden (ebd., 42ff.), „crosscutting concepts“ und „disciplinary core concepts“ (ebd., 83ff. und 123ff.) gestellt werden. Wenn eine Orientierung an solchen Basiskonzepten im Elementar- und Primarbereich nicht sinnvoll ist, bietet die aktuelle US-amerikanische Curriculumsentwicklung damit keine Lösungsansätze für die oben beschriebene Problematik, dass die Heuristik für sich genommen als Orientierung nicht ausreicht. Eine eher implizite Problematisierung bietet die jüngere Entwicklung in der Forschung zum Konzeptwechsel („conceptual change“). So interpretieren Tamer Amin, Carol Smith und Marianne Wiser (2014) die jüngere Forschung zum Konzeptwechsel als Entstehen einer systemischen Perspektive (ebd., 68ff.), in der nun ontologische und erkenntnistheoretische Überzeugungen, Wissen über höherstufige funktionale Muster und Prinzipien sowie soziale Interaktionen (ebd., 72ff.) als für einen erfolgreichen Konzeptwechsel relevante Elemente aufgefasst werden. Diese lassen sich offensichtlich nicht durch die bloße Orientierung an der Heuristik naturwissenschaftlichen Vorgehens adressieren.

### **1.5 Zum Stand der wissenschaftsphilosophischen, -historischen und -soziologischen Forschung zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung**

Die Orientierung an Varianten der oben aufgeführten Heuristik naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, die häufig in Anlehnung an die angelsächsische „science education“ als forschend-entdeckendes Lernen („scientific inquiry“; Höttecke 2010a) gefasst wird, ist nicht nur deshalb unzureichend, weil sie in der Gestaltung von Bildungsgelegenheiten zu wenig Hilfestellung bereit stellt, sondern weil sie einem Verständnis naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung entspricht, das aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts stammt und wissenschaftsphilosophisch, -historisch und -soziologisch als überholt gilt.

Die Heuristik entstand in der englischsprachigen Debatte um „scientific inquiry“ aus einem Verständnis naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, das im logischen Empirismus des Wiener Kreises entwickelt wurde und bis in die 1960er Jahre im Hinblick auf die Vorstellung vom Vorgehen in der Naturwissenschaft in der angelsächsischen Debatte der „science education“ bestimmend war (Matthews 2004). Empirische Daten werden dabei als unproblematische Informationseinheiten gefasst (die Vertreter des Wiener Kreises dachten dabei beispielsweise an das Ablesen der Zeigerstellung an einem Messinstrument oder die Aussage „Ich habe gerade ein Rotempfindung“<sup>5</sup>), aus denen aufgrund induktiver Schlüsse das Theoriengebäude der Naturwissenschaft aufgebaut wird (Carnap 1928/1998). Heute wird die Heuristik häufig im Sinne eines hypothetisch-deduktiven Vorgehens verstanden, das auf dem Falsifikationismus, den Karl Popper in der „Logik der Forschung“ (1935/1969) entwickelt hat, beruht.

Aus der reichhaltigen wissenschaftsphilosophischen, -soziologischen und -historischen Debatte (Duhem 1908/1978; Schlick 1918/2009; Carnap 1928/1998; Bachelard 1934/1988; Fleck 1935/1993; Popper 1935/1969; Quine 1951/1980; Koyré 1957/2008; Kuhn 1970/1976; Lakatos 1970/1974; Feyerabend 1975/1993; Latour & Woolgar 1979; van Fraassen 1980; Hacking 1983/1996; Shapin & Shaffer 1985; Galison 1987; Gooding 1990; Netz 1999; Latour 2002; Rheinberger 2006; Daston & Galison 2007; Rheinberger & Müller-Wille 2009; Hentschel 2014; vgl. Newton-Smith 2000; Chalmers 1999/2007; Rheinberger 2007) möchte ich zwei Perspektiven auf naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung herausgreifen, die mir im Hinblick auf das Heranführen von Kindern an naturwissenschaftliches Denken von zentraler Bedeutung zu sein scheinen.

Das ist zum einen eine Perspektive, die Thomas Kuhn in zugespitzter Form ursprünglich bereits 1962 in „Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen“ (1970/1976) formuliert hat.<sup>6</sup> Kuhn unterscheidet in seiner Arbeit zwei Phasen des Wandels in der Naturwissenschaft. In Phasen der Normalwissenschaft besteht der Wandel darin, neue Gesetze zu entdecken, die das bestehende Wissensgebäude um einen weiteren Baustein ergänzen, ohne dass es dabei zu Veränderungen von Grundbegriffen oder der Art und Weise kommt, wie die Welt betrachtet wird. Kuhn spricht daher auch von einem „kumulativen Hinzufügen von Einzelerkenntnissen“ (Kuhn 1981, 6). Als Beispiel nennt er die Entdeckung des Boyle-Mariotteschen Gesetzes (ebd.). Seine Entdecker hätten schon vor dieser Entdeckung die Begriffe des Gasdruckes und -volumens genutzt und geeignete Verfahren ihrer Bestimmung angewandt. Daher deutet Kuhn die Entdeckung, dass bei konstanter Temperatur für beliebige Gasmengen das Produkt aus Druck und Volumen konstant ist, als kumulatives Hinzufügen einer Erkenntnis und betont, der größte Teil naturwissenschaftlichen Fortschreitens sei von dieser Art.

Phasen wissenschaftlicher Revolutionen unterscheiden sich Kuhn zufolge von normalwissenschaftlichen Phasen, da sie Entdeckungen einschließen, die mit den traditionellen Begriffen

<sup>5</sup> Die Vertreter des Wiener Kreises strebten es an, die empirische Basis der Naturwissenschaft möglichst so zu fassen, dass die Wahrscheinlichkeit von Irrtümern möglichst klein ist und die Naturwissenschaft so auf einem möglichst sicheren Fundament aufbaut. Dass dies selbst im Hinblick auf so scheinbar einfache Aussagen ein komplexes Unterfangen ist, zeigt die sogenannte Protokollatzdebatte, in der insbesondere Rudolf Carnap (1932/2006, 1936/2006), Moritz Schlick (1934/2006) und Otto Neurath (1932/2006, 1935/2006) miteinander stritten.

