

Marcus Rauterberg
Gerold Scholz (Hrsg.)

herausgegeben von: Stine Albers, Linya Coers, Michael Gebauer, Andreas Hartinger, Lydia Murmann,
Detlef Pech, Gerold Scholz, Claudia Schomaker & Karen Weddehage

Umgangsweisen mit Natur(en)
in der Frühen Bildung III

Über Naturkunde und Naturwissenschaft

Marcus Rauterberg/Gerold Scholz (Hrsg.)

**Umgangsweisen mit Natur(en) in der Frühen Bildung III
Über Naturwissenschaft und Naturkunde**

**www.widerstreit-sachunterricht.de
beiheft 12
2018**

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme
Ein Titelsatz für diese Publikation ist bei der Deutschen Bibliothek erhältlich

2018 □ by www.widerstreit-sachunterricht.de

Das Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne
Zustimmung der Herausgeber unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für
Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und
Verarbeitung in elektronischen Medien.

Herstellung: Marcus Rauterberg

Umschlagsgestaltung: Andrei See (stengelas@gmx.de), Detlef Pech

Druck: H. Heenemann

Printed in Germany 2018

ISSN 1860-1251

Vorwort der Reihenherausgeber_innen

www.widerstreit-sachunterricht.de ist als Online-Fachzeitschrift für den Sachunterricht seit Januar 2003 verfügbar. Die Zeitschrift bietet Raum für Diskussionsbeiträge, die Veröffentlichung von Forschungsergebnissen und für grundlegende, theoretische Überlegungen zum Sachunterricht sowie für externe Diskurse, die auf den disziplinären Diskurs bezogen werden könnten oder sollten. Es scheint uns allerdings wünschenswert über die Zeitschrift und das mit ihr verbundene Artikelformat hinaus, auch umfassendere sowie thematisch zusammenhängende Beiträge zum gegenwärtigen Diskurs des Sachunterrichts in ansprechender Form veröffentlichen zu können.

Mit den beiheften ist für dieses Anliegen ein Format gefunden. Die wechselnden Thematiken spiegeln die Breite der Diskurse zum Sachunterricht und leisten zugleich einen relevanten Beitrag zu seiner Entwicklung. Erschienen sind bislang:

- „Interkulturelles Lernen im Sachunterricht – Historie und Perspektiven“ von Katharina Stoklas (2004)
- „Zeit des Lernens“ herausgegeben von Kristin Westphal (2005)
- „Möglichkeiten und Relevanz der Auseinandersetzung mit dem Holocaust im Sachunterricht der Grundschule“ herausgegeben von Detlef Pech, Marcus Rauterberg und Katharina Stoklas (2006)
- „Sachunterricht als wissenschaftliche Disziplin“ herausgegeben von Detlef Pech und Marcus Rauterberg (als extra-beiheft 2007)
- „Sachunterrichtsdidaktische Entwicklungsforschung. Kriterien und Konkretionen: Ein Lehr- und Forschungsprojekt“ herausgegeben von Detlef Pech, Marcus Rauterberg und Kerstin Schmidt (2007)
- „Auf den Umgang kommt es an. „Umgangsweisen“ als Ausgangspunkt einer Strukturierung des Sachunterricht – Skizze der Entwicklung eines „Bildungsrahmens Sachlernen“ von Detlef Pech und Marcus Rauterberg (2008; 2. überarb. Aufl. 2013)
- „Archäologie des Sachunterrichts. Dokumentation der Serie von www.widerstreit-sachunterricht.de 2005-2007“ herausgegeben von Detlef Pech, Marcus Rauterberg und Gerold Scholz (2009)
- „Konzeptionen des Sachunterrichts in Europa“ herausgegeben von Detlef Pech, Marcus Rauterberg und Gerold Scholz (2010)
- „Kinder und Zeitgeschichte“ herausgegeben von Isabel Enzenbach, Detlef Pech und Christina Klätte (2012)
- „Umgangsweisen mit Natur(en) in der Frühen Bildung“ herausgegeben von Marcus Rauterberg und Svantje Schumann (2013)
- „Resonanzen – im Elementar- und Primarbereich. Hans-Joachim Fischer zur Pensionierung“, herausgegeben von Marcus Rauterberg (2015)
- „Umgangsweisen mit Natur(en) in der Frühen Bildung, Band II“ herausgegeben von Lena Kraska, Gerold Scholz und Ulrich Wehner (2016)

Auch einige der älteren beihefte können weiterhin auch als gedrucktes Exemplar zum Selbstkostenpreis bestellt werden.

Stine Albers, Linya Coers, Michael Gebauer, Andreas Hartinger, Lydia Murmann, Detlef Pech, Gerold Scholz, Claudia Schomaker, Karen Weddehage

Augsburg, Berlin, Bremen, Frankfurt a.M., Halle, Hannover, Osnabrück & Vechta im Februar 2018

Vorwort der Herausgeber

*Auf der Karibikinsel Dominika trägt ein Bach den Namen „Champagne“
Entsprechend schmeckt das Wasser.*

Dieses dritte Beiheft in der Reihe „*Umgangsweisen mit Natur(en) in der Frühen Bildung*“ versammelt Beiträge aus dem Kontext der Tagung „*Über Naturkunde und Naturwissenschaft*“. Primär geht es um die Frage der Unterscheidung von Naturwissenschaft und Naturkunde (Knobloch, Kosler). Bearbeitet wurde diese Differenz im Hinblick auf die didaktische Arbeit mit Kindern im Elementar- und Primarbereich: Was bedeutet es, Naturwissenschaft zum Lehrgegenstand zu machen, und was bedeutet es, Naturkunde zum Lehrgegenstand zu machen? In ihren Einschätzungen zeigt sich zwischen den eher fachdidaktischen (Kosler, Gröger/Janssen/Wurm) und den eher erziehungswissenschaftlichen (Scholz, Rauterberg) Positionen eine deutliche Kontroverse, die sich auch im Vorfeld der Entwicklung von Unterrichtsmedien für den Sachunterricht finden lässt (Lange).

Ein zentraler Satz der Einladung zu der Tagung lautete:

„Konzeptionell geht es um die Abklärung der Frage, ob nicht naturkundliche und naturgeschichtliche Forschungsmethoden weitaus besser als naturwissenschaftliche geeignet sein können, mit Kindern Fragen des Umgangs mit und der Interpretation von Natur zu bearbeiten.“

Die Frage, worin sich Naturwissenschaft und Naturkunde unterscheiden, beantwortet Eberhard Knobloch am Ende seines Beitrages:

„Es ist die Ausformulierung einer (mathematischen) Theorie, die die Naturwissenschaft von der Naturkunde trennt. Denn nur die Naturwissenschaft stützt sich auf eine Theorie. Es ist, allgemeiner gesprochen, der Unterschied zwischen Abstraktem und sinnlich Erfahrbarem.“ (Knobloch in diesem Band)

Knobloch orientiert sich hier an Alexander von Humboldts Arbeitsweise und Wissenschaftsverständnis. Etwas, das wir Naturkunde nennen können, konstituiert sich über das sinnliche Erfahren von Natur, Erfahren und Beschreiben von Phänomenen, Manipulieren von Gegenständen der Natur, aber auch im Durchführen einfacher Messungen wie z.B. der Temperatur oder des Luftdrucks.

Abstraktheit, im Sinne eines Verzichts auf alles Sinnliche zugunsten mathematisch beschreibbarer Gesetze, kommt dann der Naturwissenschaft zu; in dem Sinne, wie von Humboldt die Unterschiedlichkeit zwischen seiner Tätigkeit und der von Carl Friedrich Gauß beschreibt (vgl. Knobloch in diesem Band).

Thorsten Kosler reflektiert die Differenzierung von Knobloch und erarbeitet eine andere Unterscheidung bzw. ein anderes Alleinstellungsmerkmal der Naturwissenschaft. Referenzen für ihn sind Galilei und Darwin, mit denen er Repräsentationen in den Mittelpunkt der Naturwissenschaften stellt. Diese seien für Kinder nachvollziehbar und insofern wird Rauterbergs didaktische Position kritisiert wie auch die These, Naturkunde

sei eher als Naturwissenschaft für die Bearbeitung von Fragen des Umgangs mit und der Interpretation von Natur(en) geeignet.

Diese Problemstellung ist eine didaktische, die zunächst ausdrücklich nicht danach fragt, wie man Naturwissenschaften lehren und lernen kann, sondern nach Bearbeitungs- und Interpretationsmöglichkeiten von Natur mit Kindern. Welches Wissen von Natur, welche Haltung zur Natur intendiert ist, ist damit zunächst nicht festgelegt – unterschiedliche Positionen hierzu zeigt Scholz in seinem Beitrag angelehnt an Litt auf.

Ob man wissenschaftstheoretisch eine eindeutige Unterscheidung zwischen Naturwissenschaft und Naturkunde vornehmen kann, wird letztlich fraglich.

Als unumgängliche Aufgabe der Didaktik betrachtet dies mit dem Physikdidaktiker Erich Starauschek einer der Tagungsteilnehmer, um die eine und die andere Umgangsweise mit Natur im Hinblick auf ihre Tauglichkeit als Lehrgegenstand prüfen zu können.

Am Beispiel Wasser aufgezeigt: Auf die Frage, welche Farbe das Wasser hat, antwortete Hallier:

„Vollkommen reines Wasser, mag dasselbe nun fest oder flüssig sein, erscheint hellblau. Das ist um so mehr der Fall, je freier das Wasser von mineralischen Lösungen ist. Die gelösten Mineralsubstanzen geben dem übrigens völlig reinen Wasser ein hellgrünes Kolorit. So ist es der Fall bei den meisten Wasserfällen. Ähnlich ist die Farbe des Meeres – nur dunkler. Die Farbe größerer Wasserflächen ist natürlicherweise größtenteils durch den Reflex des Himmels bestimmt; so z.B. die tiefblaue Farbe des Mittelmeeres und seiner Buchten. Bei Regenwetter scheint eine Wasserfläche grau, beim Heraufziehen eines Gewitters schwarz.“ (Hallier 1890, S. 201)

Hallier spricht vom sinnlichen Wasser, die Schule davon, dass Wasser geruch- und geschmacklos ist, die Chemie vom Oxyd des Wasserstoffs „H₂O“ – Schule, Chemie und Hallier sprechen nicht von dem selben Wasser. Geruch- und geschmackloses Wasser ist ein Produkt, das es nur im Reagenzglas gibt, H₂O ist kein phänomenales „Wasser“, sondern eine naturwissenschaftliche Definition.

Welches Wasser zeigen wir den Kindern in Kita und Grundschule? Welches können wir ihnen zeigen? Welches wollen wir ihnen zeigen? Von welchem nehmen wir an, sie können es lernen? Welches wollen wir ihnen jetzt zeigen, welches später? Von welchem nehmen wir an, ein Verständnis ist ihnen jetzt und im weiteren Leben dienlich?

Sicher gehört es zu den Aufgaben von Bildungseinrichtungen, zu lehren, was H₂O meint. Die Frage ist, was Kinder alles gelernt haben müssen, um zu verstehen, dass H₂O ein brauchbares und gültiges naturwissenschaftliches Modell darstellt, aber nicht phänomenales Wasser. Zu lehren ist, dass es „Wasser“ gibt und eine Vielfalt von Möglichkeiten, es zu beschreiben und theoretisch zu fassen.

Diese „Sachanalyse“ stellt in unserem Kontext die Frage, was „Natur“ ist und was folglich didaktisches Wissen über Natur sein mag. Die Frage so zu stellen, ermöglicht deutlich zu machen, dass sie nicht abschließend zu beantworten, ihre Antwort zeit- und kulturabhängig ist. Das bedeutet, dass der zeitlose Naturbegriff, den die Naturwissenschaftsdidaktik repräsentiert, nicht der einzig mögliche und seine Darstellung als einziger, fragwürdig ist. Anders formuliert: Es gab und gibt Kulturen ohne Naturwissenschaft, vermutlich gab es aber keine, die Natur nicht bearbeitet und gedeutet hat (vgl. Hall 1963, S. 11).

Angesichts einer überwiegenden Orientierung an Kompetenzen scheint es uns notwendig, an diese Sachanalyse zu erinnern – sie stellt das Sachlernen vor Herausforderungen.

Aus unserer Sicht hat die Tagung gezeigt, dass deutlich zwischen Überlegungen zum Lehren und Überlegungen zum Lernen unterschieden werden muss. Die entwicklungspsychologische Frage lautet, was können Kinder lernen; die didaktische, was sollen sie lernen, was also lehren wir sie. Letzteres ergibt sich nicht aus den Aneignungsmöglichkeiten von Kindern, sondern aus Erwägungen von Erwachsenen. Deren Grundlage besteht u.a. darin, zu klären, was der Gegenstand ist, über den etwas gelehrt werden soll.

Als Herausgeber dieses Bandes möchten wir uns ausdrücklich für die kontroversen Diskussionen mit den Autor_innen aller eingesandten Beiträge bedanken. Sie haben das Spektrum der Positionen erweitert, Positionen verdeutlicht, aber auch Grenzen des Widerstreits aufgezeigt.

Marcus Rauterberg & Gerold Scholz im März 2018

Literatur

- Hall, Rupert, A. (1963): Die Geburt der naturwissenschaftlichen Methode. Gütersloh: Mohn
Hallier, Ernst (1890): Ästhetik der Natur. Stuttgart: Ferdinand Enke
Knobloch, Eberhard (2018): Zum Verhältnis von Naturkunde/Naturgeschichte und Naturwissenschaft. Das Beispiel Alexander von Humboldt. (In diesem Band)
Kosler, Thorsten (2018): Zur Abgrenzung von Naturkunde und Naturwissenschaft und ihrer Bedeutung für die Sachunterrichtsdidaktik. (In diesem Band)

Inhalt

| | |
|--|----|
| Die Autor_innen | 11 |
| Eberhard Knobloch <i>Zum Verhältnis von Naturkunde/Naturgeschichte und Naturwissenschaft. Das Beispiel Alexander von Humboldt</i> | 13 |
| Marcus Rauterberg <i>Naturkunde und Naturwissenschaft im Sachlernen der Elementar- und Primarstufe</i> | 37 |
| Gerold Scholz <i>Natur und Bildung – Skizzen einer Beziehung</i> | 53 |
| Thorsten Kosler <i>Zur Abgrenzung von Naturkunde und Naturwissenschaft und ihre Bedeutung für die Sachunterrichtsdidaktik</i> | 59 |
| Martin Gröger/Mareike Janssen/Katharina Wurm <i>Wie man mit Lehm den Weg zu den kleinsten Teilchen bahnen kann</i> | 71 |
| Jochen Lange <i>Möglichkeiten der Naturbegegnungen in bildungswirtschaftlicher Verhandlung Eine Praxisanalyse</i> | 81 |

Die Autor_innen

Martin Gröger

ist Professor für Didaktik der Chemie an der Universität Siegen. Hier hat er die Schülerlabor Science Forum, Freilandlabor FLEX und chem trucking eingerichtet. Seine Forschungsgebiete sind insbesondere „Außerschulisches Lernen im Schülerlabor“ und das Themenfeld „Chemie und Natur“.

Mareike Janssen

ist Dozentin im Fachbereich Chemiedidaktik der Universität Siegen. Sie betreut Veranstaltungen für Sachunterrichtsstudierende und leitet das Freilandlabor FLEX. Dabei interessiert sie sich insbesondere für die Vorteile, die eine kombinierte Vermittlung chemischer und biologischer Phänomene mit sich bringt.

Eberhard Knobloch, Prof. Dr.

Professor für „Geschichte der exakten Wissenschaften und der Technik“ am „Institut für Philosophie, Literatur-, Wissenschafts- und Technikgeschichte“ der Technischen Universität Berlin. Eberhard Knobloch ist Mitglied nationaler und internationaler Akademien, (Mit-)Herausgeber einer Reihe von Büchern und Zeitschriften; Vorsitzender des Beirates der Alexander von Humboldt Forschungsstelle der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften

Kosler, Thorsten, Dr.

ist Hochschulprofessor für Fachdidaktik Naturwissenschaften (Schwerpunkt Primarstufe) an der Pädagogischen Hochschule Tirol. Er leitet die Arbeitseinheit Sachunterricht im Verbund der Lehrer_innenbildung West in Österreich. Forschungsschwerpunkt: Naturwissenschaftliches und gesellschaftswissenschaftliches Denken im Sachunterricht.

Lange, Jochen, Dr.

promovierte innerhalb der Grund- und Vorschulpädagogik an der Universität Siegen. Als wissenschaftlicher Mitarbeiter forscht er derzeit im DFG-Projekt „Von der Testphase zum Feldversuch. Die Verwendung didaktischer Objekte im schulischen Unterricht“.

Marcus Rauterberg, Dr. phil. und staatlich anerkannter Erzieher

arbeitet im Bildungsbereich Welterkunden im Studiengang „Frühkindliche Bildung und Erziehung“ an der PH Ludwigsburg und ist Mitinitiator der Tagungsreihe „Umgangsweisen mit Natur(en)“.

Gerold Scholz, Prof. Dr.

Universitätsprofessor (i.R.) am Fachbereich Erziehungswissenschaften der Goethe-Universität Frankfurt am Main. Unter anderem: Mitinitiator der Tagungsreihe „Umgangsweisen mit Natur(en)“.

Katharina Wurm

ist Diplom-Biologin und Lehrerin mit den Fächern Chemie und Biologie. Sie war viele Jahre im Freilandlabor FLEX der Universität Siegen tätig und forschte dort schwerpunktmäßig zu Lehm als Lerngegenstand.

Eberhard Knobloch

Zum Verhältnis von Naturkunde/Naturgeschichte und Naturwissenschaft

Das Beispiel Alexander von Humboldt

Im oberfränkischen Arzberg liest man auf einer Tafel an der Wand eines Gasthauses: „Hier wohnte Alexander v. Humboldt 1792-1798“. Diese Nachricht hat tatsächlich einen wahren Kern, da Humboldt in den sechs Jahren immer wieder eine Zeitlang in Arzberg gewesen ist. Aber als Leiter des Bergbaus in den fränkischen Fürstentümern Ansbach und Bayreuth war er viel in dieser Zeit unterwegs, in Bayreuth, in Oberitalien, in den schweizerischen und den französischen Alpen. Ende 1796 schied er aus den preußischen Diensten nach dem Tod seiner Mutter aus. Die Nachricht stützt sich also wenigstens teilweise auf Fakten.

Schlechter steht es mit Mitteilungen, die die Berliner Tageszeitung „Der Tagesspiegel“ 2009 und 2011 verbreitete. Am 28. September 2009 hieß es dort im Werbetext eines Buches von Hazel Rosenstrauch:

„Wahlverwandt und ebenbürtig: Alexander von Humboldts Persönlichkeit ist nicht denkbar ohne seine Frau, Caroline von Dacheröden, Mutter seiner fünf Kinder. Eine Partnerin, die ihm an Weltneugier, Bildung, Kunstsinn und an tätiger Humanität ebenbürtig war.“

Haben wir also Alexander von Humboldt bisher völlig falsch eingeschätzt? War dieser ewige Junggeselle in Wahrheit Familienvater? Oder wie steht es mit der folgenden Mitteilung derselben Tageszeitung vom 27. November 2011?

„Toter: Alexander von Humboldt 1769-1859 Nachlass: Schulden. Als der Naturforscher 1859 in Berlin starb, hatte er Schulden in Höhe von genau 1211 Reichstalern und 4 Silbergroschen, was damals fast fünf Jahresgehältern eines Schreiners entsprach. Die Summe beglich Humboldts langjähriger Gönner, König Friedrich Wilhelm VI.“

Von diesem preußischen König wussten wir bisher nur, dass es ihn nie gegeben hat. Wir haben es in beiden Fällen mit *fake news* zu tun, um es mit einem modischen Begriff zu sagen, auch wenn die Gründe – Druckfehler – trivial sind.

Im Folgenden soll es um Fakten gehen und um deren Zusammenstellung, nicht um Theorien, nicht, weil Alexander von Humboldt Theorien gering schätzte wie der Physiker Robert Wichard Pohl, der 1974 gesagt hatte: „Theorien kommen und gehen, Tatsachen bleiben“ (Teichmann 2013, S. 15); sondern weil er sich entschlossen hatte, Empiriker zu sein und zu bleiben. In vier kürzeren, einleitenden Abschnitten zu Begriffsklärungen, zu Humboldts Zielen, zu Humboldts Methodologie und zu Sammlungen sollen die Voraussetzungen geschaffen werden, die es erlauben, an Hand von drei Fallbeispielen (Pflanzengeographie, Isotherme, Erdmagnetismus) der Humboldt'schen Naturforschung die Unterschiede zwischen Naturkunde und Naturwissenschaft zu erörtern.

1 Begriffsklärungen

1.1 Natur

Was versteht Humboldt unter Natur? Dazu heißt es im *Kosmos*:

„Die *Natur* ist (für die denkende Betrachtung) Einheit in der Vielheit, Verbindung des Mannigfaltigen in Form und Mischung, *Inbegriff der Naturdinge und Naturkräfte*, als ein lebendiges Ganze.“ (Humboldt 1845-1862 I, S. 5 (Hervorh. EK))

Mit dieser Definition stellt sich Humboldt in die Tradition des „vielsammelnden“ Plinius des Älteren und der dynamischen Materietheorie Immanuel Kants (vgl. Knobloch 2004). Deshalb hat Humboldts Naturbegriff einen Doppelcharakter. *Naturdinge* (*natura naturata*) sind Objekte, die Gesetzen unterliegen. *Naturkräfte* wirken nach Gesetzen. Die schaffende, schöpferische Natur (*natura naturans*) schreibt die Gesetze den Objekten vor.

Humboldt hat diese Unterscheidung in der großartigen Programmschrift *De distributione geographica plantarum secundum coeli temperiem et altitudinem montium prolegomena* (Humboldt 1815) (Einleitende Bemerkungen über die geographische Verteilung der Pflanzen gemäß der mittleren Beschaffenheit des Klimas und der Höhe der Berge) näher erläutert (Knobloch 2009, S. 37): „*Natura enim plantas aeternae legis imperio sub unaquaque zona dispertivit.*“ (Humboldt 1815, S. XIII) „Denn die Natur hat die Pflanzen der Herrschaft eines ewigen Gesetzes unter jeder einzelnen Zone zugeteilt.“ So beschreibt er die Natur als aktives Kräftesystem.

„*Disquisitiones istae ex arithmetica botanica petitae leges nobis patefecerunt, quarum imperio natura in quavis zona subjecta est.*“ (Humboldt 1815, S. XVII) „Jene aus der botanischen Arithmetik entnommenen Untersuchungen haben uns die Gesetze aufgedeckt, deren Herrschaft die Natur in einer beliebigen Zone unterworfen ist.“ So beschreibt er die Natur als passives System von Dingen.

Nur zu deutlich erinnern diese Worte an das Motto seines *Kosmos*, das Humboldt der *Naturalis historia* des älteren Plinius entlehnt und mit dem er seine holistische Forschungsmethode verdeutlicht hat: „*Naturae vero rerum vis atque majestas in omnibus momentis fide caret, si quis modo partes ejus ac non totam complectatur animo*“ (Plinius, *Naturalis historia* VII, S. 1), „Aber die Kraft und die Großartigkeit der Dinge der Natur entbehren in all ihren Wechseln der Glaubwürdigkeit, wenn jemand im Geiste nur deren Teile und sie nicht als ganze erfasst.“

1.2. Naturwissenschaft

Wie steht es mit dem Begriff „Naturwissenschaft“? Um diese Frage zu klären, sind Immanuel Kants *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft* aus dem Jahre 1786 heranzuziehen. Im *Kosmos* sagte Humboldt von ihnen: „Die metaphysischen Anfangsgründe der Naturwissenschaft des unsterblichen Philosophen von Königsberg gehören allerdings zu den merkwürdigsten Erzeugnissen dieses großen Geistes“ (Humboldt 1845-1862 V, S. 7).

In Kants Klassifizierung spielt die Mathematik die entscheidende Rolle. Danach führt Empirie nur zu „uneigentlich so genanntem Wissen“: „Eigentliche Wissenschaft kann nur diejenige genannt werden, deren Gewißheit apodiktisch ist“ (Kant 1786, S. 12). Deshalb formuliert Kant unmittelbar darauf:

„Eine rationale Naturlehre verdient also den Namen einer Naturwissenschaft nur alsdann, wenn die Naturgesetze, die in ihr zum Grunde liegen, a priori erkannt werden, und nicht bloße Erfahrungsgesetze sind“.

Humboldts Forschungsmethode führt aber gerade ausschließlich zu empirischen Gesetzen, er ist an Fakten interessiert. Dem entspricht Kants Einteilung der Naturlehre in *Historische* (Fakten) und *Naturwissenschaft*. Naturwissenschaft untergliedert sich danach in eigentliche (Gewissheit apodiktisch nach Prinzipien a priori) und uneigentliche (nach Erfahrungsgesetzen).

Nun ist Mathematik nach Kant Vernunftkenntnis, welche nur auf Konstruktion der Begriffe mittels Darstellung des Gegenstandes in einer Anschauung a priori gründet (vgl. Kant 1786, S. 13). Deshalb kann er feststellen: „Ich behaupte aber, dass in jeder besonderen Naturlehre nur so viel eigentliche Wissenschaft angetroffen werden können, als darin Mathematik anzutreffen ist“ (a.a.O., S. 14). Nach dem Gesagten ist klar, warum: „Denn eigentliche Wissenschaft, vornehmlich der Natur, erfordert einen reinen Teil, der dem empirischen zugrunde liegt und der auf Erkenntnis der Natur a priori beruht.“ (Ebd.)

1.3 Geognosie

Humboldt bezeichnete sich (auch) als Geognost. Daher ist der dritte, zu klärende Kernbegriff derjenige der Geognosie. Humboldt benutzte ihn erstmals 1793 in der berühmten Fußnote seiner Schrift *Florae Fribergensis specimen* (Humboldt 1793) (Probestück der Freiburger Pflanzenwelt), die er später noch mehrfach in leicht geänderten Fassungen wieder abdruckte (vgl. Knobloch/Pieper 2007).

Nach ihm befassen sich drei Gebiete mit der Erforschung der Erde: die Geognosie oder *Erdkunde*, die Erdgeschichte oder *Historia telluris* und die Naturbeschreibung oder *Physiographia*. Jedes der drei Gebiete hat gemäß der Einteilung der Natur in Mineral-, Tier- und Pflanzenreich drei Teilgebiete. Hier interessiert die Unterteilung der *Erdkunde*: „Geognosia (*Erdkunde*) naturam animantem aequae ac inanimam [...] considerat“ (Humboldt 1793, S. IX) „Die Geognosie (*Erdkunde*) betrachtet in gleicher Weise [...] die beseelte wie die unbeseelte Natur“¹ (Knobloch/Pieper 2007, S. 45). Sie gliedert sich in oryctologische Geographie (Geologie), zoologische Geographie und Pflanzengeographie. Statt *Erdkunde* hat Humboldt später zunehmend oft *théorie de la terre*, *géographie physique*, *physique du monde* oder eben physische (physikalische) Geographie gesagt. Für ein Verständnis seiner Begriffe sind seine eigenen deutschen Wiedergaben französischer Begriffe natürlich maßgebend.

2 Humboldts Ziele

Die Ziele seiner Naturforschung hat Humboldt klar benannt. In den *Ideen zu einer Geographie der Pflanzen nebst einem Naturgemälde der Tropenländer* heißt es: Letzter Zweck aller physikalischen Studien – und das heißt in seiner Terminologie aller naturkundlichen Studien – sei ein vollständiger Überblick der Natur (Humboldt 1807b, S. 39). Angesichts des Doppelcharakters der Natur verfolgte er damit ein doppeltes Ziel: eine

¹ Die deutschen Übersetzungen von Titeln und Textabschnitten – wie hier – stammen von mir.

Bestandsaufnahme und Beschreibung der *Naturdinge*, die den zoologischen und botanischen Teil des amerikanischen Reisewerkes ausmachen, und die Aufdeckung der *empirischen Gesetze*, die das Zusammenwirken der Naturkräfte regeln. Ziel ist die gesamte Natur:

„Is demum est verus finis omnis perscrutationis naturae, ut a singulis ad universa nos tollamus“, „Das erst ist das wahre Ziel jeder Naturforschung, dass wir uns von den einzelnen Dingen zu Gesamtheiten erheben“ (Humboldt 1815, S. L).

Dieser Umweg über die Einzelheiten ist freilich unvermeidbar:

„Tam arcta enim sunt scientiarum inter se vincula, [...] ut non uni soli [...] infixis et addictos esse liceat; quia fieri non potest, ut uno obtutu universam naturam recte consideremus, nisi prius singula solerter tractaverimus“ (Humboldt 1815, S. LVIII). „So eng sind nämlich die Bindungen der Wissenschaften untereinander, dass es nicht gestattet ist, [...] auf eine einzige [...] festgelegt und ihr hingegeben zu sein; weil es nicht geschehen kann, dass wir mit einem einzigen Blick die gesamte Natur richtig betrachten, wenn wir nicht zuvor das Einzelne kunstfertig behandelt haben“.

In der Ankündigung der zweiten, nicht verwirklichten Auflage der Pflanzengeographie aus dem Jahre 1826 hat Humboldt diesen Gedanken des zweistufigen Vorgehens nochmals herausgestellt:

„Sind die einzelnen Erscheinungen dargestellt und die besonderen Beobachtungen beschrieben, so ist es gestattet, sich zu allgemeinen Ideen zu erheben; auf eine unfruchtbare Anhäufung von Erfahrungen den Fortschritt der Wissenschaften beschränken wollen, das hieße die Bestimmung des menschlichen Geistes verkennen!“ (Humboldt – Berghaus 1869 I, S. 77)

Mit dieser Einstellung zum Forschungsziel war sich also Humboldt mit dem von ihm verehrten Carl Friedrich Gauß durchaus einig. Gauß hatte in seiner Allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus 1839 festgestellt:

„Vom höheren Standpunkt der Wissenschaft aus betrachtet ist aber die möglichst vollständige Zusammenstellung der Beobachtungen noch nicht das Ziel selbst. Man hat nur Bausteine, keine Gebäude, solange man nicht die verwickelten Erscheinungen Einem Princip unterwürfig gemacht hat [...] Es ist jedenfalls gut, dies höchste Ziel vor Augen zu haben.“ (Gauß 1839, S. 122)

Humboldt fühlte sich für den ersten Schritt zuständig, der zweite war Sache der Mathematiker. Gauß dachte allerdings nicht an ein induktives Verfahren, sondern an ein Verfahren top-down. Er arbeitete seine Theorie des Erdmagnetismus aus, die er anschließend an Hand der Daten von Humboldt und anderen Gelehrten überprüfte. Humboldt dagegen glaubte an ein bottom-up Verfahren. So schrieb er an Jean Baptiste Joseph Delambre am 25. November 1802:

„Ich zweifle nicht daran [...], dass der Bürger Laplace, dessen schöpferischer Geist die Gezeiten des Meeres bezwungen hat, die Gesetze der Gezeiten der Luft entdecken wird, sobald ich ihm einige tausend Stundenbeobachtungen vorgelegt haben werde. Das ist eine der elegantesten Anwendungen der Gesetze der Gravitation.“ (Humboldt 1993, S. 206)

So sah er die Physik als Dienstleister der Mathematik. Vier Jahre nach seinem Brief an Delambre schrieb er in seinen „Beobachtungen über das Gesetz der Wärmeabnahme in den höhern Regionen der Atmosphäre und über die untern Gränzen des ewigen Schnees“ mit deutlich an Kant'sche Terminologie erinnernder Ausdrucksweise:

„Es ist die Pflicht der Physik, da, wo es auf construirbare Begriffe ankommt, der Mathematik durch Ausmittlung einer großen Zahl genauer Tatsachen brauchbare Materialien zur Berechnung der Naturgesetze darzubringen.“ (Humboldt 1806, S. 10)

Im *Kosmos* griff er die Thematik samt Kants Klassifikation erneut auf: Ausdrücklich beanspruchte er für sein Tun nicht den Rang einer rationellen Naturwissenschaft:

„Was ich physische Weltbeschreibung nenne (die vergleichende Erd- und Himmelskunde²), macht daher keine Ansprüche auf den Rang einer rationellen Wissenschaft der Natur; es ist die denkende Betrachtung der durch Empirie gegebenen Erscheinungen, als eines Naturganzen. [...] Einzelheiten der Wirklichkeit, [...] alles, was dem Felde der Veränderlichkeit und realer Zufälligkeit angehört, kann nicht aus Begriffen abgeleitet (construirt) werden.“ (Humboldt 1845-1862 I, S. 31f.)

3 Humboldts Methodologie

Veränderliche Größen wie Wärme, Magnetismus usf. waren also recht eigentlich die Objekte des Naturforschers. Herauszufinden waren die Gesetze, nach denen sie sich änderten. Die entscheidende Methode sah Humboldt in der Mittelbildung, die nicht die Ausgleichsrechnung mit gemessenen, konstanten Daten wie der Höhe eines Berges oder des Längengrades eines Ortes meinte. So heißt es im *Kosmos*:

„Bei allem Beweglichen und Veränderlichen im Raume sind mittlere Zahlenwerthe der letzte Zweck, ja der Ausdruck physischer Gesetze [...] so treten wiederum, wie einst in der italischen Schule, doch in erweitertem Sinne, die einzigen in unserer Schrift übrig gebliebenen und weit verbreiteten hieroglyphischen Zeichen, die Zahlen, als Mächte des Kosmos auf.“ (Humboldt 1845-1862 I, S. 82)

Entsprechend oft hat Humboldt die Methode der Mittelwerte hervorgehoben. So formulierte er 1818 im Aufsatz *Über den Einfluss der Sonnendeklination auf den Beginn der äquatorialen Regengüsse*:

„Pour découvrir les lois de la nature, il faut, avant d'examiner les causes des perturbation locales, connaître l'état moyen de l'atmosphère et le type constant de ses variations“, „Um die Gesetze der Natur zu entdecken, muss man, bevor man die Ursachen der örtlichen Störungen prüft, den mittleren Zustand der Atmosphäre und den konstanten Typ ihrer Änderungen kennen.“ (Humboldt 1818, S. 190)

Noch ein Jahr vor seinem Tode wiederholt er im *Kosmos* seine Überzeugung und nennt die Methode der Mittelwerte die einzig entscheidende Methode zur Verallgemeinerung empirischer Gesetze (Humboldt 1845-1862 IV, S. 288). Gemittelt werden sollen also tatsächlich verschiedene Werte einer variablen Größe, um das Gesetz zu erkennen, das der Änderung zugrunde liegt. Freilich sind damit noch drei Kernfragen der Methode beantwortet: „Welche Werte, wie viele Werte, warum diese sind zu nehmen?“

Im Falle der Isothermen, der Linien gleicher mittlerer Jahrestemperatur, nahm Humboldt z. B. zwei Werte pro Tag, und zwar das Minimum und das Maximum. Wir kommen darauf zurück.

Humboldts entscheidende Hilfsmittel, zuverlässige Messdaten zu erheben, waren seine über vierundzwanzig Instrumente, die er wiederholt aufzählte (Humboldt/Oltmanns 1808-1811 I, Introduction par A. de Humboldt, S. II-III; Humboldt 1814-1831 I, S. 57-60): Sextant von Jesse Ramsden, Künstlicher Horizont von Noel Simon Caroché, kleiner

² Hervorhebung von mir.

Quadrant von John Bird, Repetitionskreis, Theodolit von Johann Heinrich Hurter, Sextant von Edward Troughton, Korrekturfernrohr, achromatisches Fernrohr von Peter Dolland, anderes achromatisches Fernrohr von Caroché, Graphometer von Ramsden, Längenuhr von Louis Berthoud, Semichronometer von Johann Heinrich Seiffert, Inklinationsbussole von Paul Étienne Le Noir, große Magnetnadel aufgehängt nach Charles Augustin de Coulomb, Magnetometer von Horace Bénédicte de Saussure, Deklinationsbussole von Le Noir, Barometer, Hygrometer, Hyetometer, Thermometer, Cyanometer, thermometrische Senkbleis, Feldmess-Ketten, metrische Normalgewichte.

4 Sammlungen (Recueils)

Humboldt nannte sein antikes Vorbild Plinius den Älteren den „vielsammelnden“ (Humboldt 1845-1862 II, S. 224). Diese Kennzeichnung gilt auch für ihn selbst, wie bereits zahlreiche französische Titel mit dem Bestandteil *Recueils* seines Reisewerks bezeugen. Er sammelte *Tatsachen* und *Ideen*. Tatsachen betrafen *Objekte* und *Daten*: es waren Objekte der organischen oder beseelten Natur, also Pflanzen und Tiere, und der anorganischen oder unbeseelten Natur, also Mineralien. Die Daten stammten von Beobachtungen, Berechnungen (Operationen), Messungen und Zählungen. Er sammelte Ideen, um die Geschichte der physischen Weltanschauung als Geschichte der Erkenntnis eines Naturganzen im zweiten Band des *Kosmos* zu verfassen.