<sup>6</sup> Kuhns Arbeit ist nach Veröffentlichung der zweiten Auflage 1969 als eigenständige Monographie in der Wissenschaftsphilosophie heftig diskutiert worden. In seinem als Werner-Heisenberg-Vorlesung in München gehaltenen Vortrag „Was sind wissenschaftliche Revolutionen?“ (Kuhn 1981) hat er, unter Berücksichtigung dieser Debatte, seine Auffassung in einer aus seiner Sicht auf das Wesentliche reduzierten Form dargestellt und dabei auch ein paar ergänzende Hinweise darauf gegeben, wie er auf seine Sicht gekommen ist. Auf den Begriff des Paradigmas verzichtet Kuhn in dieser späteren Darstellung. Ich orientiere mich insbesondere an dieser späteren Darstellung.

gerade nicht in Einklang zu bringen seien (ebd., 7). Als Beispiele führt er den Übergang von der ptolemäischen zur kopernikanischen Astronomie (1970/1976, 80f.), die Entstehung der lavoisierschen Sauerstofftheorie der Verbrennung (ebd., 82ff.), die Entstehung der einsteinischen Relativitätstheorie (ebd., 85ff.), den Übergang von der aristotelischen zur neuzeitlichen Physik bei Galilei (Kuhn 1981, 8ff.), den Übergang zur elektrostatischen Deutung der von Alessandro Volta entdeckten elektrischen Batterie (ebd., 17ff.) und Max Plancks Deutung der Hohlraumstrahlung des sogenannten „schwarzen Körpers“, die als Geburtsstunde der Quantenmechanik gilt (ebd., 24ff.), an.

Kuhn gibt drei Charakteristika an, die revolutionäre Veränderungen in seinem Sinne miteinander gemein haben. Zum einen haben sie eine systemische Struktur (Kuhn selbst spricht von „ganzheitlicher Struktur“; ebd., 32), insofern sie nicht etappenweise, Schritt für Schritt, vollzogen werden können, da eine Anzahl untereinander verbundener Gesetzmäßigkeiten revidiert werden. Das Subjekt, das eine solcher Veränderung individuell vollzieht oder nachvollzieht, müsse daher entweder, wenn es Schritt für Schritt vorgeht, bei den Zwischenschritten mit „inkohärenten Fakten bzw. Daten“ leben oder eine Anzahl untereinander verbundener Gesetzmäßigkeiten einer gemeinsamen Revision unterziehen. Nur das „anfängliche und das endgültige System von Generalisierungen“ lieferten „kohärente Abbildungen der Natur“ (ebd., 33). Das zweite Charakteristikum besteht Kuhn zufolge darin, dass sich ein Bedeutungswandel („meaning change“; ebd.) vollzieht, insofern die „Art und Weise, wie Worte und Sätze mit den Naturphänomenen verbunden sind“ (ebd., 34), sich verändert. Kuhn nennt in seinen Beispielen dazu zwei verschiedene Varianten. Zum einen würde sich die Kriterien für die Anwendung der Begriffe auf die Natur und damit ihre Bedeutung verändern. Ein Beispiel ist der Umstand, dass in der kopernikanischen Astronomie Sonne und Mond nicht mehr als Planeten galten, dafür aber Erde, Mars und Jupiter nun als Planeten aufgefasst wurden. Ein anderes Beispiel ist der Umstand, dass die Begriffe Kraft und Masse im Rahmen des zweiten newtonschen Axiomes auf eine neue Weise verwendet wurden und so eine neue Bedeutung erhielten. Zum anderen ändert sich nach Kuhn die „Klasse der Objekte und Situationen“ (ebd., 35), auf die die Begriffe sich beziehen. Während nach Kuhn bei Aristoteles die Veränderung einer Eichel zu einer Eiche und die Gesundung einer kranken Person als Beispiele für Bewegungen verstanden worden seien, sei dies bei Newton nicht mehr der Fall gewesen. Und im Hinblick auf die neue Deutung der voltaschen Batterie habe sich zwar der Aufbau der Batterie und die enthaltenen Bestandteile nicht verändert, aber die Sichtweise davon, welche dieser Bestandteile zusammengenommen als elementaren Einheiten einer Batterie zu betrachten seien, habe sich verändert und damit die Einheiten, die Gegenstand der Analyse waren. Kuhn betont dabei, dass sich in revolutionären Veränderungen immer mehrere Begriffe verändern und diese wechselseitig definiert seien und sich so der systemische Charakter der Veränderungen ergebe.

Das dritte Charakteristikum revolutionärer Veränderungen ist nach Kuhn ein „grundlegender Wandel des Modells, der Metapher oder der Analogie“ (ebd., 36). Bezogen auf die Subjekte, die einen solchen Wandel vollziehen, deutet er dies so, dass sich das „Gefühl dafür, was einander ähnlich und was voneinander verschieden ist“ (ebd.) ändert. So sei bei Aristoteles der fallende Stein, die wachsende Eiche und der gesund werdende Mensch als ähnlich betrachtet worden und entsprechend als verschiedene Varianten derselben Form von Veränderung auch gemeinsam behandelt worden. Dieses Muster der Ähnlichkeiten sei dann in der newtonschen Physik ersetzt worden. Die primäre Funktion des Gruppierens ähnlicher Objekte oder Situationen bestehe dabei darin, eine Taxonomie, im Sinne eines systematischen

Begriffsapparates, zu vermitteln und aufrechtzuerhalten. Das Erkennen, welche Objekte und Situationen als ähnlich zu betrachten sind, ist für Kuhn damit das zentrale Element des Erlernens von Naturwissenschaft:

„Dem jeweils noch uneingeweihten Publikum werden die neu zusammengestellten Gegenstände von jemandem erläutert, der ihre Ähnlichkeit bereits zu erkennen vermag und der nun die Angesprochenen in seinem Sinne zu überzeugen versucht. Wenn die Vorstellung Erfolg hat, sind die frisch Eingeweihten fortan im Besitz einer erworbenen Anzahl von Kriterien, die für die zu sehenden Ähnlichkeitsbeziehungen ins Auge springen – das heißt, sie befinden sich nun in einem Merkmalsraum, innerhalb dessen die jetzt zusammengefassten Dinge für die Folgezeit als Beispiele für ein und dasselbe Ding oder Phänomen gruppiert sind und zugleich von Objekten oder Situationen abgehoben sind, mit denen sie sonstwie verbunden gewesen sein mochten.“ (ebd., 37)

Und schließlich fasst Kuhn diese Ausführungen zusammen:

„Die metaphorartigen (eine Ähnlichkeitsbeziehung [...] verwendenden) Zusammenstellungen, die sich in einer Zeit der wissenschaftlichen Revolution ändern, stehen somit im Zentrum des Prozesses, durch den eine wissenschaftliche oder sonstige Sprache erworben wird. Und erst nachdem jener Erwerb oder, wenn man will, Lernprozeß einen kritischen Punkt überschritten hat, beginnt die wissenschaftliche Praxis. Die nämlich behandelt stets die Aufstellung und Begründung von allgemeinen Naturgesetzen.“ (ebd., 38)

Und Kuhn betont, dass der Lernende in der Darlegung von Beispielen gleichzeitig einerseits lernt, was die verwendeten Begriffe bedeuten, welche Kriterien für ihre Anwendung auf die Natur gelten und welche Sachverhalte damit ausgedrückt werden können und andererseits, welche Klassen von Dingen in der Natur vorkommen, welche ihre herausragenden Merkmale sind und welches Verhalten möglich ist und welches nicht. Damit würden Kenntnisse über Worte und über die Natur „sehr oft“ gemeinsam erworben (ebd., 39).