Die Sammlungen seien durch Beispiele verdeutlicht. Für die *Sammlung von Objekten* seien die folgenden zweiundzwanzig Bände genannt, die den zoologischen und botanischen Teil seines Reisewerks bilden und von der gewaltigen Klassifizierungs- und Identifizierungsarbeit Humboldts und seiner Mitarbeiter zeugen:

- Recueil d'observations de zoologie et d'anatomie comparée 1811-1833 (2 Bde., 64 Tafeln),
- Plantes équinoxiales, recueillies au Mexique etc. 1808-1813 (2 Bde., 140 Tafeln),
- Monographie des Mélastomacées, comprenant toutes les plantes de cet ordre recueillies etc. 1816-1823 (2 Bde., 120 Tafeln),
- Nova genera et species plantarum quas in peregrinatione orbis novi collegerunt etc. 1815-1825 (7+1 Bde., 700 Tafeln),
- Mimoses et autres plantes légumineuses du nouveau continent, recueillies etc. 1819 (1 Bd., 60 Tafeln),
- Révision des graminées publiées dans les Nova genera et species plantarum etc. 1829 (3 Bde., 220 Tafeln),
- Synopsis plantarum, quas in itinere ad plagam aequinoctialem orbis novi, collegerunt etc. 1822-1825 (4 Bde.).

Für die *Sammlung von Daten* sei zunächst auf den astronomischen Teil des Reisewerks verwiesen. In den Jahren 1808 bis 1811 entstand unter tatkräftiger Mithilfe von Jabbo Oltmanns der zweibändige *Recueil d'observations astronomiques, d'opérations trigonométriques et de mesures barométriques* (Humboldt/Oltmanns 1808-1811). Oltmanns zählt zehn Methoden der Längenbestimmung auf: Mittels Chronometer, Sonnenfinsternissen, Mondfinsternissen, Mond-Kulminationen, Mond-Sonne-Distanzen, Mond-Stern-Distanzen, Finsternissen der Jupiter-Monde, Merkur- und Venusdurchgängen, Sternbedeckungen (Humboldt/Oltmanns 1808-1811 I, S. 4) Die Methoden setzen Tafelwerke

zum Vergleich mit den gemessenen Daten voraus. Die zehnspaltige tafelartige Zusammenstellung umfasst 699 Ortsnamen und vermerkt insbesondere Länge, Breite, Beobachter und Methode.

Die amerikanischen Reisetagebücher enthalten zahllose Berechnungen bestimmter Daten, etwa der Höhe einer Bergspitze: Es ist eine klassische Aufgabe der Vermessungskunde: Gegeben ist eine Standlinie. Von ihren beiden Endpunkten aus werden die Bergspitze anvisiert und dadurch die beiden Visierwinkel – von der Standlinie aus gemessen – ermittelt. Mittels des Tangens des kleineren Visierwinkels oder des Sinussatzes wird die Höhe des Berges berechnet (vgl. Tagebuch I, Bl. 31v = S. 64³).

Entscheidend ist, dass beide Beispiele – das astronomische wie das geodätische – zeigen, dass Humboldt über die mathematischen Kenntnisse verfügte, um solche Berechnungen durchzuführen.

Der Fragment gebliebene Reisebericht *Relation historique* (Abbildung⁴ 1) schließlich zeigt, mit welcher Selbstdisziplin Humboldt Tag und Nacht die verschiedensten Größen auf der Überfahrt nach Südamerika gemessen hat (Humboldt 1814-1831 I, S. 274). Bezeichnender Weise ist diese Zusammenstellung von Messdaten in keine der verfügbaren deutschen Übersetzungen der *Relation historique* aufgenommen worden.

5 Drei Fallbeispiele

Humboldt hat seine wissenschaftlichen Leistungen durchaus selbstkritisch beurteilt. An Johann Georg von Cotta schrieb er am 31. Oktober 1854:

„Der wichtigen und eigenthümlichsten Arbeiten von mir giebt es nur 3, die Geographie der Pflanzen und das damit verbundene Naturgemälde der Tropenwelt, die Theorie der isothermen Linien und die Beobachtungen über den Erdmagnetismus, welche die über den ganzen Planeten auf meine Veranlassung verbreiteten magnetischen Stationen zur Folge gehabt haben.“ (Humboldt 2009, S. 545)

Diese drei Leistungen sollten deshalb im Folgenden zur Veranschaulichung der Humboldt'schen Vorgehensweise dienen.

1. Fallbeispiel: Pflanzengeographie

1807 veröffentlichte Humboldt zunächst den *Essai sur la géographie des plantes* (Humboldt 1807a), aber noch in demselben Jahr die erweiterte und verbesserte deutsche Fassung unter dem Titel *Ideen zu einer Geographie der Pflanzen* (Humboldt 1807b). Die Schrift ist wegen der programmatischen Äußerungen zur Naturkunde von höchster Bedeutung für unsere Thematik. Zugleich ermöglicht ein Textvergleich zwischen beiden Fassungen interessante Aufschlüsse über die Bedeutung der Humboldt'schen Terminologie. Zum Beispiel ist im französischen Titel nur von „mesures“ die Rede, im deutschen Titel von „Beobachtungen und Messungen“.

Von überragender Bedeutung und Berühmtheit ist der beigegebene „tableau physique“, das „Naturgemälde“ (Abbildung 2). Das Naturgemälde ist eine Symbiose aus Text und Bild. Es verbindet Wissenschaft mit Ästhetik und Poetik. Das Bild in der Mitte

³ http://digital.staatsbibliothek-berlin.de/werkansicht?PPN=PPN778811522&PHYSID=PHYS_0001&DMDID=DMDLOG_0001

⁴ Alle Abbildungen finden sich im Anschluss an den Beitrag.

stellt einen Schnitt durch den höchsten Gipfel der Anden, den Chimborazo (6310m), und den südamerikanischen Kontinent dar. Hinter dem höchsten Berg ist der zweithöchste Vulkanberg der Anden, der Cotopaxi (5897m), gezeichnet. Eine umfassende Interpretation bietet Knobloch (2011). Hier soll nur das thematisch Wichtigste zur Sprache kommen.

Die Geographie der Tropenpflanzen bestätigt Humboldt in seiner Überzeugung, dass Leben in allen Räumen der Schöpfung ist (Humboldt 1807b, S. 76). Es verteilt sich auf neun Vegetationszonen: Unterirdische, kryptogamische Pflanzen; Palmen und Bananengewächse; Farnkräuter und Fieberrinde; Weinmannia, Eichen, Spermacocce; Barnadesia; Wintera granadensis; Alpenkräuter; Gräser; Lichenen (Flechten).

Einleitend erklärt Humboldt:

„Dieses Naturgemälde ist das Werk, welches ich gegenwärtig den *Physikern* vorzulegen wage. [...] Ich stelle in diesem Naturgemälde alle Erscheinungen zusammen, welche die Oberfläche unseres Planeten und der Luftkreis darbieten, der jenen einhüllt. *Naturkundige*, welche den dermaligen Zustand unseres *empirischen* Wissens [...] kennen, werden sich nicht wundern, so viele Gegenstände in so wenigen Bogen behandelt zu sehen.“ (Humboldt 1807b, S. II (Hervorh. EK))

Humboldt gibt den französischen Begriff „physicien“ im Deutschen mit „Physiker“ oder mit „Naturkundiger“ wieder, nicht mit „Naturwissenschaftler“. Der Naturkundige interessiert sich für „empirisches Wissen“. Dementsprechend äußert er sich zu seinem Vorgehen:

„Dem Felde der empirischen Naturforschung getreu [...] habe ich auch in diesem Werk die mannichfaltigen Erscheinungen mehr nebeneinander aufgezählt, als, eindringend in die Natur der Dinge, sie in ihrem inneren Zusammenwirken geschildert.“ (Humboldt 1807b, S. IV)

Kurz darauf spricht er von der „bisherigen Naturkunde“ (Humboldt 1807b, S. VI). Die sechzehn beigegebenen Skalen enthielten gleichsam das Resultat von dem, was die *Naturlehre* in ihrem gegenwärtigen Zustand in Zahlen darbierte:

„Der Empiriker zählt und misst, was die Erscheinungen unmittelbar darbieten. Der Philosophie ist es aufbehalten, das allen Gemeinsame aufzufassen und auf Prinzipien zurückzuführen“ (Humboldt 1807b, S. 90).

Humboldt stellt also dem Empiriker nicht den Naturwissenschaftler gegenüber, sondern den Philosophen.

Die sechzehn Spalten gelten der Luftwärme, dem Luftdruck, der Feuchtigkeit der Atmosphäre, dem elektrischen Zustand der Luft, der Himmelsbläue, der Schwächung des Lichts bei seinem Durchgang durch den Luftkreis, der Strahlenbrechung am Horizont, der chemischen Beschaffenheit des Luftkreises, der Abnahme der Schwere, der geognostischen Ansicht, der Entfernung, in welcher Berge auf der Meeresfläche sichtbar sind, der unteren Grenze des ewigen Schnees, der Siedehitze des kochenden Wassers auf verschiedenen Höhen, der Verbreitung der Tiere, der Kultur des Bodens und der Höhe der vornehmsten Berge.

Ein zweites Naturgemälde hat Humboldt nicht verfasst, wohl aber drei Vegetationsprofile, darunter die 1817 veröffentlichten *Geographiae plantarum lineamenta* (Grundlinien der Pflanzengeographie) (Humboldt 1817c) (Abbildung 3): Die *Lineamenta* zeigen in der Äquator-, der temperierten und der kalten Zone den Bewuchs des Chimborazo,

des Montblanc und des Sulitelma (Lapland). Er habe die Namen der Pflanzen gemäß der Höhe hinzugeschrieben, wo diese aufhören zu wachsen, heißt es im Begleittext. Die Zahlen bezeichnen die mittlere Jahrestemperatur, geklammerte Zahlen die mittlere Temperatur des August.

Für Humboldt waren Zahlen von überragender Bedeutung. Er bekannte sich insoweit zur Tradition des Pythagoreismus. Im *Kosmos* sagte er explizit:

„Die Dinge spiegeln sich in den Zahlen, welche gleichsam eine ‚nachahmende Darstellung‘ (mi,mhsij) von ihnen sind. Die grenzenlose Wiederholbarkeit und Erhöhung der Zahlen ist der Charakter des Ewigen, der Unendlichkeit der Natur. Das Wesen der Dinge kann als Zahlverhältnisse, ihre Veränderungen und Umbildungen können als Zahlen-Combinationen erkannt werden.“ (Humboldt 1845-1862 III, S. 12)

Wie das zu verstehen ist, zeigt besonders schön die Zusammenstellung solcher Zahlverhältnisse in den *Prolegomena* (Humboldt 1815, S. XVIII) (Abbildung 4).

Humboldt zählt siebzehn Pflanzenfamilien auf und verzeichnet in den Zonen deren relative Häufigkeit: Bezugsgröße ist die Gesamtgröße aller Phanerogamen (Samenpflanzen) in der betreffenden Zone. Die Zahlenverhältnisse einer Zeile zeigen, dass z.B. die Farnkräuter (filices) zur kalten Zone hin relativ häufiger auftreten (die Zahlenverhältnisse werden größer), ebenso die Gräser (gramineae), dass die Hülsenfrüchtler (leguminosae) zur kalten Zone hin relativ seltener auftreten (die Zahlenverhältnisse werden kleiner).

Humboldt hat hinzugefügt:

„Rerum naturalium causas atque leges inquirentes, enumerabimus hic rationes quas offert exiguus Phanerogamarum numerus in agro patrio Berolinensi sponte sua crescentium“. (ebd)
„Bei der Erforschung der Ursachen und Gesetze der natürlichen Dinge werden wir hier die Verhältnisse aufzählen, die die kleine Zahl der Phanerogamen bietet, die im heimatlichen Berliner Gebiet von allein wachsen.“

Dies hat Humboldt tatsächlich getan.

2. Fallbeispiel: Isothermen

Das zweite Gebiet, auf dem Humboldt erfolgreich nach empirischen Gesetzen mit Hilfe seiner Methode der Zahlenverhältnisse und der Mittelwerte gesucht hat, ist die Wärmeverteilung auf der Erde. 1817 erschien die französische Abhandlung *Des lignes isothermes et de la distribution de la chaleur sur le globe* (Humboldt 1817a), noch in demselben Jahr der Auszug mit der berühmten Karte, die in der Originalveröffentlichung noch gefehlt hatte (Humboldt 1817b), 1853 schließlich die deutsche Fassung *Von den Isothermen Linien und der Verteilung der Wärme auf dem Erdkörper* (Humboldt 1853), aus der hier zitiert wird. Die Arbeit begründete die vergleichende Klimatologie. Einleitend erklärte Humboldt programmatisch:

„Kann man verwickelte Erscheinungen nicht auf eine allgemeine Theorie zurückführen, so ist es schon ein Gewinn, wenn man das erreicht, die Zahlen-Verhältnisse zu bestimmen, durch welche eine große Anzahl zerstreuter Beobachtungen miteinander verknüpft werden können, und den Einfluß lokaler Ursachen der Störung rein empirischen Gesetzen zu unterwerfen. Das Studium dieser Gesetze erinnert die Reisenden, auf welche Probleme sie vorzüglich ihre Aufmerksamkeit zu richten haben.“ (Humboldt 1853, S. 207)

Humboldt war sich der Grenzen der Methode bewusst, auch der Notwendigkeit, die Daten mathematisch zu bearbeiten: Die Methode erlaubte es nicht, die Anteile der Ursachen für die Wärmewerte zu ermitteln, das heißt der Sonne, des Windes, der Wassernähe, der Neigung des Geländes, der chemischen Qualität, der Farbe, Strahlung und Ausdünstung des Bodens, der Richtung der Berghänge usf. Zugleich war es notwendig, die Werte auf den Meeresspiegel wegen der Abnahme der Temperatur in den hohen Regionen zu reduzieren, um die Werte miteinander vergleichbar zu machen.

Wiederholt stellte er mittlere Temperaturen für verschiedene Städte zusammen, etwa für die folgenden je zehn Städte der cis- und transatlantischen Zone. Er führte in diesem Fall die mittleren Temperaturen des Jahres, des Winters und des Sommers an (Humboldt 1853, S. 247) (Abbildung 5).

In der folgenden Tabelle listete er die mittleren Temperaturen des kältesten und des wärmsten Monats für zweiundzwanzig Städte an (Humboldt 1853, S. 249) (Abbildung 6).

Auch in den *Kosmos* hat Humboldt entsprechende Angaben zu den mittleren Temperaturen des Jahres bzw. der vier Jahreszeiten von neun europäischen Städten aufgenommen (Humboldt 1845-1862 I, S. 481) (Abbildung 7).

Am berühmtesten ist Humboldts Weltkarte zum Thema Wärmeverteilung auf der Erde geworden, auf der er Orte gleicher mittlerer Jahrestemperatur durch Kurven, Isothermen genannt, miteinander verbindet, eine geometrische Veranschaulichung der Daten (Humboldt 1817b, Heftende) (Abbildung 8).

Die sechs Isothermen verbinden achtundfünfzig Orte zwischen Florida im Westen und China im Osten. Zu Recht hob er hervor:

„Ita videmus circulos aequalis caloris annui sive, ut novo vocabulo utamur, isothermos, haud aequatori parallelos esse sed, ut lineas magneticas, angulo variabili parallelos geographicos transversim intersectare.“ (Humboldt 1815, S. XXVIII)

„So sehen wir, dass die ‚Kreise‘ gleicher Jahreswärme oder – um die neue Vokabel zu gebrauchen – Isothermen nicht zum Äquator parallel sind, sondern wie die magnetischen Linien die geographischen Breitengrade im veränderlichen Winkel schräg schneiden.“

Insgesamt hat Humboldt die Wärmeverteilung auf der Oberfläche der Erdkugel, am Abhang von Gebirgen, im Ozean und im Innern der Erde untersucht. Programmatisch heißt es zu seinem Vorgehen:

„Ich werde mich auf das Aussprechen von Tatsachen beschränken. Die Theorie, welche diese Phänomene verknüpft, findet sich vorgetragen in dem schönen analytischen Werk, mit welchem Fourier bald die allgemeine Physik bereichern wird.“ (Humboldt 1853, S. 310)

Humboldt wusste 1817, dass der französische Mathematiker Jean Baptiste Joseph Fourier an seiner *Théorie analytique de la chaleur* arbeitete, die 1822 erschien. Darin geht es um die Lösung einer Differentialgleichung für die Temperaturverteilung in einem homogenen Körper. Auf Humboldts gemessene oder berechnete Daten nahm Fourier keinen Bezug. Die Idee, dass die mathematische Theorie die Phänomene verbindet, hatte Humboldt von Laplace' *Exposition du système du monde* übernommen:

„L'un des plus grands avantages des théories mathématiques, et le plus propre à établir leur certitude, consiste à lier ensemble des phénomènes qui semblent disparates, en déterminant leurs rapports mutuels, non par des considérations vagues et conjecturales, mais par de rigoureux calculs.“ (Laplace 1796, S. 432)

„Einer der großen Vorteile der mathematischen Theorien und der passendste, um deren Sicherheit zu gewährleisten, besteht darin, Phänomene zusammen zu binden, die getrennt zu sein scheinen, indem sie deren wechselseitige Verhältnisse bestimmen, nicht durch vage und mutmaßliche Betrachtungen, sondern durch strenge Rechnungen.“

Laplace‘, von Humboldt übernommenes, Beispiel ist die Gravitationstheorie.

3. Fallbeispiel: Erdmagnetismus

Der Erdmagnetismus war für Humboldt von zentralem Interesse. Dementsprechend maß er auf seinen Reisen Deklination, Inklination und Intensität mit Hilfe von Magnetnadeln.

Abbildung 9 zeigt die Inklinationen an einundzwanzig Orten während seiner Russlandreise. Humboldt misst die Werte zweier Nadeln und berechnet deren arithmetisches Mittel.

Besonders bemühte er sich um die Erforschung der Intensität, die er durch die Zahl der Oszillationen der in den Magnetmeridian gestellten Nadel im Saussure‘-schen Magnetometer innerhalb einer Zeiteinheit maß. Der Zweck solcher Beobachtungen in den Jahren 1798 bis 1803 war das Auffinden des Gesetzes der veränderlichen Intensität der magnetischen Kräfte in verschiedenen Abständen vom Äquator. Das von ihm tatsächlich gefundene Gesetz besagt: Die Totalintensität der erdmagnetischen Kraft nimmt vom magnetischen Nordpol zum magnetischen Äquator ab.

Er veröffentlichte diese Erkenntnis 1804 zusammen mit Jean-Baptiste Biot zum ersten Mal (Humboldt/Biot 1804), nannte sie in der *Relation historique* das wichtigste Ergebnis seiner amerikanischen Reise (vgl. Humboldt 1814-1831 III, S. 615). 1829 erwähnt er das Gesetz in seiner Petersburger Rede (vgl. Humboldt 2009, S. 279) und zitiert die Stelle aus der *Relation historique* im *Kosmos* (vgl. Humboldt 1845-1862 I, S. 434). Kein Zweifel, Humboldt war zu Recht stolz auf seine Entdeckung.

Er gründete zur näheren Erforschung des Erdmagnetismus den von 1829 bis 1834 bestehenden Magnetischen Verein, um korrespondierende Beobachtungen, das heißt zeitgleiche Beobachtungen an verschiedenen Orten durchführen zu lassen. Seine Kooperationspartner waren Ferdinand Reich in Freiberg, Iwan Simonow in Kasan, Adolph Theodor Kupffer in St. Petersburg und Karl Friedrich Knorre in Nikolajew. Mit seinem berühmten Brief vom 23. April 1836 an August Frederick, den Herzog von Sussex und Präsidenten der Royal Society, erreichte er, dass ab 1841 an 32 Orten beobachtet wurde. Dies ist hier nicht näher auszuführen (vgl. Reich/Knobloch/Roussanova 2016).

Die *Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus*, eine Potentialtheorie, lieferte Carl Friedrich Gauß 1839. Anders als es sich Humboldt vorgestellt hatte, dienten die empirischen Daten nicht zur Herleitung, sondern zur Überprüfung der Theorie. Gauß selbst sagte dazu:

„So scheint die Übereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung allen billigen Erwartungen zu genügen, die man von einem ersten Versuch haben durfte. Unser Ausdruck V/R darf also wohl als der Wahrheit nahe kommend betrachtet werden.“ (Gauß 1839, S. 162)

V/R war die Funktion, die dem Potential entspricht. Bewundernd schreibt Humboldt am 18. Juni 1839 an Gauß:

„Ich erkannte *empirisch* die Zunahme der totalen Intensität vom magnetischen Äquator gegen die magnetischen Pole hin [...] ich wünschte die goldene Zeit heran, wo ein newtonianischer Geist uns

von den Fesseln gehäufter Epicyklen befreien und alle Elemente aus einem Princip herleiten würde. Dies Wunder haben Sie vollbracht, mein theurer, hochverehrter Freund: meine Augen haben es noch gesehen. Aus Ihrer *Theorie* habe ich nun erst einsehen gelernt, welchen Werth die horizontalen Schwingungen haben.“ (Humboldt/Gauß 1977, S. 76-77 (Hervorh. EK))

Seine Bewunderung hallt noch im *Kosmos* nach: Der eigentümliche Charakter des 19. Jahrhunderts besteht

„in einem fast gleichzeitigen Fortschreiten in sämtlichen Teilen der Lehre vom tellurischen Magnetismus [...] in der ersten und glänzenden Entwerfung einer Theorie des tellurischen Magnetismus von Friedrich Gauß, auf strenge mathematische Gedankenverbindung gegründet.“ (Humboldt 1845-1862 IV, S. 62)

Epilog

Welches Abgrenzungskriterium kann man also an Hand der Humboldt'schen Vorgehensweise zwischen Naturkunde und Naturwissenschaft feststellen?

Mathematische Methoden? Offenbar nicht, denn auch die Naturkunde verwendet mathematische Methoden wie zählen, messen, berechnen. Ist es die Frage nach den Ursachen? Offenbar auch nicht, denn auch die Naturkunde wirft diese Frage auf. Im vorliegenden Fallbeispiel war es die Frage nach der Verteilung der Wärme.

Es ist die Ausformulierung einer (mathematischen) Theorie, die die Naturwissenschaft von der Naturkunde trennt. Denn nur die Naturwissenschaft stützt sich auf eine Theorie. Es ist, allgemeiner gesprochen, der Unterschied zwischen Abstraktem und sinnlich Erfahrbarem.

Bildnachweise

- Abbildung 1 Humboldt 1814-1831 I, S. 274.
- Abbildung 2 Humboldt 1807b, Die Kupfertafel
- Abbildung 3 Humboldt 1817c, Der Kupferstich
- Abbildung 4 Humboldt 1815, S. XVIII
- Abbildung 5 Humboldt 1853, S. 247
- Abbildung 6 Humboldt 1853, S. 249
- Abbildung 7 Humboldt 1845-1862 I, S. 481
- Abbildung 8 Humboldt 1817b, Heftende
- Abbildung 9 Humboldt 1832, S. 255

Literatur

- Gauß, Carl Friedrich (1839): Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus. Leipzig 1839. Zitiert nach: Carl Friedrich Gauß, Werke Bd. 5, Göttingen 1867, S. 119-193
- Humboldt, Alexander von (1793): Florae Fribergensis specimen plantas cryptogamicas praesertim subterraneas exhibens. Accedunt aphorismi ex doctrina physiologiae chemicae plantarum. Berlin
- Humboldt, Alexander von (1806): Beobachtungen über das Gesetz der Wärmeabnahme in den höhern Regionen der Atmosphäre und über die untern Gränzen des ewigen Schnees. (Im Auszug). In: Annalen der Physik 24/1806, Neuntes Stück, S. 1-49
- Humboldt, Alexander von (1807a): Essai sur la géographie des plantes; accompagné d'un tableau physique des régions équinoxiales, fondé sur des mesures exécutées, depuis le dixième degré de latitude boréale jusqu'au

- dixième degré de latitude australe, pendant les années 1799, 1800, 1801, 1802 et 1803. Avec une planche. Paris
- Humboldt, Alexander von (1807b): Ideen zu einer Geographie der Pflanzen nebst einem Naturgemälde der Tropenländer, auf Beobachtungen und Messungen gegründet, welche vom 10ten Grade nördlicher bis zum 10ten Grade südlicher Breite, in den Jahren 1799, 1800, 1801, 1802 und 1803 angestellt worden sind. Tübingen
- Humboldt, Alexander von (1808-1811): Recueil d'observations astronomiques, d'opérations trigonométriques, et mesures barométriques, faites pendant le cours d'un voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent, depuis 1799 jusqu'en 1803. Rédigées et calculées, d'après les Tables les plus exactes, par Jabbo Oltmanns. Ouvrage auquel on a joint des recherches historiques sur la position de plusieurs points importants pour les navigateurs et pour les géographes. 2 Bde. Paris
- Humboldt, Alexander von (1814-1831): Relation historique. Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent, fait en 1799, 1800, 1801, 1802, 1803, et 1804, par Alexandre de Humboldt et Aimé Bonpland. 3 Bde. Paris
- Humboldt, Alexander von (1815): De instituto operis et de distributione geographica plantarum secundum coeli temperiem et altitudinem montium prolegomena. In: Aimé Bonpland, Alexander von Humboldt, Nova genera et species plantarum quas in peregrinatione ad plagam aequinoctialem orbis novi collegerunt, descripserunt, partim adumbraverunt. Ex schedis autographis Amati Bonplandi in ordinem digessit Carolus Sigismundus Kunth. Bd. 1 Paris 1815, S. III-LVIII (Nachdruck Weinheim 1963)
- Humboldt, Alexander von (1817a): Des lignes isothermes et de la distribution de la chaleur sur le globe. In: Mémoires de physique et de chimie de la Société d'Arcueil 3/1817, S. 462-602 (ohne Karte)
- Humboldt, Alexander von (1817b): Sur les lignes isothermes (Extrait). In: Annales de chimie et de physique 5/1817, S. 102-112 (Karte am Heftende)
- Humboldt, Alexander von (1817c): De distributione geographica plantarum secundum coeli temperiem et altitudinem montium, prolegomena. Accedit tabula aenea. Paris
- Humboldt, Alexander von (1818): De l'influence de la déclinaison du soleil sur le commencement des pluies équatoriales. In: Annales de chimie et de physique 8/1818, S. 179-190
- Humboldt, Alexander von (1832): Fragmente einer Geologie und Klimatologie Asiens. Berlin
- Humboldt, Alexander von (1845-1862): Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. 5 Bde. Stuttgart-Tübingen
- Humboldt, Alexander von (1853): Von den isothermen Linien und der Verteilung der Wärme auf dem Erdkörper. (Deutsche Fassung von Humboldt 1817a, ohne Karte). In: Alexander von Humboldt: Kleinere Schriften. Erster Band. Geognostische und physikalische Erinnerungen. Stuttgart, S. 206-314
- Briefwechsel Alexander von Humboldt's mit Heinrich Berghaus in den Jahren 1825-1858. 3 Bde. Jena 21869
- Humboldt, Alexander von: Briefe aus Amerika 1799-1804. Hrsg. von Ulrike Moheit. Berlin 1993
- Humboldt, Alexander von: Briefwechsel mit Cotta. Hrsg. von Ulrike Leitner unter Mitarbeit von Eberhard Knobloch. Berlin: Akademie Verlag 2009
- Humboldt, Alexander von/Biot, Jean-Baptiste (1804): Sur les variations du magnétisme terrestre à différentes latitudes. In: Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts 59/1804, S. 429-450
- Briefwechsel zwischen Alexander von Humboldt und Carl Friedrich Gauß. Hrsg. durch Kurt-R. Biermann. Berlin: Akademie Verlag 1977
- Kant, Immanuel (1786): Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. Riga 1786. Zitiert nach: Immanuel Kant, Werke in sechs Bänden, hrsg. von Wilhelm Weischedel. Wiesbaden 1956-1964, hier Bd. 5, Wiesbaden 1957, S. 7-135
- Knobloch, Eberhard (2004): Naturgenuss und Weltgemälde – Gedanken zu Humboldts Kosmos. In: HiN – Humboldt im Netz, Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien V, 9/2004, 15 S.
- Knobloch, Eberhard (2009): Alexander von Humboldts Weltbild. In: HiN – Humboldt im Netz, Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien X, 19/2009, S. 34-46
- Knobloch, Eberhard (2011): Alexander von Humboldts Naturgemälde der Anden. In: Marksches, Christoph/Reichle, Ingeborg/Brüning, Jochen/Deuffhard, Peter (Hrsg.): Atlas der Weltbilder. Berlin: Akademie Verlag, S. 294-305
- Knobloch, Eberhard/Pieper, Herbert (2007): Die Fußnote über *Geognosia* in Humboldts *Flora Fribergensis specimen*. In: HiN – Humboldt im Netz, Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien VIII, 14/2007, S. 41-57

- Laplace, Pierre-Simon (1796): Exposition du système du monde. 6. Auflage. Paris 1835 (Nachdruck Tours 1984)
- Reich, Karin/Knobloch, Eberhard/Roussanova, Elena (2016): Alexander von Humboldts Geniestreich. Hintergründe und Folgen seines Briefes an den Herzog von Sussex für die Erforschung des Erdmagnetismus. Berlin: Springer
- Teichmann, Jürgen (2013): Leitbilder statt Theorien: Robert Wichard Pohl und die experimentelle Begründung der Festkörperphysik. In: Ebner, Florian: James Franck – Robert Wichard Pohl, Briefwechsel 1906-1964. Deutsches Museum 2013 (=Preprint 8), S. 15-20

JOURNAL DE ROUTE.

| ÉPOQUES 1799. | LATITUDE boréale. | LONGITUDE occidentale | OBSERVATIONS PHYSIQUES. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|--|---------|-------------------------|----------------------|-----------------------|-------------|-----|-----------------------|-------------|-----|-----------------------|-------------|-------|-----------------------|-------------|-----|----------------------|-------------|-------|----------------------|-------------|-----|----------------------|-------------|-----|-----------------------|-------------|-----|
| Juillet 11 | 11° 17' | 57° 47' | <p>Beau temps; petit vent.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Heures.</th> <th>Thermomètre centigrade.</th> <th>Hygromètre de Deluc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>18^h</td> <td>24°,2</td> <td>60°</td> </tr> <tr> <td>20^h</td> <td>24°,8</td> <td>59°</td> </tr> <tr> <td>21^h</td> <td>25°,2</td> <td>58°,3</td> </tr> <tr> <td>23^h</td> <td>25°,0</td> <td>59°</td> </tr> <tr> <td>0^h</td> <td>25°,2</td> <td>58°,5</td> </tr> <tr> <td>2^h</td> <td>26°,5</td> <td>57°</td> </tr> <tr> <td>8^h</td> <td>25°,0</td> <td>60°</td> </tr> <tr> <td>11^h</td> <td>23°,7</td> <td>58°</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Hygromètre de Saussure</i> constamment entre 89° et 90°,7; sur le méridien de Surinam, à 80 lieues de distance des bouches de l'Orénoque et de la Barbade : pendant la nuit, un peu de pluie et un bel arc-en-ciel lunaire.</p> | Heures. | Thermomètre centigrade. | Hygromètre de Deluc. | 18 ^h | 24°,2 | 60° | 20 ^h | 24°,8 | 59° | 21 ^h | 25°,2 | 58°,3 | 23 ^h | 25°,0 | 59° | 0 ^h | 25°,2 | 58°,5 | 2 ^h | 26°,5 | 57° | 8 ^h | 25°,0 | 60° | 11 ^h | 23°,7 | 58° |
| Heures. | Thermomètre centigrade. | Hygromètre de Deluc. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 ^h | 24°,2 | 60° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 ^h | 24°,8 | 59° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 ^h | 25°,2 | 58°,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 ^h | 25°,0 | 59° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 ^h | 25°,2 | 58°,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 ^h | 26°,5 | 57° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 ^h | 25°,0 | 60° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 ^h | 23°,7 | 58° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 10° 46' | 60° 54' | <p>Bon frais, surtout la nuit, vent d'est assez fort; mer agitée; ciel très-beau, mais vaporeux.</p> <p><i>Température</i> de l'Océan, 25°,8; temp. de l'air, 25°,3.</p> <p><i>Cyanomètre</i>, 14°,4.</p> <p><i>Hygromètre de Saussure</i>, tout le jour, de 89°,5 à 90°,2.</p> <p><i>Inclinaison magnétique</i>, 46°,95; oscillations, 229 (bonne observation).</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 11° 16' | 62° 45' | <p>Nuageux, grains; vent d'est très-frais; mer très-grosse; un peu de pluie, à une lieue de distance dans l'est-sud-est du cap septentrional de l'île de Tabago.</p> <p><i>Température</i> de l'Océan, 25°,8; temp. de l'air, 25°,1.</p> <p><i>Hygromètre</i>, de 90° à 91°,8 (division de Saussure).</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 11° 1' | 64° 51' | <p><i>Température</i> de l'Océan, 25°,6; mais sur le bas-fond qui s'étend depuis l'île de Tabago à celle de la Grenade, 23°,1; temp. de l'air, 25°.</p> <p><i>Hygromètre de Saussure</i>, 91°,5 à 92°,7.</p> <p><i>Inclinaison magnétique</i>, 47°,5; oscillations, 237; bonne observation. La côte montagneuse de Paria est relevée à 4 lieues de distance; petit frais, temps beau et serein.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Abbildung 1: Messergebnisse von der Überfahrt nach Südamerika