Kuhns Sicht beruht damit auch auf einer These, die bereits Pierre Duhem in „Ziel und Struktur physikalische Theorien“ (1908/1978) formuliert hat und die Willard van Orham Quine, in seiner in „Two dogmas of empiricism“ (1951/1980) am logischen Empirismus geübten Kritik, aufnahm. Die Duhem-Quine-These besagt, dass naturwissenschaftliche Theorien als ein holistisches Ganzes zu betrachten sind und daher im Experiment nicht einzelne Sätze oder Gruppen von Sätzen geprüft werden, sondern alle Sätze der Wissenschaft im Ganzen. Jede Aussage könne letztlich auch bei widersprechender Evidenz dadurch gerettet werden, dass an anderer Stelle ein Satz revidiert wird. Die Abhängigkeitsverhältnisse der Sätze untereinander seien so komplex, dass es keine logischen Argumente geben könne, aus denen bestimmt werden könne, welche Sätze revidiert werden müssten (vgl. Schäfer 1974). Duhem wird üblicher Weise so interpretiert, dass er die schwächere Form der These vertritt, nach der keine einzelne Hypothese der Wissenschaft isoliert einer Überprüfung durch das Experiment unterzogen werden könne, während Quine die stärkere Variante zugeschrieben wird, dass jeder beliebige Satz der Wissenschaft, gegenüber jeder beliebigen Evidenz als wahr festgehalten werden könne (Schäfer 1974, 159).

Nach Kuhn besteht naturwissenschaftliches Denken also gerade darin, bestimmte Phänomene als ähnlich zu betrachten, anhand von bestimmten Begriffen die wesentlichen Merkmale der Phänomene zu erfassen und so Zusammenhänge zwischen diesen Merkmalen zu erkennen und die Phänomene so auf eine naturwissenschaftliche Weise zu verstehen. Welche Phänomene als ähnlich zu betrachten sind und welche Begriffe geeignet sind, um wesentliche Merkmale zu identifizieren, ergibt sich dabei erst aus den Zusammenhängen, die auf

diese Weise jeweils verstanden werden können, weil sie auf Regelmäßigkeiten zurückgeführt werden können.

Es gehört zu den zentralen Einsichten, die Kuhn in „Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen“ herausgearbeitet hat, dass das Entwickeln eines solchen kohärenten Systems von Ähnlichkeitsbeziehungen, Begriffen und Gesetzen, das er dort als Paradigma bezeichnet, nur als kollektives Unternehmen erreicht werden kann, da nur im Rahmen einer Gemeinschaft, die über längere Zeit dieselben Probleme mit denselben Mitteln bearbeitet, die nötigen Anpassungen und Ergänzungen erarbeitet werden können, um eine neue Idee soweit auszuarbeiten, dass sie sich überhaupt mit zuvor schon bestehenden Sichtweisen messen kann und über längere Zeit dann neue Probleme gelöst werden können.

Der Erfolg der Naturwissenschaft ist nach Kuhn damit auch darauf zurückzuführen, dass Forschungsgemeinschaften unter bestimmten Bedingungen, wenn Probleme auftauchen, die sich mit den bestehenden Mitteln nicht lösen lassen, ein solches Paradigma in Frage stellen und nach neuen Ansätzen suchen, die sich zu einem neuen Paradigma entwickeln lassen. Während Popper und die Vertreter des Wiener Kreises Hans Reichenbachs Überzeugung teilten, dass man zwischen dem Begründungs- und dem Entdeckungszusammenhang in der Naturwissenschaft trennen müsse, um den Erfolg der Naturwissenschaft zu erklären und es die hohen Rationalitätsstandards im Begründungszusammenhang seien, aus denen der Erfolg zu erklären sei, richtet Kuhn die Aufmerksamkeit gerade auf den Entdeckungszusammenhang und hat damit die von anderen wie Otto Neurath (1915a, 1915b), Ludwig Fleck (1935/1993) und Alexandre Koyré (1957/2008) zuvor schon begonnenen Historisierung der Analyse der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung wesentlich befördert (vgl. Rheinberger 2007).

Wie der Philosoph Ian Hacking in „Representing and intervening“ (1983/1996) herausgearbeitet hat, stimmt Kuhn in einer Hinsicht mit den wissenschaftsphilosophischen Ansätzen des Wiener Kreises und Karl Poppers überein: Der starken Orientierung an der Theorie im Versuch, naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zu verstehen. Denn was sich bei Kuhn im Zuge eines Paradigmenwechsels ändert, sind Ähnlichkeitsbeziehungen, Begriffe und Gesetze. Dem stellt Hacking die These entgegen, dass wissenschaftliche Forschung in Praktiken des Repräsentierens und des Eingreifens besteht und daher gerade in einem Wechselspiel des Repräsentierens und Eingreifens, in dem Theorien experimentelles Handeln anleiten und das Handeln wiederum Veränderungen auf der Theorieseite nach sich zieht, bis experimentelles Handeln und Theorie zusammen passen. Zentral ist für Hacking dabei, dass die Experimentierertätigkeit ein Eigenleben habe, und damit auch Gegenstand der Analyse sein müsse, wenn man naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung verstehen wolle (Hacking 1983/1996, 250). Hacking geht dabei auch davon aus, dass nicht die Rationalität das Spezifikum des Menschen sei, sondern seine Fähigkeit zur Repräsentation. Ihm zufolge ist das Darstellen als Praxis dasjenige, was der Bildung eines Begriffs von der Wirklichkeit vorausgeht:

„Die erste spezifisch menschliche Erfindung ist das Darstellen. Sobald die Praxis des Darstellens gegeben ist, folgt ein Begriff zweiter Ordnung im Schlepptau. Das ist der Begriff der Wirklichkeit, also ein Begriff, der nur dann einen Gehalt hat, wenn es Darstellungen erster Stufe bereits gibt.“ (ebd., 229)

Diese neue Aufmerksamkeit für die Praktiken in der Naturwissenschaft zeigt sich auch in der Wissenschaftssoziologie und -geschichte. So untersuchten Bruno Latour und Steve Woolgar in „Laboratory life: The social construction of scientific facts“ (1979/1986) mit ethnographischen Methoden die Naturwissenschaft im Prozess der Entstehung neuen Wissens. Sie analy-

sierten dabei im Detail, wie aus einem Stück Materie durch Transformationen und Übersetzungen eine Inskription wird, die dann im Kreis der Forschungsgemeinschaft zu zirkulieren beginnt. Hans-Jörg Rheinberger interpretiert dies so, dass auch bei Latour und Woolgar das Problem der Realität erst im Vorgang der Darstellung als solches entstände (Rheinberger 2007, 126f.).

In der Wissenschaftsgeschichte hat beispielsweise David Gooding in „Experiment and the making of meaning. Human Agency in scientific observation and experiment“ (1990) die Entstehung der Elektrodynamik bei Michael Faraday und seinen Kollegen untersucht, um zu zeigen, wie aus den Handlungen, die die Forscher in ihren Laboratorien jeweils individuell vollziehen, ein Diskurs über geteilte Erfahrungen wird, in dem Verallgemeinerungen, Argumente und Kritik möglich sind (ebd., xiii). Im Mittelpunkt steht dabei bei ihm die Entstehung neuer Repräsentationsweisen, die es den Forschern erst ermöglichten, über die neuen Phänomene des Elektromagnetismus miteinander zu kommunizieren und hinausgehend über die erste Beobachtung von Hans Christian Ørsted zu neuen reproduzierbaren und auch kommunizierbaren experimentellen Resultaten zu kommen und die damit auch die Grundlage für die Theoriebildung wurden. Auch Gooding deutet seine Arbeit als Teil eines „procedural turn“ in der Wissenschaftsphilosophie (ebd., xv).

Auf Basis der hier aufgeführten Überlegungen von Kuhn, Hacking, Latour und Woolgar und Gooding lässt sich vorerst zusammenfassen, dass naturwissenschaftliches Denken in einer jeweils domänenspezifischen Weise darin besteht, zu erkennen, welche Phänomene als ähnlich aufzufassen sind, mit spezifischen Begriffen die an den Phänomenen charakteristischen Merkmale zu erfassen, dabei bekannte Regelmäßigkeiten zwischen diesen Merkmalen heranzuziehen und mit Hilfe der spezifischen Repräsentationsmittel Schlussfolgerungen im Hinblick auf weitere Zusammenhänge ziehen zu können. Experimentelle Praktiken entstehen historisch gemeinsam mit Begriffen und Repräsentationsweisen in einem Wechselspiel, in dem diese Elemente so lange variiert werden, bis Experiment und Theorie zusammen passen und sich gegenseitig stabilisieren. Experimente sind damit nicht als Verfahren der Gewinnung von vortheoretischen Daten zu deuten und auch nicht im Sinne bloßer Hypothesenüberprüfung zu verstehen.

Die Nutzung der in Kapitel 1.4 aufgeführten Heuristik kann erst sinnvoll beginnen, wenn die Person, die diese Heuristik nutzt, bereits weiß, welche Phänomene als ähnlich aufzufassen sind, über die geeigneten Begriffe zur Identifikation charakteristischer Merkmale und spezifische Repräsentationsmittel verfügt und mit geeigneten experimentellen Praktiken bereits vertraut ist. Im Erwerb der hier aufgeführten Elemente naturwissenschaftlichen Denkens spielt sie dagegen kaum eine Rolle.

Aus wissenschaftsphilosophischer, -soziologischer und -historischer Perspektive bietet die Heuristik damit kaum eine Orientierung, um Kinder an naturwissenschaftliches Denken heranzuführen. Eine genauere Bestimmung, was naturwissenschaftliches Denken ausmacht, ist daher ein Desiderat sachunterrichtsdidaktischer und elementarpädagogischer Forschung. Die Schwierigkeit besteht dabei darin, dass in den genannten Disziplinen, die die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung erforschen, zwar für eine Vielzahl von historischen Beispielen die jeweils spezifischen theoretischen und praktischen Hilfsmittel untersucht wurden, damit aber insbesondere die Heterogenität des Vorgehens sichtbar wird.

Die Einsicht, dass es in dem Sinne, wie Rudolf Carnap und Karl Popper es sich vorgestellt haben, keine einheitliche naturwissenschaftliche Methode gibt, wird in der Regel gerade als ein zentrales Ergebnis der Historisierung der Analyse naturwissenschaftlicher Erkenntnisge-

winnung betrachtet (Hacking 1983/1996, 22; Rheinberger 2007, 93f.). Es ist daher nicht verwunderlich, dass der Versuch, ein einheitliches Bild von der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zu finden, im aktuellen Diskurs der Philosophie, Soziologie und Geschichte nicht als relevante Aufgabe gesehen wird. Relevant wird diese Frage erst im Kontext der Zielbestimmung naturwissenschaftlicher Bildung und ist damit derzeit eine genuin fachdidaktische bzw. elementarpädagogische Aufgabe.

## 1.6 Aufbau der Arbeit

In Kapitel 1.4 und 1.5 habe ich exemplarisch am Beispiel Ramsegers erläutert, inwiefern seine Position als Antwort auf die Frage, was naturwissenschaftliches Denken ausmacht, gedeutet werden kann und inwiefern diese Antwort als unzureichende Basis für eine Konzeption naturwissenschaftlicher Bildung im Elementar- und Primarbereich zu bewerten ist. Und ich habe erläutert, dass dieser Einwand sich zum einen auch auf andere Konzeptionen im Elementar- und Primarbereich übertragen lässt und sich zum anderen durch jüngere Resultate naturwissenschaftsdidaktischer Forschung und insbesondere durch wissenschaftsphilosophische, -historische und -soziologische Forschung erhärten lässt.

Da eine unzureichende Antwort auf die Frage 1 sich auch auf die Beantwortung der übrigen Fragen auswirkt, gehe ich davon aus, dass die Beantwortung der Fragen 1 bis 5 insgesamt als Desiderat sachunterrichtsdidaktischer und elementarpädagogischer Forschung zu betrachten ist.

Entsprechend besteht die Arbeit aus zwei Teilen. In den Kapiteln 3 und 4 werden zunächst die einschlägigen Diskurse daraufhin analysiert, welche Antwort auf die Frage 1 sie enthalten und inwiefern diese Antworten als unzureichende Basis für eine Konzeption naturwissenschaftlicher Bildung im Elementar- und Primarbereich, die am Ziel der Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung ausgerichtet ist, zu bewerten sind. Die psychologischen, fachdidaktischen und elementarpädagogischen Diskurse (Kapitel 4) werden darüber hinaus auch daraufhin analysiert, wie das Denken von Kindern im Hinblick auf Naturphänomene charakterisiert wird, da eine Antwort auf diese Frage, eine Voraussetzung dafür darstellt, die Frage 3 zu beantworten. Die Analyse der Diskurse im Hinblick auf die Fragen, was naturwissenschaftliches Denken ausmacht und was das Denken von Kindern im Hinblick auf Naturphänomene ausmacht, lässt sich dabei nicht voneinander trennen, da in der Forschung zum Denken von Kindern im Hinblick auf Naturphänomene häufig eine bestimmte Antwort auf die Frage, was naturwissenschaftliches Denken ausmacht, vorausgesetzt wird.