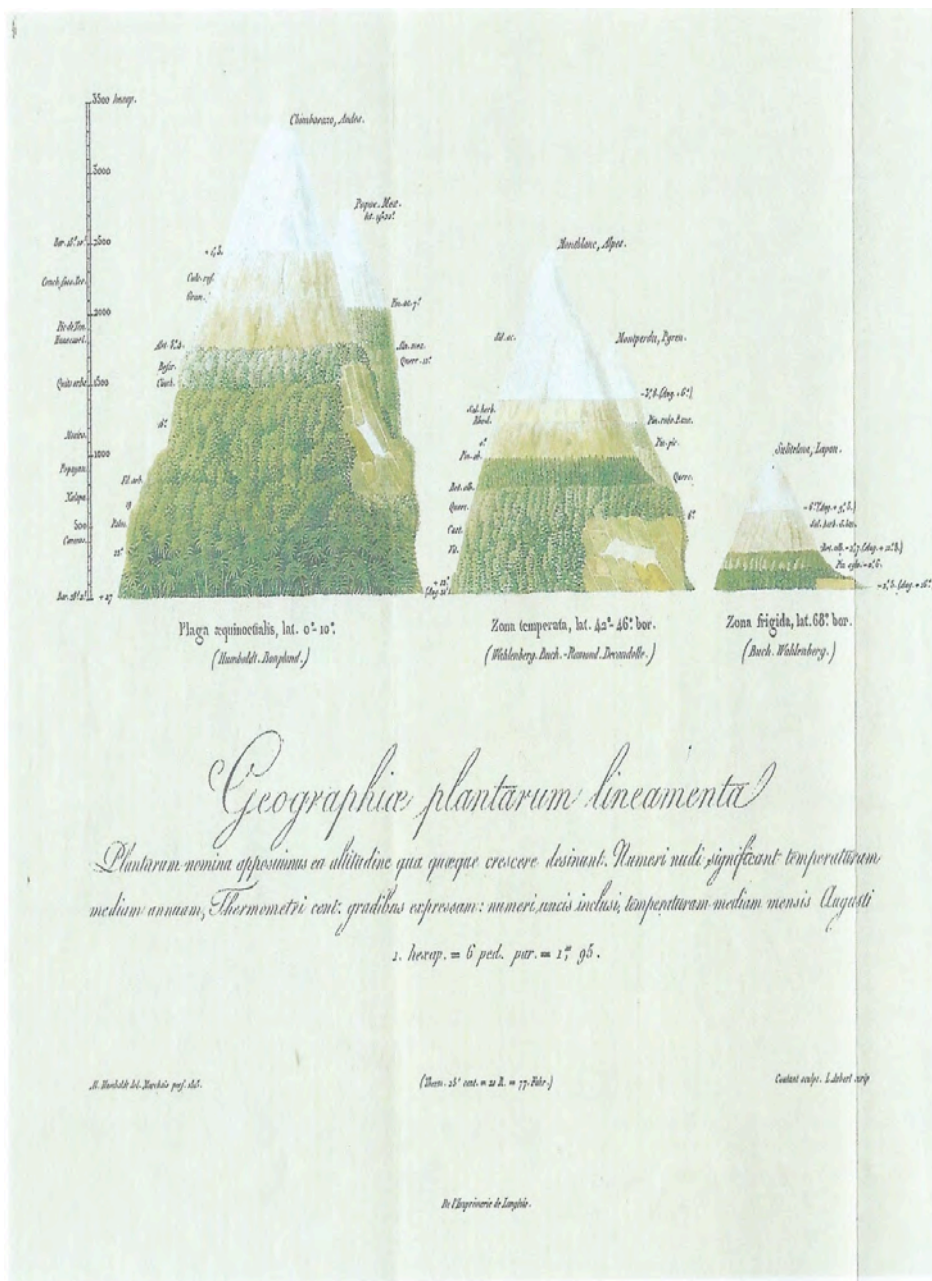


Abbildung 3: Vegetationsprofile in drei Zonen

| CLASSES ET ORDINES NATURALES. | RATIO CIRCUMQUE CLASSIS VEL ORDINIS ad totam copiam Phanerogamarum locis planis provenientium : | | | ADNOTATIONES. |
|----------------------------------|---|---|--------------------------------------|--|
| | In Zona æquinoxiali (Cal. med. 27°.) | In Zona temperata (Cal. 10°—14°.) | In Zona glaciali (Cal. 0°—1°.) | |
| Aganæ cellulosæ. | 1 : 5 | 1 : 2 | 1 : 1 | |
| Filices | | 1 : 60 | 1 : 25 | Germ. $\frac{1}{2}$ Gallia $\frac{1}{2}$ |
| Monocotyledones. | 1 : 6 | 1 : 4 | 1 : 3 | |
| Cyperoidæ. | 1 : 60 | 1 : 30 | 1 : 9 | |
| Graminæ. | 1 : 15 | 1 : 12 | 1 : 10 | |
| Juncæ. | 1 : 400 | 1 : 90 | 1 : 25 | Amer. bor. $\frac{1}{10}$ Gallia $\frac{1}{10}$ |
| Glumacæ vel tres ord. præced. | 1 : 11 | 1 : 8 | 1 : 4 | |
| Labiatæ. | 1 : 40 | 1 : 25 | 1 : 70 | Amer. bor. $\frac{1}{20}$ Gallia $\frac{1}{20}$ |
| Ericinæ et Rhododendra. | 1 : 130 | 1 : 100 | 1 : 25 | Amer. bor. $\frac{1}{10}$ Gallia $\frac{1}{10}$ |
| Compositæ | 1 : 6 | 1 : 8 | 1 : 13 | |
| Rubiaceæ. | 1 : 20 | 1 : 60 | 1 : 80 | Gallia $\frac{1}{10}$ Germ. $\frac{1}{10}$ |
| Umbellifera. | 1 : 2000 | 1 : 30 | 1 : 60 | Amer. bor. $\frac{1}{10}$ Gallia $\frac{1}{10}$ |
| Crucifera. | 1 : 3000 | 1 : 18 | 1 : 24 | Amer. bor. $\frac{1}{10}$ Gallia $\frac{1}{10}$ |
| Malvaceæ. | 1 : 50 | 1 : 200 | 0 | Amer. bor. $\frac{1}{10}$ Gallia $\frac{1}{10}$ Germ. $\frac{1}{10}$ |
| Leguminosæ. | 1 : 12 | 1 : 18 | 1 : 35 | |
| Euphorbiacæ. | 1 : 35 | 1 : 80 | 1 : 500 | |
| Amentacæ exclusis Casuarin. | | 1 : 45 | 1 : 20 | |

Adjectimus differentias notabiliores quas offerunt Zone temperatæ boreales utriusque Continentis. In universum minus fides habenda numeris absolutis quàm rationi qua crescunt vel decrescunt numeri a polo versus æquatorum aut ab æquatore versus polum.

Abbildung 4: Zahlenverhältnisse von 17 Pflanzenfamilien

| Ozeantische Zone. (Länge 29° D. und 20° B.) | | Mittlere Temperatur | | D e r t e r. | Transatlantische Zone. (Länge 67° D. und 97° B.) | | | |
|--|-------------|---------------------|--------------|--------------|---|-------------|--------------|--------------|
| geogr. Breite. | des Jahres. | des Winters. | des Sommers. | | geogr. Breite. | des Jahres. | des Winters. | des Sommers. |
| (Bondichéry) | 11° 55' | 29,6 | 25,0 | 32,5 | 10° 27' | 27,7 | 27,6 | 28,7 |
| Cairo | 30. 2 | 22,6 | 14,3 | 29,3 | 23. 10 | 25,6 | 21,8 | 28,5 |
| Funchal (Madera) | 32. 37 | 20,3 | 17,7 | 22,5 | 31. 28 | 18,2 | 9,2 | 26,2 |
| Rom | 41. 53 | 15,8 | 7,7 | 24,0 | 39. 6 | -12,0 | 0,5 | 22,7 |
| Bordeaur | 44. 50 | 13,6 | 5,6 | 21,5 | 39. 56 | 11,9 | 0,1 | 23,3 |
| Paris | 48. 50 | 11,0 | 3,5 | 18,1 | 40. 40 | 12,1 | -1,2 | 26,2 |
| Kopenhagen | 55. 41 | 7,6 | -0,7 | 17,0 | 42. 25 | 10,2 | +1,1 | 21,4 |
| Stockholm | 59. 20 | 5,7 | -3,6 | 16,6 | 46. 47 | 5,4 | -9,9 | 20,0 |
| Drontheim | 63. 24 | 4,4 | -4,6 | 16,3 | 57. 10 | -3,1 | -18,0 | 9,1 |
| Umeå | 63. 50 | 0,7 | -10,6 | 12,7 | 59. 2 | -3,7 | -14,0 | 11,2 |

Abbildung 5: Mittlere Temperaturen von 20 Städten

| Städte | Geographische Breite | Mittlere Temperatur | | Unterschied | Bemerkungen |
|-----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|-------------|---|
| | | bes. kaltesten Monats. | bes. wärmsten Monats. | | |
| Cumana | 10° 27' | 26,7 | 29,1 | 2,4 | Kastanien-, ohne Unterbrechung. Monstane, Erziehung bei Sandfläcken. Monstane. Nordwinde im Winter. Passatwinde, ohne Unterbrechung. Nordwinde im Winter. Insel-Klima. Transatlantische Zone. Inneres. Daffelbe Erziehungssystem. Zone von Ost-West. Transatlantische Zone. Daffelbe. Eben so. Südatlantische Zone. Binnenland. Daffelbe. Nördl. ben Meeresküsten. Transatlantische Zone. Daffelbe. Zone von West-Europa. Insel-Klima. Eben so. Binnenland. Ost-Europa. Küsten- und Insel-Klima. |
| Ponobdery | 11. 55 | 24,5 | 33,0 | 8,5 | |
| Matilla | 14. 36 | 20,0 | 30,5 | 10,5 | |
| Pera Cruz | 19. 11 | 21,1 | 27,6 | 6,5 | |
| Sap Francas | 19. 46 | 25,0 | 30,0 | 5,0 | |
| Savana | 23. 10 | 21,1 | 28,8 | 7,7 | |
| Sunfal | 32. 37 | 17,8 | 24,2 | 6,4 | |
| Matbeg | 31. 28 | 8,3 | 26,0 | 17,7 | |
| Cincinnati | 39. 6 | 0,8 | 23,6 | 24,4 | |
| Wefing | 39. 54 | 4,0 | 29,0 | 33,0 | |
| Wylabelfhia | 39. 56 | 1,2 | 25,0 | 26,2 | |
| Wen-Dorf | 40. 40 | 3,7 | 27,1 | 30,8 | |
| Wien | 41. 53 | 5,6 | 25,0 | 19,4 | |
| Wolland | 45. 28 | 1,0 | 24,0 | 23,0 | |
| Wien | 47. 29 | 2,4 | 22,0 | 24,4 | |
| Wien | 48. 50 | 1,7 | 21,0 | 19,3 | |
| Wien | 46. 47 | 10,0 | 23,0 | 33,0 | |
| Wien | 53. 21 | 3,1 | 15,7 | 12,6 | |
| Wien | 55. 57 | 3,5 | 15,2 | 11,7 | |
| Wien | 52. 14 | 2,7 | 21,3 | 24,0 | |
| Wien | 59. 56 | 13,0 | 18,7 | 31,7 | |
| Wien | 71 | 5,5 | 8,1 | 13,6 | |

Abbildung 6: Mittlere Temperaturen von 22 Städten

| Orte | Breite | Höhe in Toisen | Jahr | Winter | Früh- jahr | Som- mer | Herbst | Beobach- tungs- jahre |
|------------------------|--------|----------------------|-------|--------|---------------|-------------|--------|-----------------------------|
| Bordeaux | 44°50' | 4 | 13,9° | 6,1° | 13,4° | 21,7° | 14,4° | 10 |
| Straßburg | 48 35 | 75 | 9,8 | 1,2 | 10,0 | 18,1 | 10,0 | 35 |
| Heidelberg | 49 24 | 52 | 9,7 | 1,1 | 10,0 | 17,9 | 9,9 | 20 |
| Mannheim | 49 29 | 47 | 10,3 | 1,5 | 10,4 | 19,5 | 9,8 | 12 |
| Würzburg | 49 48 | 88 | 10,1 | 1,6 | 10,2 | 18,7 | 9,7 | 27 |
| Frankfurt a. M. | 50 7 | 60 | 9,6 | 0,8 | 10,0 | 18,0 | 9,7 | 19 |
| Berlin | 52 31 | 16 | 8,6 | -0,6 | 8,1 | 17,5 | 8,6 | 22 |
| Cherbourg kein Wein | 49 39 | 0 | 11,2 | 5,2 | 10,4 | 16,5 | 12,5 | 3 |
| Dublin | 53 23 | 0 | 9,5 | 4,6 | 8,4 | 15,3 | 9,8 | 13 |

Abbildung 7: Mittlere Temperaturen von 9 Städten

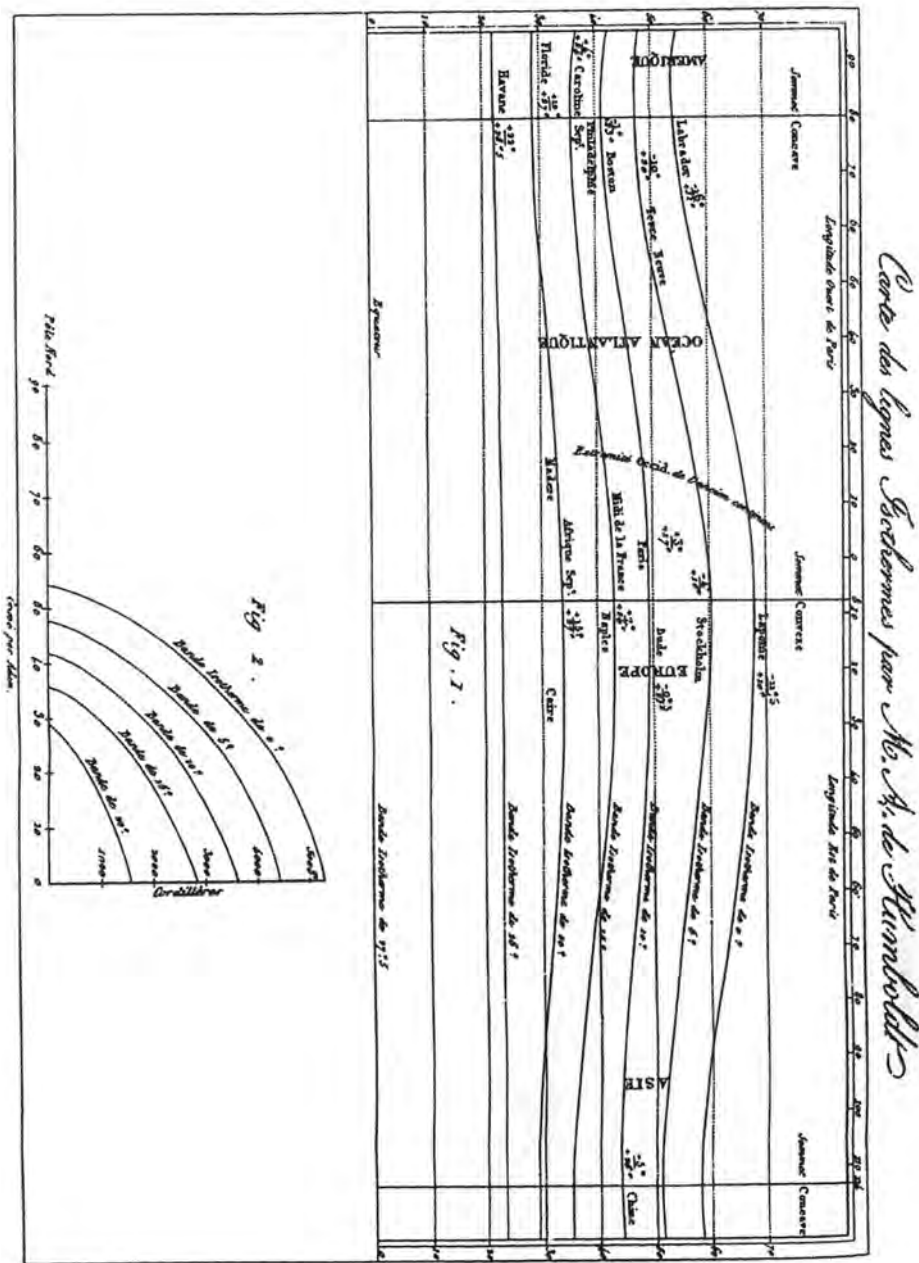


Abbildung 8: Weltkarte mit Isothermen

Inclination der Magnetnadel

beobachtet auf einer Reise nach dem Nordwesten Asiens und dem Caspischen Meere, von Alexander von Humboldt.

| Ort der Beobachtung. | Nörd- liche Breite. | Oestliche Länge von Paris. | Inclination. | | | Zeit der Beob- ach- tung. 1829. |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|--------------|-------------|-----------------------------|---|
| | | | Nadel A. | Nadel B. | Mittel beider Nadeln. | |
| 1. Berlin | 52°31' 13" | 11°33' 0" | | | 68°30' 7" | 9. Apr. |
| 2. Königsberg | 54 42 50 | 18 9 40 | 69°25' 2" | 69°26' 3" | 69 25 8 | 17. Apr. |
| 3. Sandkrug | 55 42 13 | 18 47 30 | 69 40 4 | 69 39 3 | 69 39 8 | 20. Apr. |
| 4. Petersburg | 59 56 31 | 27 59 30 | 71 3 4 | 71 10 0 | 71 6 7 | 6. Dec. |
| 5. Moskau | 55 45 13 | 35 17 0 | 68 57 5 | 68 56 0 | 68 56 7 | 6. Nov. |
| 6. Kasan | 55 47 49 | 46 44 9 | " " " | " " " | 68 26 7 | 10. Mai. |
| 7. Ekatherinenburg | 56 48 57 | 58 17 43 | 69 9 8 | 69 9 7 | 69 9 7 | 15. Juli. |
| 8. Beresowsk | 56 54 36 | 58 27 31 | | | 69 13 2 | 20. Juni. |
| 9. Nishnei Tagilsk | 57 54 57 | 57 42 26 | | | 69 29 8 | 30. Juni. |
| 10. Nishnei Turinsk | 58 41 0 | 57 40 0 | 70 57 5 | 70 59 9 | 70 58 7 | 2. Juli. |
| 11. Tobolsk | 58 12 39 | 65 58 25 | 70 58 0 | 70 53 3 | 70 55 6 | 23. Juli. |
| 12. Barnaul | 53 19 21 | 81 50 3 | 68 8 8 | 68 10 8 | 68 9 8 | 1. Aug. |
| 13. Smeinogorsk | 51 8 49 | 80 15 15 | 66 5 9 | 66 5 1 | 66 5 5 | 8. Aug. |
| 14. Ust Kamenogorsk | 49 56 15 | 80 47 13 | 64 48 0 | 64 47 2 | 64 47 6 | 20. Aug. |
| 15. Omsk | 54 59 7 | 71 35 3 | 68 56 3 | 68 52 2 | 68 54 2 | 27. Aug. |
| 16. Petropawlowski | 54 52 23 | 67 21 49 | 68 18 2 | 68 18 6 | 68 18 4 | 30. Aug. |
| 17. Troitzk | 54 4 45 | 59 43 0 | 67 14 6 | 67 13 7 | 67 14 2 | 3. Sept. 72. |
| 18. Miask | 54 59 0 | 58 2 0 | 67 41 3 | 67 39 0 | 67 40 2 | 6. Sept. |
| 19. Slatoust | 55 9 0 | 57 46 0 | 67 42 9 | 67 43 6 | 67 43 2 | 9. Sept. |
| 20. Kyschtim | 55 37 0 | 58 16 0 | 68 44 4 | 68 47 5 | 68 45 9 | 12. Sept. |
| 21. Orenburg | 51 45 51 | 52 46 15 | 64 41 5 | 64 39 9 | 64 40 7 | 23. Sept. |
| 22. Uralsk | 51 11 49 | 49 1 43 | 64 18 5 | 64 20 2 | 64 19 3 | 28. Sept. |
| 23. Saratow | 51 31 12 | 43 46 13 | 64 39 1 | 64 42 7 | 64 40 9 | 4. Oct. |
| 24. Sarepta | 48 30 25 | 42 15 54 | 62 16 6 | 62 15 2 | 62 15 9 | 9. Oct. 710. |
| 25. Astrachan | 46 21 12 | 45 46 57 | 59 59 7 | 59 57 0 | 59 58 3 | 20. Oct. |
| 26. I. Birutschiskaja | 45 43 42 | 45 19 6 | 59 21 6 | 59 21 2 | 59 21 4 | 15. Oct. |
| 27. Woronesch | 51 39 0 | 36 51 0 | 65 9 2 | 65 14 9 | 65 12 0 | 29. Oct. |

Abbildung 9: Inklination der Magnetnadel auf der Russlandreise

Marcus Rauterberg
für Dagmar (16.3.1967-26.11.2017)

Naturkunde und Naturwissenschaft im Sachlernen der Elementar- und Primarstufe

Am – wie mir scheint – Ende des Widerstreits um naturwissenschaftliches, naturkundliches oder Naturlernen im Elementar- und Primarbereich steht nicht Konsens, sondern Kontroverse. Der Gewinn der Debatte besteht darin, dass tatsächlich eine Kontroverse stattgefunden hat und die Positionen (nun) klar(er) erkennbar sind. Innerhalb der verschiedenen beteiligten Diskurse sind sie ausdiskutiert, aus anderen Diskurszusammenhängen kritisierbar. Eingang meines Beitrags scheint es mir deshalb sinnvoll, meinen Diskurszusammenhang offenzulegen sowie mein Verständnis der potentiell zentralen Lehrgegenstände Naturkunde und Naturwissenschaft zu skizzieren (1).