In Kapitel 3 wird zunächst der deutschsprachige Diskurs über Bildung für eine nachhaltige Entwicklung und der englischsprachige Diskurs über „education for sustainable development“ analysiert. Da beide Diskurse auf dem Diskurs zur „Nachhaltigen Entwicklung“ bzw. „sustainable development“ beruhen, beginnt die Analyse mit diesem (Kapitel 3.1). Dann wird geprüft, wie das übergeordnete Ziel der Befähigung zur Mitgestaltung einer nachhaltigen Entwicklung in Form von Teilzielen operationalisiert wird, welche Rolle dabei naturwissenschaftlicher Bildung zugesprochen wird, welche Anforderungen sich aus dem Diskurs im Hinblick auf naturwissenschaftliche Bildung ableiten lassen und wie naturwissenschaftliches Denken dabei gefasst wird.

In Kapitel 4 werden die deutschsprachigen Diskurse der Sachunterrichtsdidaktik (Kapitel 4.3) und der Elementarpädagogik (Kapitel 4.4) analysiert. Beide Diskurse beziehen sich ausgiebig auf die Entwicklungspsychologie. Daher beginnt das Kapitel mit der Analyse der

Entwicklungspsychologie auf die Frage hin, wie das Denken von Kindern im Hinblick auf Naturphänomene charakterisiert wird und wie dabei naturwissenschaftliches Denken gefasst wird (Kapitel 4.1). Insbesondere die Sachunterrichtsdidaktik bezieht sich seit ihrem Bestehen immer wieder auf Resultate aus den naturwissenschaftlichen Didaktiken. Daher werden zunächst die Diskurse in der angelsächsischen Forschung zur „science education“ und in den deutschsprachigen naturwissenschaftlichen Didaktiken im Hinblick darauf untersucht, wie die Ziele naturwissenschaftlichen Unterrichts bestimmt werden, wie naturwissenschaftliches Denken dabei gefasst wird und wie das Alltagsdenken von Kindern und Laien im Hinblick auf Naturphänomene gefasst wird (Kapitel 4.2).

Auf dieser Grundlagen wird dann die Sachunterrichtsdidaktik (Kapitel 4.3) und die Elementarpädagogik (Kapitel 4.4) daraufhin analysiert, wie die Ziele naturwissenschaftlicher Bildung in diesen Bereichen jeweils gefasst werden, wie dabei naturwissenschaftliches Denken und wie das Denken von Kindern im Hinblick auf Naturphänomene gefasst wird und welche Angebote und Maßnahmen vorgeschlagen werden, um naturwissenschaftliche Bildung jeweils zu ermöglichen.

Nachdem damit im ersten Teil der Arbeit gezeigt wurde, wie naturwissenschaftliches Denken in den einzelnen analysierten Diskursen gefasst wird, inwieweit dies jeweils als unzureichende Basis für die Konzeption naturwissenschaftlicher Bildung zu bewerten ist und wie das Denken von Kindern im Hinblick auf Naturphänomene charakterisiert wird, werden im zweiten Teil der Arbeit, in Kapitel 5 und 6, die Fragen 1 bis 5 beantwortet.

In Kapitel 5 wird die Frage 1, was naturwissenschaftliches Denken ausmacht, unter Rekurs auf die in Kapitel 1.5 dargestellten Perspektiven aus der Wissenschaftsphilosophie und -geschichte beantwortet. Dabei werden zunächst, aufgrund eines kulturvergleichenden Ansatzes aus der Philosophie, wesentliche Elemente naturwissenschaftlichen Denkens identifiziert. Diese Elemente werden dann in ihrer Genese in der euklidischen Geometrie (Kapitel 5.1), bei Platon (Kapitel 5.2), Aristoteles (Kapitel 5.3), Galilei (Kapitel 5.4) und Darwin (Kapitel 5.5) analysiert und mit dem traditionellen Denken in der chinesischen Philosophie kontrastiert (Kapitel 5.6). Damit werden die Fragen 1 und 2 beantwortet (Kapitel 5.7).

In Kapitel 6 werden dann die Fragen 3 bis 5 beantwortet. Die Ergebnisse zum Denken von Kindern in Kapitel 4 und zu den Zielen naturwissenschaftlicher Bildung, wie sie in den in Kapitel 3 und 4 analysierten Diskursen gefasst werden, werden dabei auf Basis der Antworten auf die Fragen 1 und 2 reinterpretiert.

In Kapitel 2 wird das methodische Vorgehen erläutert. Abschließend wird in Kapitel 7 ein Fazit gezogen und ein Ausblick auf die sich aus den Resultaten dieser Arbeit ergebenden Desiderate, im Hinblick auf eine Konzeption naturwissenschaftlicher Bildung im Elementar- und Primarbereich, gegeben.





## 2 Zum methodischen Vorgehen

Diese Arbeit soll einen Beitrag zu einer Konzeption naturwissenschaftlichen Bildung im Elementar- und Primarbereich, die am Ziel der Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung orientiert ist, bieten. Es handelt sich dabei um einen theoretischen Beitrag. Im Mittelpunkt steht eine Beantwortung der Frage, was naturwissenschaftliches Denken ausmacht, mit der Anspruch verbunden ist, insofern über bisherige Antworten hinauszugehen, als sie Einwände, die in dieser Arbeit gegen bisherige Antworten vorgebracht werden, berücksichtigt und überwindet. Für die Zielbestimmung einer solchen naturwissenschaftlichen Bildung ist dabei relevant, inwieweit Kinder zu einem solchen Denken in der Lage sind und in welcher Form sie daran herangeführt werden können. Dazu werden empirische Ergebnisse zum Denken von Kindern und zu geeigneten pädagogischen Maßnahmen herangezogen.