Im anschließenden didaktischen Teil (2) werden beide auch unter Bezugnahme auf fachdidaktische Beiträge aus der Chemie und Physik im Hinblick auf ihre Tauglichkeit als Lehrgegenstand geprüft. Zur Verbildlichung verweise ich in dieser Passage auf einen Beitrag von Bernhard Potthoff auf der 2. Tagung der Reihe „Umgangsweisen mit Natur(en) in der Frühen Bildung“ im Jahr 2014 (vgl. Potthoff 2016); zur „theoretischen Einordnung“ meiner didaktischen Position beziehe ich mich auf den „Bildungsrahmen Sachlernen“ von Pech und Rauterberg (Pech/Rauterberg 2013).

Im letzten Teil (3) komme ich auf den Eingangssatz zurück, dass ich das Ende der Debatte um Naturwissenschaft in der frühen Bildung für erreicht halte, sofern nicht eine Seite ihre Positionen revidiert. Im Abschlussteil geht es darum, die kontroversen Punkte zu benennen und Ausblicke zu skizzieren.

1 Positionen und Definitionen

Positionierung

Als gelernter Erzieher und Didaktiker vertrete ich einen Sachunterricht, der nicht fachbezogen konzipiert wird. D.h., ich sehe die Aufgabe des Sachlernens in Grundschule und Kindergarten nicht in einer Propädeutik für die einzelnen Bezugsfächer der Sekundarstufen, wohl aber propädeutisch für das Verständnis einer naturwissenschaftlichen Perspektive auf „die Welt“. Früher lag mein Fokus hierbei auf der Primarstufe, jetzt auf dem „Welterkunden“ der Frühkindlichen Bildung. Innerhalb dieses sog. „Bildungsbereichs“ arbeite ich zur Weltbegegnung von *Kindern* inner- und außerhalb didaktischer Settings und mit den Lehrgegenständen *Naturwissenschaft* und *Naturkunde*. Ausgangspunkt für nachfolgende Überlegungen ist die Beobachtung, dass zahlreiche Konzeptionen im Elementarbereich „naturwissenschaftliche Bildung“ für sich reklamieren (vgl. z.B. Lück

2009). Bei genauerer Betrachtung meine ich allerdings feststellen zu können, dass es sich in der Regel beim Lehrgegenstand nicht um die proklamierten modernen Naturwissenschaften¹ handelt und die beschriebenen Prozesse sich eher als Lehren und Lernen bezeichnen lassen. Vor diesem Hintergrund werden im vorliegenden Beitrag die lehrende und die lernende Passung zwischen Kind und Naturwissenschaft bzw. Kind und Naturkunde geprüft. Alle drei Aspekte stelle ich kurz vor.

Kinder in ihrer Weltbegegnung

Ich bin neugieriger Beobachter, wenn Kinder sich – ich würde sagen – *ihrer* Welt interessiert zuwenden. Ich sehe Muriell, 2,5 Jahre, wie sie auf dem Stuhl sitzend aus der zurückgelehnten Haltung näher herankommend sich der Weinbergschnecke auf dem Tisch langsam mit ihrem Oberkörper zuneigt, die Schnecke betrachtet, auf den Schaum in der Öffnung des Schneckengehäuses fokussiert, diesen mit einem Blattstiel abnimmt, einen Stein damit „bepinselt“, dann ihren Finger auf den Stein legt – eine Weile weiteren handelnden Umgangs vergeht, bis Muriell nach vorne gebeugt den Schaum an der Schnecke direkt mit dem Finger berührt. Kein Wort die ganze Zeit.

Ich meine, ihr Handeln zu verstehen, ich meine Muriells Handeln verstehen zu können, d.h., es als für sie sinnvolle Handlungsabfolge interpretieren zu können. Das Handeln in Worte zu fassen, gelingt mir in Erwachsenensprache gut, in der Sprache, die ich für Muriell annehme, deutlich schwerer (vgl. Rauterberg 2010). Im letzten Teil des Satzes steckt eine Differenzierung, die sich als Scheide in der Sachdidaktik benennen lässt: Aus der Perspektive von Erwachsenen, insb. fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Naturwissenschaftler_innen, lässt sich der kindliche Umgang mit Natur in Kategorien der Erwachsenen routiniert fassen und damit Identität mit dem bzw. Anschlussfähigkeit an das Fachwissen behaupten oder konstruieren (vgl. Steffensky 2017, S. 6f.). Vielfach wird auf solchen Interpretationen von Beobachtungen kindlichen Umgangs mit Natur die Möglichkeit einer naturwissenschaftlichen Lehre begründet.² Für diese Art der Interpretation muss angenommen werden, dass Kinder gleich denken, gleich Welt ordnen, gleiche Interessen usw. haben können und haben wie Erwachsene, genauer: wie fachlich denkende Erwachsene.

Die andere Position lässt sich markieren als eine, die der Kindersicht eine Sprache zu geben versucht und die mit Martha Muchow davon ausgeht, dass die Kinder die Welt nicht nur umnutzen/umleben, sondern auch umdenken (vgl. Muchow 2012).

Bei Muriell beobachte ich erkenntnisorientiertes Handeln mit einem Phänomen: Sie strukturiert ihre Handlungen, bestimmt selber deren Ende und ist offenbar in der Lage, eine für sie wichtige Erkenntnis zu gewinnen, die sich als Herstellung eines (neuen) Verhältnisses zwischen ihr und ihrem Gegenstand bezeichnen lässt. Diese Charakterisierung der kindlichen Weltbegegnung ist keine, die Kinder treffen, vielmehr sind alle Aussagen über kindliches Agieren Aussagen von Erwachsenen. Die Aussagen sind insbesondere dann schwer zu belegen, wenn man eine Differenz zwischen kindlicher und erwachsener Weltansicht annimmt, die Kinder also den Aussagen nicht zustimmen können.

¹ Aus meiner Sicht weder im nachfolgend dargestellten Sinne noch im Sinne von Kosler (vgl. 2018).

² Eine noch weitergehende Position findet sich im folgenden Zitat: „... beschäftigen sich Kinder beim Explorieren ihrer Umgebung von sich aus mit Naturwissenschaften ...“ (Steffensky 2017, S. 6).

Mein Kindbild geht davon aus, dass Kinder bewusst und für sich sinnhaft von ihnen konstruierte phänomenbezogene Sachverhalte in einem für sie relevanten Grad handelnd klären können – wenn man sie lässt. Ich unterstelle, dass sich sowohl diese Sachverhalte als auch die Klärungen von jenen der Naturwissenschaften unterscheiden.

Naturwissenschaft

Für das Verständnis von Naturwissenschaft in Differenz zu Naturkunde war mir der Band „Die Geburt der naturwissenschaftlichen Methode“ von Hall aus dem Jahr 1963 hilfreich, in dem der Autor eine historische Perspektive auf die Entwicklung der Naturwissenschaft einnimmt. Den Ursprung der europäischen Naturwissenschaft sieht er in Griechenland im System der ineinandergreifenden Begriffe, das ausreiche, „die gesamte Vielfalt der Natur zu erklären“ (Hall 1963, S. 11).

„Sie waren vor allem theoretische Wissenschaftler, doch gleichzeitig erörterten sie kritisch das Verhältnis zwischen den Theorien und der tatsächlichen Wahrnehmung der Vorgänge in der Natur. Sie legten sowohl für die beobachtende Biologie als für die theoretische Physik den Grund.“ (Ebd.)

Hall differenziert die „beobachtenden“ Naturwissenschaften von den „theoretischen“ und weist die Mathematik als das neue der modernen Naturwissenschaften aus (a.a.O., S. 12).

In seinem Band fokussiert er dann auf die neue Naturwissenschaft:

„[...] weil sich bei ihnen die tiefsten Veränderungen des Denkens finden und weil sie die großen Fragen über das rationale Verständnis des Universums gestellt haben. Zugleich habe ich versucht, dem geistigen Inhalt der beschreibenden Wissenschaften Gerechtigkeit widerfahren zu lassen, wenn auch weniger ausführlich, da diese noch nicht das gleiche Ordnungsniveau wie die exakten Wissenschaften erreicht hatten und auch noch nicht dieselben Fähigkeiten zu erklären besaßen.“ (A.a.O., S. 14)

Mathematisiert und *exakt* als Eigenschaften der neuen, *beschreibend* und *weniger Ordnungs- und Erklärungskraft besitzend* als Charakterisierung der alten Naturwissenschaft. Halls Abhandlung und die Geburt der naturwissenschaftlichen Methode³ enden 1720 etwa 150 Jahre vor Alexander von Humboldts Tod. Von Humboldt wäre nach Halls Systematisierung⁴ den beschreibenden Wissenschaftlern zuzuordnen. Gleichwohl hat er – besonders prominent im Naturgemälde (vgl. am Ende des Beitrags von Knobloch in diesem Band) – bahnbrechende Ordnungen aufgestellt, sodass in Bezug auf den Vergleich der Erkenntnisse alter und neuer Naturwissenschaft eher von einem qualitativen „anders“ gesprochen werden kann, als wie bei Hall von Defiziten im gleichen Ordnungsniveau bzw. bei der Erklärungsfähigkeit (vgl. ebd.).

Die theoretische Mathematisierung oder die mathematische Theoretisierung stellt das zentrale Differenzkriterium zwischen Naturkunde und Naturwissenschaft dar. Damit arbeitet die Naturwissenschaft in Bezug auf Phänomene deduktiv (prognostisch), die Naturkunde von den Phänomenen ausgehend induktiv.

³ Nicht thematisiert, aber im Hinblick auf die Bezugsnahmen auf das Beispiel von Potthoff sowie den Bildungsrahmen Sachlernen im zweiten Kapitel soll betont werden, dass Hall die Naturwissenschaften über die Methode, nicht über den Gegenstand definiert.

⁴ Historisch fällt von Humboldt nach Halls Chronologie jedoch in die Zeit der neuen Naturwissenschaften.

Naturkunde

In der Diskussion der Primardidaktik spielt der Begriff der Naturkunde meiner Kenntnis nach keine Rolle (mehr), was mit dem historisch zumindest ambivalenten Verhältnis des Sachunterrichts zur Heimatkunde im Zusammenhang stehen mag. Einer Heimatkunde, die einerseits mit den Kindern anschauend erkundete, andererseits aber zum Beispiel – was Ende der 1960er Jahre suspekter war – den Kindern auch in der Großstadt ihre Umgebung überwiegend als ländliches harmonisches Idyll verkündete. Die Abschaffung der Heimatkunde im Primarbereich um 1970 und die damit einhergehende Einführung des u.a. auf die Naturwissenschaften bezogenen Sachunterrichts führte nicht – wie der Name des Faches und eine Abgrenzung von der Heimatkunde nahegelegt hätten – zu einer Versachlichung, sondern zu einer Verfachlichung, und im Hinblick auf die modernen Naturwissenschaften zu didaktischen Problemen,⁵ die bis heute nicht grundlegend gelöst sind u.a.:

- Was wäre ein der Fachwissenschaft angemessenes Naturwissenschaftsverständnis in der Didaktik des Primar- und Elementarbereichs?
- Wann können Kinder naturwissenschaftlich denken?
- Wann können Kinder an Naturwissenschaften herangeführt werden? (vgl. Kosler 2017 und s.u.).

Trotz offener Fragen wird ein „naturwissenschaftlicher Sachunterricht“ praktiziert – seit den 1970er Jahren im Primarbereich, seit etwa 10 Jahren auch im Elementarbereich.⁶

In der Elementardidaktik kann einem der Begriff Naturkunde begegnen (vgl. z.B. Steffensky 2017, S. 21; Plappert 2013), allerdings ohne dass Begriff oder Konzept dabei weitergehend dargelegt werden würde.

Ohne dessen Tragweite zu begreifen, kam ein Hinweis auf die Naturkunde schon vor Jahren von einer Biologin, die für den Bereich der Quallenforschung sagte, dass die (zeichnende) Morphologie dort zentraler Bestandteil sei.⁷ Später kamen über Romane von Daniel Kehlmann und Andrea Wulf und, dadurch angeregt, historische Naturkundler wie Haeckel, Brehm und von Humboldt sowie zeitgenössische naturkundliche Dokumentationen wie „+/- 5 Meter“⁸ hinzu. Hieraus und aus Halls Aussagen ziehe ich Naturkunde als

⁵ Man kann die didaktischen Probleme hier auch als Appendix der Selektionsfunktion von Schule sehen: Eine Versachlichung würde keine Lehr-Deutung der Sache vorgeben, es wäre gewissermaßen ein im Hinblick auf den Gegenstand, die Sache, deren Deutung offener Unterricht, der in ganz anderer Weise als traditionell entscheiden müsste, welche Aussagen als richtig und falsch gelten sollen. Zur Deutungsvielfalt der Phänomene und der Wissenschaftsähnlichkeit dieser Auffassung finden sich Ausführungen im Beitrag von Jochen Lange in diesem Band.

⁶ Auch wenn das „Haus der kleinen Forscher“ seine Gesellschaftsanalyse verändert hat (s. Fußnote 1 im Beitrag von Scholz in diesem Band) und auch das päd. Konzept auf die Einspeisung einer naturwissenschaftlichen Deutung (neuerdings) verzichtet, wird weiterhin eine naturwissenschaftliche Bildung proklamiert und 10-jähriger Geburtstag mit der Kanzlerin gefeiert (vgl. <https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/ueberuns/die-stiftung/10-jahre-haus-der-kleinen-forscher/> Zugriff am 27.1.2018).

⁷ Ein Klassiker in diesem Bereich sind die Quallenskizzen von Ernst Haeckel (2005).

⁸ Eine Tier-/Naturdokumentationsreihe, die in der Folge „Die Aller kleinsten retten“ einen gegenwärtigen Naturkundler zeigt (min. 35), der von Wassertieren Zeichnungen, Beschreibungen und Beobachtungsprotokolle anfertigt.

- *methodisch* ein messendes, ästhetisches Forschen, ein Sammeln und induktives Kategorisieren von Naturphänomenen
- mit dem *Ergebnis* von z.B. (auch berechneten⁹) Messwerttabellen, die abstrahierte Aussagen über Phänomene ermöglichen, Bildern u.a. im Sinne von Schemazeichnungen (von Humboldt¹⁰, Haeckel¹¹), feinen Portraits und ökologischen Gemälden (Brehm) sowie Berichten über Begegnungen mit Tieren und „Geschichten“ über Tiere (Brehm¹²).

Wird Naturkunde Gegenstand der Didaktik, können beide Aspekte, Methoden und Ergebnisse, im Hinblick auf ihre Eignung als Gegenstände der Lehre von Kindern im Elementar- bzw. Schüler_innen im Primarbereich geprüft werden.

„Die Abgrenzung zwischen Naturwissenschaft und Naturkunde/Naturgeschichte ist sicher komplizierter als es auf den ersten Eindruck erscheint.“ (Rauterberg/Scholz in der Tagungseinladung)

Zusammenfassend sehe ich, dass sich die modernen, axiomatischen, mathematisch theoretisierten Naturwissenschaften Physik und Chemie von den Naturwissenschaften Biologie, Geografie, Geologie etc. dadurch differenzieren lassen, dass Physik und Chemie keinen naturkundlichen Anteil umfassen, die übrigen genannten neben einem naturkundlichen Anteil für ihre Erkenntnisse auch auf Chemie und Physik zurückgreifen. D.h., die Naturkunde ist auch gegenwärtig ein relevanter Anteil der Naturwissenschaft insgesamt. Nur in Bezug auf Physik und Chemie – in der didaktischen Auseinandersetzung – von Naturwissenschaft zu sprechen, greift zu kurz, sie stellen jedoch die jüngeren, modernen, axiomatischen Naturwissenschaften dar, womit sie durch ihre Mathematisierung – im Vergleich zum Alltag und der Naturkunde – eine besondere Sprache nutzen und als in besonderer Weise komplex anzusehen sind.

Didaktisch gewendet können Physik- und Chemiedidaktik für sich keinen Alleinvertretungsanspruch der Naturwissenschaften reklamieren. Vielleicht ergeben sich gerade aus dem Insistieren auf den Naturwissenschaften Physik und Chemie im Elementar- und Primarbereich didaktische Probleme, die unter Einbeziehung der Naturwissenschaften mit naturkundlichem Anteil gar nicht beständen. D.h. die beiden vorgestellten Naturforschungsansätze müssen auf ihr didaktisches Potential geprüft werden.

⁹ Um einem möglichen Einwand, damit sei die Naturkunde als Verfahren für Kinder im Elementar- und Primarbereich (auch) nicht geeignet, vorzugreifen: Ggf. können Kinder den berechnenden Teil der Naturkunde, der nicht mit dem (zwingend) mathematisierenden der modernen Naturwissenschaft verglichen werden kann, nicht durchführen. Vielleicht können sie aber auch feststellen, dass die meisten Bäume im Wald zwei Kinder dick sind, nur wenige Bäume drei Kinder dick. In der Reggiopädagogik finden sich Beispiele zum Berechnen und Messen u.a. im Hinblick auf die Kommunikation mit einem Tischler bzgl. der Maße für einen zu bauenden Tisch.

¹⁰ Siehe u.a. das Naturgemälde am Ende des Beitrags von Knobloch in diesem Band.

¹¹ Haeckels Studien zu Naturformen (vgl. Haeckel 2005)

¹² „Brehms Thierleben: Eine Auswahl der schönsten Texte und Illustrationen“ (vgl. Dudenreaktion 2012) und „Brehms Tierleben. Die schönsten Geschichten“ (vgl. Brehm 2009)

2 Didaktik

„Sind naturkundliche Forschungsmodelle für Kinder besser geeignet, um Fragen des Umgangs mit der Natur und der Interpretation von Natur zu bearbeiten als naturwissenschaftliche?“ (Rauterberg/Scholz in der Tagungseinladung)

Fast zwingend muss hier eine Gegenüberstellung her, in der nicht primär die Erkenntnisleistungen zweier differenter Naturforschungsmodelle verglichen werden, sondern es um einen Vergleich der Eignung für das Lernen von Kindern in einem Lehrkontext geht. Gleichwohl muss hierzu der Gegenstand als didaktischer skizziert werden.