Die Methode besteht bei einem solchen Vorgehen darin, bestehende Positionen, zu den in Kapitel 1.1 aufgeführten Forschungsfragen, daraufhin zu prüfen, inwieweit sie überzeugend sind. Das Vorgehen ist damit ein genuin philosophisches. Geprüft werden dabei zum einen die Argumente, die in der Beantwortung der Frage vorgebracht werden. Den Begriff des Arguments verwendet ich dabei so wie es in der Philosophie üblich ist unter Rekurs auf die von Aristoteles begründete und von Gottlob Frege wesentlich erweiterte formale Logik<sup>7</sup>. Ein Argument besteht danach aus einer Reihe von Annahmen, die als Prämissen bezeichnet werden, aus denen eine Schlussfolgerung abgeleitet wird. Die Güte eines Arguments kann in zwei Hinsichten beurteilt werden. Zum einen im Hinblick auf die Schlüssigkeit des Arguments. Diese wird so definiert, dass ein Argument genau dann schlüssig ist, wenn es unmöglich ist, dass die Prämissen wahr sind und die Konklusion falsch ist, es also nicht möglich ist, dass aus wahren Prämissen eine falsche Schlussfolgerung gezogen werden kann.<sup>8</sup> Wenn ein Argument schlüssig ist, kann die Wahrheit der Schlussfolgerung dann noch dadurch angezweifelt werden, dass die Wahrheit einer der Prämissen angezweifelt wird. Das geschieht am einfachsten, indem ein Beispiel angegeben wird, das die in Zweifel gezogene Prämisse widerlegt. Daneben können Positionen oder Theorien über einen Gegenstandsbereich auch daraufhin geprüft werden, ob sie widerspruchsfrei sind. Lassen sich zwei Schlussfolgerungen, die einander widersprechen, ableiten, so muss die Position oder Theorie an irgendeiner Stelle so korrigiert werden, dass der Widerspruch nicht mehr auftritt. Dies geschieht häufig unter Rekurs auf ein Beispiel, an dem ein solcher Widerspruch abgeleitet werden kann, wenn

<sup>7</sup> Aristoteles entwickelt die Logik in den „Kategorien“, „De interpretatione“ und den „Analytiken“. Freges zentrales Werk, das als Begründung der modernen Logik beurteilt wird, ist seine „Begriffsschrift“. Einen detaillierten Überblick über die Geschichte der formalen Logik bieten William Kneale und Martha Kneale in „The development of logic“ (1962/1984). Die heute übliche kanonisierte Form findet sich beispielsweise in Willard van Orman Quines „Grundzüge der Logik“ (1956/1990), Edward John Lemmons „Beginning logic“ (1965/1992) oder in Graeme Forbes „Modern Logic“ (1994).

<sup>8</sup> Das berühmteste Beispiel ist der „modus ponendo ponens“. Ein Beispiel wäre 1. Wenn es regnet, wird die Straße nass. 2. Es regnet. Also 3. Die Straße wird nass.

die Position oder Theorie darauf angewendet wird. Diese Sicht vom Vorgehen ist dabei als Idealbild zu verstehen, an dem ich mich orientiere. Selbst Aristoteles hat seine Logik nicht explizit als Methode genutzt, um in einem neuen Gegenstandsbereich zu neuen Einsichten zu kommen, sondern als Theorie darüber, wie sich die Gültigkeit von Schlussfolgerungen systematisch verstehen lässt (vgl. Ackrill 1985). Das Vorbild war die euklidische Geometrie, in der notwendig wahre allgemeingültige Aussagen möglich sind, und das Ziel war es, zu zeigen, wie es auch außerhalb der Geometrie möglich ist, zu notwendigen allgemeingültigen Aussagen zu kommen. Tatsächlich gibt es im theoretischen Vorgehen häufig Probleme, bei denen die formale Logik in der klassischen Form als unpassend erscheint. Beispielsweise, wenn die betrachteten Aussagen gar nicht nur als wahr oder falsch beurteilt werden können, sondern als mehr oder weniger passend, oder als mehr oder weniger wahrscheinlich, was zur Entwicklung mehrwertiger Logiken geführt hat. Oder wenn es um Aussagen geht, die die Möglichkeit oder Notwendigkeit eines Sachverhaltes betreffen, was zur Entstehung der Modallogik führte. Solche Logiken sind dann schnell so kompliziert, dass sie wenig handlich sind.<sup>9</sup> Letztlich ist es in der Philosophie so, wie es Thomas Kuhn (1970/1976) auch im Hinblick auf die Naturwissenschaft beschrieben hat. Die Einführung ins Philosophieren geschieht anhand von Beispielen und das Vorgehen wird dann auf neue Problemstellungen übertragen. Ein Bewusstsein davon, welche abstrakten Prinzipien dabei verwendet werden, ist dabei nicht zwingend erforderlich. Die Schwierigkeit besteht dabei insbesondere darin, dass die Frage nach der Methode des Philosophierens schnell auf erkenntnistheoretische Grundfragen führt, die unterschiedlich beantwortet werden. Das zeigt sich beispielsweise an Jay Rosenbergs Monographie „Philosophieren“ (1984/1993), in dem er dem Novizen in der Philosophie, sehr viel detaillierter als ich es hier getan habe, erläutert, wie in der Philosophie vorgegangen wird. So rekurriert Rosenberg auf ein sehr spezifisches Verständnis philosophischer Erkenntnisgewinnung, indem er konstatiert, die Philosophie sei eine Disziplin, die nicht darauf aus sei, das Wissen über die Welt zu erweitern, sondern sie würde die rationalen Verfahrensweisen in den Naturwissenschaften, den Sozialwissenschaften, den Künsten, den Geisteswissenschaften und im täglichen Leben, rational untersuchen (ebd., 78). Das ist ein Verständnis der Philosophie, das in der analytischen Philosophie in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts dominant war<sup>10</sup>, aber im Jahre 1984 selbst innerhalb der analytischen Philosophie nicht mehr konsensfähig war<sup>11</sup>, auch wenn es sicherlich auch heute noch Vertreterinnen und Vertreter des Faches geben mag, die dies so sehen.

9 Das heißt nicht, dass es nicht Beispiele aus der Philosophiegeschichte gäbe, in denen die formale Logik auch explizit als Instrument der Argumentation herangezogen wird. Das zeigt sich insbesondere in den Ursprüngen der analytischen Philosophie bei Gottlob Frege oder Bertrand Russell und ein späteres berühmtes Beispiel ist die Kritik die Rudolf Carnap (1932/2004) an der Antrittsvorlesung Martin Heideggers („Was ist Metaphysik?“, 1929) geübt hat.

10 Insbesondere im Wiener Kreis, bei Karl Popper und paradigmatisch vielleicht in Ludwig Wittgensteins „Tractatus logico-philosophicus“ (1921/1984).