Die Lehr-Gegenstände

Es geht bei Naturkunde-Lehren wie bei Naturwissenschaft-Lehren nicht primär um das Lernen von oder über Natur. Die alternativen Gegenstände sind kulturelle. Erst vermittelt über diese, gerät das jeweilige „Bild von Natur“ in den Blick. Präziser ausgedrückt: Die Forschungsansätze stellen in ihrem und durch ihren Erkenntnisprozess ihr jeweiliges Bild von Natur erst her und operieren insofern mit unterschiedlichen Naturen. Damit ist die Naturerkenntnis, die Aussage über Natur erst das Ergebnis des Forschungs-, des Erkenntnisprozesses – und aus Sicht einer Alltagswahrnehmung erkennt man in manchen Fällen die Natur gar nicht wieder.¹³ Didaktische Lehrgegenstände sind die historisch-kulturellen Konstrukte *Naturwissenschaft* bzw. *Naturkunde*.

„Wissenschaft“ und „Kunde“ sind entsprechend nicht zwei alternative Wege zum selben Erkenntnis- wie Lehrziel und das eine ist nicht Etappe des anderen. In den Naturwissenschaften Biologie, Geografie, Geologie etc., allen Naturwissenschaften bis auf Chemie und Physik, stellt die Kunde jedoch einen zentralen Anteil dar. Dabei lassen sie sich nicht in ein hierarchisches Verhältnis mit den modernen Naturwissenschaften bringen: Sie ermöglichen Unterschiedliches, bieten damit unterschiedliche Lehrgegenstände an und – folgt man Litt – auch unterschiedliche Haltungen zur Natur (vgl. Scholz 2018).

Was in Lehrinstitutionen tradiert werden soll, ist dann eine normative Frage, deren Antwort sich in Curricula zeigt: Was ist es *uns* wert, was nicht?

Repräsentation und Lebensform

Die Erwachsenen – kann man mit Mollenhauer sagen – tradieren für zukunftsfähig und der Bildung zuträglich gehaltene Bestände ihrer Lebensform (vgl. Mollenhauer 2008, S. 20) und geben damit zugleich eine Selbstauskunft über ihre Lebensform.

Mit den post Pisa Restrukturierungen des Elementarbereichs haben sich die (bildungspolitischen) Erwachsenen entschieden, eine neue Haltung gegenüber recht kleinen Kindern einzunehmen. Es handelt sich um eine (oftmals schulähnliche¹⁴) Lehrhaltung. Über diese im Modus des Rationalen nachzudenken, kann als Aufgabe der Erziehungswissenschaft angesehen werden. In diesem Rahmen lässt sich mindestens zweierlei fragen:

¹³ Beispielsweise dann, wenn – wie in Physik und Chemie – Natur als Formel bzw. Gleichung formuliert wird.

¹⁴ Womit sich gegen Potentiale der sozialpädagogischen Didaktik entschieden wurde, die Rahn (2017) beschreibt.

- Was *sollen* die null- bis sechsjährigen Kinder und die sechs- bis zehnjährigen Schüler_innen aus den kulturellen Beständen *lernen*? Folglich lehren wir sie es.
- oder
- Was *könn(t)en* die Kinder und Schüler_innen *handeln*? Folglich lehren wir sie dieses.

Lernen im Kontext von Lehren verweist in der modernen medialen Welt auf Sprache und Schrift. Anders gesagt: Das Wissen über die Welt, die Deutungen der Welt liegen in der modernen Welt symbolisiert vor, d.h. in Zeichen oder Buchstaben. Die Methoden und Wege mögen dann unterschiedlich sein, Ziel des Unterrichts ist die Tradierung kulturell relevanter Deutungen (z.B. von Natur). Soll dieses Wissen von Kindern nicht nur geglaubt werden, sondern nachvollzogen und geprüft werden können, muss eine Kompetenz zu routiniertem Lesen und Schreiben bzw. für Mathematik gegeben sein. Solange Kinder dies nicht mit einer gewissen Routine können, sollten andere, für sie kontrollierbare Handlungen im Mittelpunkt der Didaktik stehen.

Dieser Verweis auf die Kontrollmöglichkeiten stellt eine normative Positionierung dar, die sich auf einem Überwältigungsverbot gründet, welches Pädagog_innen das Initiieren eines Glauben-Müssens¹⁵ dort untersagt, wo die Kinder selbst die Sachverhalte nicht überschauen und potentiell nachprüfen können.

Einfaches und Schweres

Ich befasse mich innerhalb der Didaktik mit Fragen des Lehr-Gegenstandes und des Lehrens. Beide Aspekte sind vergleichsweise einfach zu thematisieren. Denn: Über Naturkunde, Naturwissenschaft, Lehrmethoden findet der Diskurs schriftsprachlich unter Erwachsenen statt, was ermöglicht, sich im Widerstreit auf Definitionen und Differenzen zu einigen oder zumindest zu beziehen.

Viel weniger können wir dagegen wissen, ob wir angemessen über das Lernen, Lernen-Können, Lerninteresse, Weltbedeuten usw. insbesondere junger Kinder sprechen. Hier haben wir bei Kindern nur deren Handlungen zur Beobachtung und zur Interpretation. Deren Verifikation findet ggf. unter Erwachsenen statt. D.h. knapp ausgedrückt: Es sprechen besuchte Köpfe über die Weltordnungen unbesuchter Köpfe.

Insofern sind Aussagen über Kinder schwer zu treffen, was etwa bei Antworten auf die Fragen, wann Kinder an ein naturwissenschaftlich angemessenes Naturwissenschaftsverständnis herangeführt werden (vgl. Kosler 2017, S. 1) bzw. wann Kinder naturwissenschaftlich denken können (vgl. ebd.), auffällt.

Vier Anmerkungen hierzu

- 1) Zur Realisierung: Wer führt denn? Wer kann angesichts des bei Kosler (2017), Knobloch (2018) und Hall (1963) herausgearbeiteten, komplexen Naturwissenschaftsverständnisses Kinder dorthin führen? Wer hat in Grundschule und Kita adäquate Expertise für den Gegenstandsbereich Naturwissenschaft? Man könnte auch fragen, warum nach dem Denken-Können der Kinder, nicht aber nach dem Lehren-Können der beteiligten Erwachsenen gefragt wird.

¹⁵ In der Schule von Selektionsmechanismen flankiert.

- 2) Wer bestimmt: Eine Antwort auf die Frage nach dem Zeitpunkt ist leicht: *Immer* können die Erwachsenen die Kinder heranzuführen, denn die Erwachsenen sind in diesem Satz implizit die Aktiven, sind die Mächtigeren und die einzigen, die das Ziel, an das herangeführt werden soll, kennen und insofern in der Lage sind, hinzuführen. Aus meiner Sicht lautet die Frage eher, was das Hinzuführen mit den Kindern/Schüler_innen und den Erwachsenen in unterschiedlichen Lebensaltern¹⁶ macht. Etwas spezifischer: Was könnten die Kinder da lernen? Und was bedeutet Lernen dann? Aber auch: Was bedeutet Lehren da?
- 3) Zum Können: Aus meiner Sicht ist die Frage, „wann das Denken der Kinder ‚etwas‘ ist“ oder „wann man die Kinder ‚etwas‘ kann“ über empirische Kinderlernforschung nicht klärbar und angesichts des Vorstehenden vielleicht auch gar nicht relevant.
 - Hier wäre eine Forschung aufschlussreich, die klärt, ab welchem Alter die Erwachsenen – in unterschiedlichen Kulturen – Kinder Naturwissenschaft lehren wollen, sich dazu in der Lage sehen und mit welcher Begründung sie das – auch historisch – jeweils tun. Das Alter für die naturwissenschaftliche Lehre ist bei uns in den letzten 50 Jahren erheblich gesunken. Dabei ist nicht davon auszugehen, dass sich das Kinderdenken in diesem Zeitraum so gravierend verändert hat. Damit ist diese Verschiebung über das Denken-Können der Kinder gar nicht klärbar, sondern über – ggf. sogar forschungsbasiert – verändertes Denken der Erwachsenen über Kinderdenken. Eine auf die Erwachsenenkultur bezogene Forschung könnte aber auch ein verändertes Denken der Erwachsenen über das, was Kindern lernen sollen, konstatieren, das – weitgehend unabhängig von Erkenntnissen zum Denken-Können – bildungspolitisch begründet ist.
 - Die in der Denkfrage implizite Individualisierung und Psychologisierung lässt Antwortmöglichkeiten aus dem Blick, die klärungsmächtig sein könnten. Dass sich eine Kultur entscheiden kann, Kinder früher an Naturwissenschaften heranzuführen, kann man in anderen Ländern sehen. Welche Folgen, welche Wirkungen, welche Bedeutungen, welche Änderungen im Verhältnis der Kinder zu den Erwachsenen und umgekehrt das hat, wird sich kaum sicher sagen lassen. Lück konstatiert für ihr frühes Experimentieren ein Lernen bzw. Erinnern (vgl. Lück 2009, S. 86ff.), Gröger/Janssen/Wurm gehen von Anbahnungen aus (vgl. 2018, S. 72, S. 75). Was die Beziehungsebene angeht, so betont die Autor_innengruppe, dass den Kindern Fragen und Deutungen nicht aufgedrängt wurden (vgl. a.a.O., S. 75, S. 76). Dies sind nur „Antworten“, die sich eng auf ein unmittelbares, zeitnahes Lernen beziehen. „Wirkungen“ auf das weitere Naturwissenschaft-Lernen¹⁷, auf das Verhältnis zur Natur oder das zwischen Kindern

¹⁶ Ob Alter hier eine angemessene Kategorie ist, wird bezweifelt, aber an dieser Stelle nicht diskutiert.

¹⁷ Lück misst den langfristigen Effekt aus der Kindheit auf ein Interesse an Naturwissenschaften anhand von Aussagen, die Bewerber_innen für ein Chemiestudium treffen (Lück 2009, S. 92). Allerdings führt sie die dabei erhobene „Langzeitwirkung“ (a.a.O., S. 95) auf „die frühkindliche Heranzuführung an *Naturphänomene*“ (a.a.O., S. 94 (Hervorh. MR)) zurück, leitet daraus jedoch ein Argument „für einen frühzeitigen Beginn einer *naturwissenschaftlichen* Bildung“ ab (a.a.O., S. 95 (Hervorh. MR)). Aufgrund dieser Inkonsistenz wird Lücks

und Erwachsenen kommen hingegen nicht in den Blick, die Frage möglicher perverser Effekte auf das weitere Naturwissenschaft-Lehren ebenfalls nicht.

- Verlässt man die psychologische Frage- und Denkrichtung, ließe sich anhand von Curriculumanalysen feststellen, wann Erwachsene Kinder an Naturwissenschaften bzw. die für Naturwissenschaft-Denken notwendigen Kompetenzen herangeführt haben. Man könnte die Frage nach dem geeigneten Zeitpunkt für die Naturwissenschaftslehre über das Curriculum bestimmen. Der richtige Zeitpunkt ist dann der, über den gesagt werden kann: Wir haben die Kinder jetzt alles gelehrt, was sie zum Naturwissenschaft-Lernen-Können brauchen. D.h. der Zeitpunkt für eine Naturwissenschaftslehre müsste nicht auf einer Entwicklung basierend gedacht werden, er könnte auf Lehre basiert werden.
- 4) Zur Fachdidaktik: Nicht nur die Kinder, deren Können oder Entwicklung machen einer frühen naturwissenschaftlichen Lehre Probleme, auch die Seite des Gegenstandes „Naturwissenschaft“ stellt die Didaktik vor Herausforderungen: Ein Problem sieht Kosler darin, dass sowohl Wissenschaftsforschung als auch Didaktik es bisher nicht geschafft haben, das komplexe Bild naturwissenschaftlichen Denkens über einzelne Gegenstandsbereiche hinausgehend für den Elementar- und Primarbereich zu reduzieren (vgl. Kosler 2017, S. 7). Auch die fachliche Angemessenheit für Elementar- und Primarbereich liegt im Ermessen der Erwachsenen. Intendiert man über vermeintliche Anbahnungen oder Lernen im Vorfeld von Disziplinen hinausgehende, im fachlichen Sinne „näher“ an der Naturwissenschaft verbleibende didaktische Reduzierungen, lässt sich im Sinne der o.g. Naturwissenschaftsdefinition sagen: ohne mathematischen Ausdruck verlieren physikalisch und chemische Lehrgegenstände das sie ausmachende Charakteristikum. Insofern lässt sich nicht nur aus kindheitspädagogischer Sicht fragen, wie es zu der Idee kommen konnte, (kleine) Kinder (ausgerechnet) moderne Naturwissenschaft lehren zu wollen, auch aus naturwissenschaftlicher Sicht wäre diese Frage durchaus plausibel. Insofern wird die Orientierung an Naturwissenschaft in fachlichen Curricula und Konzeptionen und in der Folge auch in der didaktischen Praxis womöglich de facto fallen gelassen, obwohl sie Intention ist. Oder anders gesagt: Schauen sich Physiker_innen oder Chemiker_innen das an, was in den zahlreichen Programmen zur „Naturwissenschaftlisierung“ von Kindern geplant und getan wird, erkennen sie ihre Naturwissenschaft gar nicht wieder. Was ist eigentlich mit der Möglichkeit, dass Kinder durch den didaktisch reduzierten Gegenstand in der naturwissenschaftlichen Lehre ein unzutreffendes Bild von Naturwissenschaft gezeigt wird und sie es ggf. auch lernen.¹⁸

Erhebung in dieser Aussage nicht berücksichtigt. Steffensky sieht Fragen „[...] zur langfristigen Wirkung früher naturwissenschaftlicher Bildungsprozesse offen.“ (Steffensky 2017, S. 6)

¹⁸ Z.B. die Intention, von einem Experiment induktiv auf ein naturwissenschaftliches Gesetz bzw. Modell zu schließen.

Eine andere Orientierung: der Bildungsrahmen Sachlernen

Der „Bildungsrahmen Sachlernen“, der die Bezugsfachorientierung explizit aufgibt, der für das Sachlernen in Kita und Grundschule einen eigenen Gegenstand mit Alltags- und Wissenschaftsreferenz zu generieren versucht, wird als „Wissenschaftsorientierung fallen lassend“ (Kosler 2017, S. 6) und fachliche Begriffe weder zeigend noch nutzen können beschrieben (vgl. ebd.). Dies trifft zu – was tradierte Bezugnahmen auf Fächer angeht.

An dieser Stelle soll jetzt nicht die Konzeption des Bildungsrahmens vorgestellt werden, die leicht einsehbar als Beiheft von widerstreit-sachunterricht vorliegt, wohl aber sollen strittige Aspekte knapp bearbeitet werden.

Der Bildungsrahmen fasst den Sachunterricht nicht als Kolonie der Bezugsfächer auf, sondern begreift ihn als eigenständiges Fach bzw. eigenständige didaktische Disziplin, die sich nicht über eine propädeutische Funktion definiert (vgl. Pech/Rauterberg 2013).

Der Bildungsrahmen zielt methodisch explizit auf Wissenschaftsorientierung ab, allerdings nicht für einzelne Disziplinen. Damit scheint die didaktische Problematik der Kontinuität im Bereich der „Umgangsweisen“ genannten Methoden ausgehend von solchen des Alltags zu solchen der Wissenschaften, der Naturwissenschaften und dabei sogar der Physik und Chemie lösbar, die im Bereich der Inhalte zumindest umstritten ist.¹⁹ Anders formuliert: Der Bildungsrahmen sieht zwischen erlebnisbasierten und (modernen) naturwissenschaftlichen Deutungen von Naturphänomenen keine Kontinuität, wohl aber eine Kontinuität vom Beobachten im Alltag zum naturwissenschaftlichen Beobachten – auch didaktisch initiiert möglich.

Wissenschaftliches Denken, Wissen und Können ist aber nicht einziges und primäres Ziel des Bildungsrahmens. Dieses besteht vielmehr in der Möglichkeit, in verschiedenen Lebenskontexten – *auch* in einem wissenschaftlichen, auch in einem alltäglichen – kommunizieren zu können, was die vorwiegend auf Zukunft gerichteten Ziele wissenschaftspropädeutischer Ansätze durch den Bezug auf gegenwärtige Lebenskontexte u.a. in der Kinder- oder Schüler_innengruppe relativiert bzw. ergänzt.

Die immer wieder thematisierte Notwendigkeit, Fachbegriffe repräsentieren zu können bzw. aufgrund ihrer konstitutiven Funktion für „wissenschaftliche Disziplinen“ (Kosler 2017, S. 6) zeigen zu müssen, relativiert sich durch diese Ausrichtung dann auch, sofern sie auf physikalische und chemische Fachbegriffe bezogen ist. Mit Blick auf den Beitrag von Gröger/Janssen/Wurm (2018, S. 76) im vorliegenden Band, die im Anbahnungsbereich der Chemie Begriffe wie „klebrig“ zulässig sehen, wäre dann nicht so einfach zu beurteilen, ob der Bildungsrahmen nicht auch solche Begriffe oder sogar im engeren Verständnis naturkundliche aus der Geografie, Geologie, Biologie zeigen kann.²⁰ Physikalische Fachbegriffe kann der Bildungsrahmen so wenig zeigen wie –

¹⁹ Zur Frage von Kontinuität und Diskontinuität zwischen erfahrungsbasierter und naturwissenschaftlicher Erkenntnis gab es im Sachunterricht einen längeren Disput (vgl. für mehrere Beiträge im Band von Lauterbach/Köhnlein/Bauer einen von Wiesenfarth (1991)).

²⁰ Steffensky verweist darauf, dass „[...] eine zu rasche Einführung von Fachbegriffen [...]“ den Zugang zu kindlichen Vorstellungen erschweren könnte (vgl. Steffensky 2017, S. 20), was nur relevant wird, wenn diese in der didaktischen Arbeit eine Rolle spielen sollen.

wenn ich Kosler richtig verstehe (2017, S. 7) – die Physikdidaktik in der Grundschule, allerdings schreibt sich der Bildungsrahmen das auch nicht auf die Agenda.

Ein Beispiel

Bernhard Potthoffs Projekt zur Bodenerkundung „Buddeln, Bohren und Beobachten. Angeleitete Zugänge von Kindern zur Geologie“ findet sich gut zugänglich und aussagekräftig bebildert im 11. Beiheft von widerstreit-sachunterricht und wird hier insofern nur knapp skizziert. Potthoffs Bodenerkundung ist explizit mit Verweis darauf, dass literale Kompetenzen nicht nötig seien, auch für den Elementar- und Primarbereich konzipiert (vgl. Potthoff 2016, S. 113).