11 Das zeigt sich zum einen darin, dass führende Vertreter der analytischen Philosophie längst begonnen hatten, die traditionellen Themengebiete der Philosophie wieder zu entdecken, wie Peter Strawson mit „Individuals. An essay in descriptive metaphysics“ (1959/1993) im Hinblick auf die Metaphysik, Anthony Kenny mit „The god of the philosophers“ (1979) für die Religionsphilosophie und Bernard Williams mit „Morality“ (1972/1993) und schärfer noch mit „Ethics and the limits of philosophy“ (1985/1993) für die Ethik gezeigt haben. Williams kritisiert in der letzteren Arbeit explizit die rationalistische Konzeption der Rationalität in der analytischen Philosophie. Darüber hinaus sind auch einige zentrale Arbeiten zum Kerngebiet analytischer Philosophie, der Sprachphilosophie, schwerlich auf die rationale Analyse der Welterschließung in anderen Gebieten zu reduzieren, wie Ludwig Wittgensteins „Philosophische Untersuchungen“ (1953/1984), Saul Kripkes, gegenüber Gottlob Frege alterna-

Dennoch ist die Prüfung von Argumenten und der Kohärenz von Positionen ein zentrales Element eines philosophischen Vorgehens. Damit steht die prüfende Auseinandersetzung mit bestehenden Positionen, die von Expertinnen und Experten formuliert wurden oder sich im alltäglichen Denk- und Redeweisen finden, den Ausgangspunkt des Vorgehens dar. Das paradigmatische Beispiel für ein solches Vorgehen findet sich bei Aristoteles, der zu jedem Gegenstand, mit dem er sich auseinandersetzt, sowohl die Positionen seiner Vorgänger als auch das Alltagsverständnis zunächst heranzieht (Ackrill 1985; vgl. Kapitel 5.2). Eine andere Vorgehensweise wählte Platon, der seine Abhandlungen als Dialoge verfasste und dabei jeweils seinen philosophischen Lehrer Sokrates als literarische Gestalt mit einer literarischen Figur, die häufig wieder nach einem realen Vorbild gestaltet war, argumentieren ließ (Bormann 1987). Diese Form findet sich auch bei Galileo Galilei, der seine wichtigsten Werke in Form von Dialogen dreier Figuren, von denen eine die Position des Aristoteles referiert, eine Figur seine eigene Position darlegt und eine dritte „neutrale“ Figur sich davon überzeugen lässt, dass Galileis Position die richtige ist (vgl. Kapitel 5.4). Diese Variante ist in der Philosophie heute nur noch selten zu finden. Auch hier aber bilden Argumente, die kritisch hinterfragt werden, den Ausgangspunkt der philosophischen Arbeit.

Im Unterschied zur Situation bei Aristoteles besteht der Ausgangspunkt heute aber nicht in einer überschaubaren Anzahl von an zwei Händen abzählbaren Einzelpositionen, sondern in einer unüberschaubaren Anzahl von Einzelpublikationen, deren Autorinnen und Autoren sich innerhalb von Forschungsgemeinschaften aufeinander beziehen. Um diese Ausgangslage systematisch anzugehen, orientiere ich mich am Diskursbegriff Michel Foucaults, wie er ihn in „Sexualität und Wahrheit 1. Der Wille zum Wissen“ (1976/2003) verwendet hat.

Ich fasse die in Kapitel 1.3 aufgeführten Beobachtungen als Praktiken (des Begründens und Gestaltens von Bildungsgelegenheiten) auf, die sich aus diskursiven Zusammenhängen verstehen lassen. Im ersten Teil der Arbeit (Kapitel 3 und 4) geht es daher zunächst darum, diese Praktiken aus den erziehungswissenschaftlichen und psychologischen Diskursen, in die diese Praktiken eingebunden sind, zu verstehen. Daher analysiere ich einerseits diejenigen erziehungswissenschaftlichen Diskurse zur Zielbestimmung von Bildungs- und Lernprozessen, die am Ziel der Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung ausgerichtet sind, die sich auf Prozesse naturwissenschaftlicher Bildung beziehen oder die sich auf die Naturbegegnung von Kindern im Elementar- oder Primarbereich beziehen. Und andererseits die psychologischen, fachdidaktischen und elementarpädagogischen Diskurse, die sich auf das Denken von Kindern im Hinblick auf Naturphänomene oder auf geeignete Maßnahmen, um Kinder an ein Nachdenken über Naturphänomene heranzuführen, beziehen.

Damit soll zum einen gezeigt werden, wie sich diese Praktiken aus den Diskursen heraus verstehen lassen, aber auch, inwiefern in diese Diskurse eingegriffen werden muss, um diese Praktiken zu verändern.

In „Der Wille zum Wissen“ arbeitet Foucault am Beispiel der Sexualität heraus, dass seit dem 17. Jahrhundert in der Sexualität individuelle Praktiken mit bestimmten Weisen der Thematisierung (Hysterisierung des weiblichen Körpers, Pädagogisierung des kindlichen Sexes, Sozialisierung des Fortpflanzungsverhaltens, Psychiatrisierung der perversen Lust; ebd., 103f.) und mit bestimmten Institutionen (Familie, Schule, Psychiatrie, Gerichte, Bevölkerungspolitik) zusammenhängen. Im Feld der Sexualität entstünden so spezifische Subjektivierungs-

---

tive Konzeption der Referenz von Eigennamen, „Naming and necessity“ (1972/1993) und die Sprechakttheorie von John Austin (1956/1976) und John Searle (1969) belegen.

formen, die als Machteffekte des Sexualitätsdispositivs zu verstehen seien. Die oben genannten Thematisierungsweisen versteht er dabei als „strategische Komplexe“ (ebd.), die das Sexualitätsdispositiv ausmachen und an denen sich verstehen lässt, wie es zu spezifischen Subjektivierungen kommt, die sich in individuellen Praktiken und Denkweisen ausdrücken. Den Diskursbegriff verwendet Foucault sowohl für die spezifischen Thematisierungsweisen, die sich in individuellen und institutionellen Praktiken spiegeln als auch für das Sprechen über Sexualität im Ganzen (ebd., 24 und 57). Eine Diskursanalyse ist bei Foucault eine komplexe Angelegenheit, da er die Subjektivierungsformen, die Thematisierungsweisen und die individuellen und institutionellen Praktiken anhand historischer Dokumente erst herausarbeiten muss. Er charakterisiert sein Vorgehen auch als genealogisch (ebd., 118; vgl. Foucault 1992, 37), da er die Thematisierungsweisen auf ihre Entstehung zurückverfolgt und er sucht gezielt nach „Bruchstellen“ (Foucault 1976/2003, 114) oder „Bruchlinien“ (Foucault 1992, 35) an denen solche Thematisierungsweisen entstehen und an denen Akzeptanzschwierigkeiten sichtbar werden und so auch die Willkürlichkeit der in den Thematisierungsweisen zum Ausdruck kommenden Erkenntnisse sichtbar wird. Foucault interessiert sich damit weniger als Aristoteles für die Frage, welche Aussagen im Hinblick auf seinen Gegenstandsbereich wahr sind, sondern dafür, wie bestimmte Aussagen über einen Gegenstand und das Fürwahrhalten dieser Aussagen zustande kommt und welche Effekte es hat. Und dabei eben auch dafür, mit welchen Praktiken es zusammenhängt.

Die Situation ist im Rahmen dieser Arbeit sehr viel überschaubarer. Die Praktiken, deren Zusammenhang mit spezifischen Thematisierungsweisen bzw. Diskursen ich untersuche, sind in Kapitel 1.3 bereits beschrieben. Spezifische Subjektivierungsweisen sind nicht Gegenstand dieser Arbeit.<sup>12</sup> Und die Diskurse, die ich untersuche, beinhalten Thematisierungsweisen, die sich innerhalb der Publikationen von Forschungsgemeinschaften zeigen.

Entsprechend werden in den Kapiteln 3 und 4 die Diskurse von Forschungsgemeinschaften, die als relevant für die Fragestellungen dieser Arbeit identifiziert wurden, auf diejenigen Thematisierungsweisen hin untersucht, die sich zum einen darauf, wie das Denken von Kindern im Hinblick auf Naturphänomene gefasst wird, und zum anderen darauf, wie naturwissenschaftliches Denken gefasst wird, interpretieren lassen. Um solche Thematisierungsweisen zu identifizieren, konnte insbesondere im Hinblick auf angelsächsische Diskurse auf aktuelle Handbücher zurückgegriffen werden. Diese sind jeweils mit dem Anspruch verfasst worden, den gegenwärtigen Stand einer Disziplin zusammenzufassen und bestehen aus einer Vielzahl einzelner Artikel. In den herangezogenen Handbüchern werden die Beiträge in der Regel von Personen verfasst, die für das jeweilige Gebiet als ausgewiesene Expertinnen und Experten gelten und wenn es zu bestimmten Fragen widerstreitende Positionen gibt, werden meist Vertreterinnen und Vertreter beider Seiten berücksichtigt. Für den englischsprachigen Diskurs über „education for sustainable development“ wurde das „International handbook of research on environmental education“ (Stevenson, Brody, Dillon & Wals 2013) herangezogen. Für den Diskurs der Entwicklungspsychologie wurde „The Wiley-Blackwell handbook of childhood cognitive development“ (Goswami 2014) und für den englischsprachigen Diskurs über „science education“ wurde das „Handbook of research on science education“ (Lederman & Abel 2014) herangezogen. Aufgrund der Orientierung am genealogischen Vorgehen bei Foucault habe ich zu den jeweils herangezogenen Handbuchartikeln dann

<sup>12</sup>Die mit naturwissenschaftlichem Unterricht im Sinne Foucaults verbundenen Subjektivierungsweisen sind von Horst Rumpf bereits in „Die übergangene Sinnlichkeit“ (1981) herausgearbeitet worden.

ergänzend auch die Quellen für Denkfiguren, im Hinblick auf die jeweilige Frage, nach dem Ziel von Bildungsprozessen, dem Wesen naturwissenschaftlicher Denkweisen und dem Denken von Kindern im Hinblick auf Naturphänomene, hinzugezogen. Weitere Quellen, die in den Quellen der Handbuchartikel herangezogen werden, habe ich dann nicht berücksichtigt, wenn sie im jeweiligen Handbuchartikel keine Rolle spielen, um so ein sinnvolles Abbruchkriterium für die weitere Suche nach Literatur zu haben und den Rahmen der Arbeit nicht zu sprengen.

Eine andere Möglichkeit, um die zentralen Thematisierungsweisen eines Diskurses im Hinblick auf ein Thema herauszuarbeiten, besteht im Rekurs auf umfangreiche Monographien, die den Anspruch haben, einen Diskurs im Hinblick auf die für ihre Fragestellung relevanten Elemente zu berücksichtigen.

Dieses Vorgehen habe ich bei den deutschsprachigen Diskursen über „Bildung für eine nachhaltige Entwicklung“ und bei den naturwissenschaftlichen Didaktiken verfolgt. Als zentrale Monographie für den deutschsprachigen Diskurs über Bildung für einen nachhaltige Entwicklung habe ich das Gutachten „Bildung für eine nachhaltige Entwicklung“, das Gerhard de Haan und Dorothee Harenberg (1999) für die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) verfasst haben und das die Grundlage für die BLK Projekte „21“ und „Transfer 21“ darstellt, identifiziert. Diese Monographie fasst nicht einen Diskurs zusammen, sondern begründet ihn systematisch. Wegen der Rolle als zentralem Bezugspunkt für den deutschsprachigen Diskurs wurde diese Konzeption, die Gerhard de Haan mit verschiedenen Kolleginnen und Kollegen auch weiter entwickelt hat (vgl. Kapitel 3.2), in den Mittelpunkt der Analyse gestellt und im Wesentlichen um eine Analyse der jüngeren Monographie von Christine Künzli David (2007) ergänzt.

Im Hinblick auf die deutschsprachigen Diskurse naturwissenschaftlicher Bildung war der Startpunkt der Analyse meine Kenntnis der großen Rolle, die Martin Wagenschein für die deutschen Diskurse lange Zeit gespielt hat und insbesondere in der Sachunterrichtsdidaktik immer noch spielt (vgl. für den Sachunterricht: Möller 2015; für die Physikdidaktik: Euler 2013). Als jüngere Monographie, die Wagenscheins Ansatz systematisch berücksichtigt, eine Zielbestimmung naturwissenschaftlicher Bildung zum Gegenstand hat und im Diskurs der naturwissenschaftlichen Didaktiken eine belegbare Rolle spielt, habe ich die Monographie von Heinz Muckenfuß „Lernen im sinnstiftenden Kontext“ identifiziert. Bei Muckenfuß findet sich dann auch die Denkfigur des Scheiterns naturwissenschaftlichen Unterrichts, die sich bei Wagenschein nachweisen lässt und heute bei Peter Euler (2013) und Harald Bierbaum (2013) eine zentrale Rolle spielt. Und bei diesen drei Autoren lässt sich mit der gesellschaftlichen Bedeutung der Naturwissenschaft dann auch die Denkfigur zum Scheitern naturwissenschaftlichen Unterrichts identifizieren, die sich so bei Wagenschein nicht findet. Die Orientierung am genealogischen Vorgehen bei Foucault bringt es auch mit sich, dass ich an einigen Stellen den engeren disziplinären Diskurs verlasse, wenn sich zeigt, dass Denkfiguren eine größere Rolle spielen, die innerhalb des jeweiligen Diskurses nicht eigenständig begründet werden, sondern jeweils auf Arbeiten in anderen Diskursen verwiesen wird. So im Diskurs über „education for sustainable development“, wenn die Theorie transformativen Lernens von Jack Mezirow herangezogen wird und sich dann auch noch zeigt, dass dieser wiederum an zentraler Stelle auf Jürgen Habermas und Gregory Bateson Bezug nimmt (vgl. Kapitel 3.6). Oder im Falle der naturwissenschaftlichen Didaktiken, wenn in der Bestimmung der gesellschaftlichen Bedeutung der Naturwissenschaft immer wieder ebenfalls auf Habermas Bezug genommen wird.