Eingangs werden den Kindern auch unter Sicherheitsgesichtspunkten die echten bodenkundlichen Werkzeuge vorgestellt und es erfolgt eine Einweisung in deren Bedienung. Ziel ist es, u.a. mit einem 1m langen Bodenbohrer, ein Bodenprofil zu ziehen, und es „mit allen Sinnen“ zunächst vor Ort, dann „im Labor“ mit Mikroskop, Sieb, Sedimentanalyse etc. zu untersuchen und zu beschreiben. Die einzelnen Schritte müssen jeweils angeleitet werden bzw. werden dies, können dann aber von den Kindern selbstständig durchgeführt werden. Präsentation und Dokumentation der Ergebnisse können alltagssprachlich und in verschiedenen ästhetischen und weiteren, den Kinder möglichen Formen erfolgen. Die Ergebnisse sind, auch was die sprachliche Fassung angeht, als bodenkundliche anzusehen, was Potthoff anhand einer Gegenüberstellung aufzeigt (vgl. a.a.O., S. 122), wobei die Bodenkunde weitere und differenziertere Ergebnisse vorbringen kann. Gleichwohl ist dieses Projekt im Hinblick auf die Bodenkunde insofern mehr als propädeutisch, als in dem Projekt ja tatsächlich bereits Bodenkunde – auf einem bestimmten Niveau – betrieben wird. Die Bodenkunde ist als Teil der Geologie auch Teil der Naturwissenschaft und insofern wird *hier* direkt mit Kindern naturwissenschaftlich gearbeitet.

Ich sehe das Projekt von Potthoff als Beispiel für eine – im Sinne der oben vorgenommenen Differenzierung – handelnde, für die Kinder in Durchführung und Ausdruck überschaubare, gleichwohl methodisch instruierende und systematisierende, naturwissenschaftliche Didaktik.

Durch die Instruktion im Bereich der Methoden ist Potthoff anschlussfähig an den Bildungsrahmen Sachlernen, der sein Curriculum auf in Aufgaben instruierten Umgangsweisen mit Welt basiert,²¹ die im Alltag ihren Gebrauchssinn haben, die differenziert, systematisiert und distanziert aber zu wissenschaftlichen Methoden der Erkenntnisgenerierung taugen.

Anbahnende Chemiedidaktik im Primarbereich

Gröger/Janssen/Wurm, die den vorliegenden Beitrag wie auch den Bildungsrahmen Sachlernen grundlegend kritisieren, verweisen für ihren chemiedidaktischen Ansatz ebenfalls auf das Projekt Potthoffs, verzichten jedoch explizit auf eine Differenzierung von Naturwissenschaft und Naturkunde (vgl. Gröger/Janssen/Wurm 2018, S. 71). Damit operiert die Autor_innengruppe in einem Feld der „Anbahnung“ (vgl. a.a.O., S. 71; S. 75) vor der Naturwissenschaft Chemie, das (fach-)sprachlich und methodisch nicht bzw. dadurch definiert ist, dass von hier aus später die Brücke zur Naturwissenschaft Chemie

²¹ Beispielcurricularisierungen finden sich in Pech/Rauterberg 2013, S. 30ff.

geschlagen wird bzw. geschlagen werden soll bzw. geschlagen werden könne. Die Anbahnung kann aber nicht sagen, ob die Brücke je gebaut wird, ob sie vom jetzt avisierten Start- und zum jetzt avisierten Zielpunkt gebaut werden wird, ob das jetzt gelegte Fundament zum Bauzeitpunkt noch steht usw. Mit der Naturkunde als definiertem Forschungsmodell würde eine Vorstellung von kleinsten Teilchen nicht erst im Chemieunterricht der weiterführenden Schulen „vermutlich“ (a.a.O., S. 75) leichter fallen, es wäre vielmehr möglich, schon in der Gegenwart Ziele zu erreichen, zu Ergebnissen zu kommen, die noch dazu in der Naturkunde umfassenden Naturwissenschaft eine Referenz haben.

Eine didaktische Konzeption, die eine Differenzierung der Naturwissenschaften in einen modernen und einen naturkundlichen Teil vornimmt, entspricht nicht nur dem Stand der Wissenschaftsgeschichte, sie kann auch präziser Zielstellungen und angemessener Fachsprache bestimmen. Das „Lehmprojekt“, das Gröger/Janssen/Wurm aus ihrem „Freilandlabor FLEX“ beschreiben, ist aus meiner Sicht ein naturkundliches Projekt (vgl. a.a.O., S. 72; S. 75); der explizite Verzicht der Autor_innen auf Naturkunde ist aus meiner Sicht ein Verlust (vgl., a.a.O., S. 71).

Bei Potthoff, dessen Projekt ich beispielhaft für die hier verhandelte Naturkunde sehe, werden nicht Wissen oder Deutungen der Naturkunde oder der Naturwissenschaft gelehrt, die schriftlich bzw. symbolisch vorliegen, sondern handelnd Wissen generiert, dessen Dokumentation und Präsentation sprachlich und ästhetisch erfolgt, nicht schriftlich oder mathematisiert. Die Kinder können das Ergebnis ihrer Erkundungshandlung zeigen. Das Lehren ist in einen handelnden und wahrnehmenden Erkenntnisprozess eingebunden, in dem das Handeln systematisiert und instruiert (z.B. Sedimentationsanalyse), Wissen generiert, nicht vorab bestehendes Wissen wie auch immer unterrichtsmethodisch arrangiert „verkündet wird“. Das lässt das oben genannte mediale naturkundliche Wissen aus, auf das ich weiter unten zu Sprechen komme.

Zunächst noch ein Blick auf den Ansatz und auf die Kritik am Bildungsrahmen von Gröger/Janssen/Wurm: Im naturkundlichen Erkenntnisprozess sehe ich keine „spontanen“, „automatischen“, „intuitiven“ etc. Erkenntnisprozesse als charakteristisch für Kinder (vgl. Gröger/Janssen/Wurm 2018, S. 73). Hier zeichnet sich eine Differenz im Kindbild ab, die sich auch in einer Kritik von Gröger/Janssen/Wurm am Bildungsrahmen zeigt (vgl. a.a.O., S. 72). Dessen Autoren Pech/Rauterberg gehen davon aus, dass man das Vorwissen der konkreten Kinder in einer Klasse nicht kennen kann und dieses auch durch die Lehrkraft in der Situation nicht seriös zu erheben sei, und insofern die Auswahl der Unterrichtsthematik und der Unterricht nicht darauf begründet werden können. Sich alternativ auf statistische Vorkenntnisse von Kinder in einem bestimmten Alter zu einem bestimmten Thema zu beziehen, geht aus deren Sicht über die konkreten Kinder hinweg, und es wird deren Lernprozesse kaum positiv beeinflussen, wenn sie statistisch bestimmte Vorkenntnisse zu diesem Thema haben. Deshalb verzichtet der Bildungsrahmen auf die Argumentation über das Vorwissen der Kinder: Wir kennen es in regulären Schulklassen nicht und schaffen deshalb durch den Umgang mit der phänomenalen bzw. medialen Welt in der didaktischen Situation Wissen, auf das sich dann „alle“ beziehen können.

Damit wird das Wissen und dessen Genese transparent; es ist Anforderung an die Kinder, dieses transparent zu machen. Es müssen Kindern keine „black-box“-

Erkenntnisprozesse und -handlungen wie die oben genannten zugeschrieben werden, wenn nicht ein ganz bestimmtes „Vorwissen“ im Hinblick auf ein späteres, anderes, als relevant angenommenes Wissen herausgearbeitet und dessen offenbar nicht direkt beobachtbare Entstehung in Begriffe gefasst werden muss.

Im naturkundlichen Erkenntnisprojekt, z.B. bei Potthoff, kommt das raus, was mit Bemühen – der Hammer ist schwer und man muss genau schauen und sich streiten, wenn nicht alle das Gleiche sehen, den Bohrkern nicht gleich beschreiben etc. – in der Kindergruppe herauskommt; Erwachsene können ihre auf ästhetischer und Handlungsbasis entstandenen und somit für die Kinder nachvollziehbaren, aber nicht zwingend zustimmungspflichtigen Erkenntnisse ja auch einbringen: „Ich finde die dritte, graue Schicht klebt mehr als die anderen“. Der konkrete Erkundungsprozess ist im Ergebnis also offen, mögliche Ergebnisse durch die Rückbindung an die naturkundlichen Erkenntnismethoden aber nicht beliebig.

Bis hierher ging es nur um die didaktisch angeleitete eigene Erkenntnisgenese von Kindern, durch die diese potentiell neue, aber anschlussfähige Aussagen über Natur, z.B. Boden, generieren können sollen. Man könnte sagen, es ging um Bezugnahme auf den erkundenden Teil der Naturkunde.

Natur steht im Titel der Tagungsreihe „Umgangsweisen mit Natur(en)“ im Plural: Die zweite Natur ist neben der phänomenalen das Wissen über die Natur, das ebenfalls als Referenz für Didaktik im Elementar- und Primarbereich dienen könnte.

Das moderne Wissen ist schriftlich bzw. im Falle der modernen Naturwissenschaften mathematisiert verfasst und das gilt auch für naturkundliche Texte, die kleinen Kindern somit verschlossen bleiben. Mit Blick z.B. auf die ausgewählte Neuausgabe von Brehm lässt sich aber sagen: Vorgelesen sind die Texte über Kaiman, Flugdrache und Rebhuhn in der berichtenden, teils als Abenteuerbericht verfassten Form Kindern zugänglich – insofern unsere Kultur Kindern solche Texte präsentiert – und durch Kinderbücher auch bekannt. Die Bilder der Naturkunde sind für Kinder interpretierbar.²² Sehen die Kaimane gefährlich aus, lässt sich zu den Bildern fragen; warum schießen die Touristen auf die Kaimane, zum Text. Anders als mathematische Gleichungen und biologische Modellzeichnungen sind Berichtstexte und ökologische Bilder der Naturkunde Kindern über Vorlesen und ggf. gemeinsames Betrachten zugänglich zu machen – ich könnte auch sagen: sie können daran herangeführt werden. Bilder und Texte dokumentieren relevantes Wissen unserer Lebensform und daran anschließend lassen sich in Bezug auf unsere Lebenssituation im Verhältnis zur Natur relevante Fragen stellen.

Fazit

Es gibt ein an die Alltagssprache anschlussfähiges und über die Systematisierung von Alltagshandlungen praktizierbares Naturforschungssystem, das ein bestimmtes Bild der Natur hervorbringt. Es ist methodisch Teil der Naturkunde und im Ergebnis an in unserer Kultur bestehende Naturbilder anschlussfähig. Die Naturkunde ist Teil der heutigen

²² Gebe Suchwort „Brehms Thierleben“ bei einer Suchmaschine ein und suche Bilder. Auch gibt es einige Vorlesungen von „Brehms Thierleben“, zu finden z.B. bei einem großen Streamingdienst mit Suchwort „Brehms“ – fantastisch und immer auch Ethnografie.

Naturwissenschaften, sie befasst sich mit der belebten und unbelebten Natur und sie ist wissenschaftsorientiert, ohne auf eine Fachsprache angewiesen zu sein.

Der naturkundliche Anteil ist in einigen Naturwissenschaften deutlicher erkennbar als in anderen. Von daher könnte es z.B. Aufgabe der Didaktiken der – im Sinne des vorliegenden Beitrags – Naturkunde umfassenden Biologie, Geologie und Geographie sein, sich auf diese Anteile zu besinnen und sie in den Sachunterricht und das Welterkunden einzubringen. Die hier ansatzweise gezeigte Kontroverse zwischen – aus meiner Sicht – einer erziehungswissenschaftlichen Perspektive und den Didaktiken der moderner Naturwissenschaften Physik und Chemie, ist vielleicht nicht auflösbar, aber deshalb ist es wichtig, die Differenzen zu sehen.²³

2 Ausblicke

Die Debatte um naturwissenschaftliche Lehre scheint mir, wie eingangs gesagt, an einem Punkt angekommen zu sein, wo ohne Revision der einen oder anderen Position kein neuer Aspekt ins Spiel kommt. Zwei Pfade zum Weiterarbeiten scheinen mir gleichwohl naheliegend:

- Wenn – wie Theodor Litt sagt – für den modernen naturwissenschaftlichen Zugang zur Natur eine Subjekthaltung erforderlich ist, dann ist dies vielleicht von Kindern, die ihre Subjekthaltigkeit erst noch ausbilden müssen – deshalb sehen wir sie als Kinder und nicht als „kleine Erwachsene“ –, zu viel verlangt. Diese Gedankenfigur ist ein Übergang zu den nachfolgenden Überlegungen von Gerold Scholz. Dessen Beitrag zieht den Fokus größer, fragt Theodor Litt nach Modi der Begegnung von Menschheit und Natur.
- Der zweite Pfad zieht den Fokus dann gewissermaßen kleiner und schaut „im Mikrokosmos“ empirisch auf die Begegnung von Kind und Natur bzw. die didaktisch angeleitete Begegnung von Kind und Naturwissenschaft unter der Fragestellung, inwieweit wir Anschlussmöglichkeiten beider Begegnungsformen sehen. Das schließt an den Beginn des vorliegenden Beitrags und die dort genannte Feststellung an, dass aus dem Umgang der Kinder mit Natur vielfach eine Begründung zur didaktischen Befassung mit Naturwissenschaft abgeleitet wird. Mit diesem Zusammenhang befasst sich 2018 die Tagung „Aneignung und/oder Vermittlung von Naturwissen“ der Reihe „Umgangsweisen mit Natur(en)“.

²³ In dem jüngst erschienenen Beitrag von Steffensky zur „Naturwissenschaftlichen Bildung in Kindertageseinrichtungen“ sind als Bedenkenträger_innen gegenüber diesem Ansatz lediglich Eltern und Fachkräfte, nicht aber Wissenschaftler_innen – wie Steffensky – genannt (vgl. Steffensky 2017, S. 6). Unabhängig von der Frage, ob das Übereinstimmung im wissenschaftlichen Bereich suggerieren soll, kann in dieser diskursiven Aufstellung keine Kontroverse zustande kommen. An diesem Beispiel lässt sich grundsätzlich nach dem Wissenschaftsverständnis und der Aussagekraft von Expertisen fragen, die lediglich einen „Denkstil“ präsentieren.

Literatur

- Brehm, Alfred E. (2009): Brehms Tierleben. Die schönsten Geschichten. Frankfurt: Fischer Klassik
- Dudenredaktion (2012): Brehms Thierleben: Eine Auswahl der schönsten Texte und Illustrationen. Mannheim: Meyer
- Gröger, Martin/Janssen, Mareike/Wurm, Katharina (2018): Wie man mit Lehm den Weg zu den kleinsten Teilchen bahnen kann. In: Rauterberg, Marcus/Scholz, Gerold (Hrsg.): Umgangsweisen mit Natur(en) in der Frühen Bildung III. Über Naturwissenschaft und Naturkunde. www.widerstreit-sachunterricht.de, 12. beiheft, S. 71-79 (in diesem Band)
- Haeckel, Ernst (2005): Kunstformen der Natur – Kunstformen aus dem Meer. München: Prestel
- Hall, Rupert A. (1963): Die Geburt der naturwissenschaftlichen Methode. Gütersloh: Mohn
- Lück, Gisela (2009): Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung. Theorie und Praxis für die Arbeit in Kindertageseinrichtungen. Freiburg: Herder
- Kosler, Thorsten (2018): Zur Abgrenzung von Naturkunde und Naturwissenschaft und ihrer Bedeutung für die Sachunterrichtsdidaktik. In: Rauterberg, Marcus/Scholz, Gerold (Hrsg.): Umgangsweisen mit Natur(en) in der Frühen Bildung III. Über Naturwissenschaft und Naturkunde. www.widerstreit-sachunterricht.de, 12. beiheft, S. 59-69 (in diesem Band)
- Kosler, Thorsten (2017): Naturwissenschaftliches Denken mit Kindern? Zur Diskussion um die Möglichkeit, Kinder im Elementar- und Primarbereich an naturwissenschaftliches Denken heranzuführen. In: www.widerstreit-sachunterricht.de, Nr. 23, Oktober 2017 (8 Seiten)
- Knobloch, Eberhard (2018): Zum Verhältnis von Naturkunde/Naturgeschichte und Naturwissenschaft. Das Beispiel Alexander von Humboldt. In: Rauterberg, Marcus/Scholz, Gerold (Hrsg.): Umgangsweisen mit Natur(en) in der Frühen Bildung III. Über Naturwissenschaft und Naturkunde. www.widerstreit-sachunterricht.de, 12. beiheft, S. 13-35
- Mollenhauer, Klaus (2008): Vergessene Zusammenhänge: Über Kultur und Erziehung. Weinheim: Juventa
- Muchow, Martha/Muchow, Hans Heinrich (2012): Der Lebensraum des Großstadtkindes. Weinheim: Juventa
- Pech, Detlef/Rauterberg, Marcus (2013): Auf den Umgang kommt es an. ‚Umgangsweisen‘ als Ausgangspunkt einer Strukturierung des Sachunterrichts. Skizze der Entwicklung eines „Bildungsrahmens Sachlernen“. www.widerstreit-sachunterricht.de, 5. beiheft (völlig überarbeitete und ergänzte Neuauflage)
- Plappert, Dieter (2013): Naturkundliche und naturwissenschaftliche Bildung von der frühen Kindheit bis ins Erwachsenenalter als Ganzes betrachtet. In: Rauterberg, Marcus/Schumann, Svantje (Hrsg.): Umgangsweisen mit Natur(en) in der Frühen Bildung. www.widerstreit-sachunterricht.de, 9. beiheft, S. 72-88
- Pothhoff, Bernhard (2016): ‚Buddeln, Bohren und Beobachten‘. Angeleitete Zugänge von Kindern zur Geologie. In: Lena Kraska/Gerold Scholz/Ulrich Wehner (Hrsg.): Umgangsweisen mit Natur(en) in der Frühen Bildung (II). www.widerstreit-sachunterricht.de, 11. beiheft, S. 111-126
- Rahn, Peter (2017): Bildung ... und das gute Leben von Kindern. Eine sozialpädagogische Betrachtung. In: Fischer, Sabine/Rahn, Peter (Hrsg.): Kind sein in der Stadt. Bildung und ein gutes Leben. Opladen: Budrich, S. 13-26
- Rauterberg, Marcus (2010): Muriells Schnecke – Überlegungen zur Beobachtung eines kindlichen Umgangs mit ‚Welt‘. In: Schäfer, Gerd E./Staege, Roswitha (Hrsg.): Frühkindliche Lernprozesse verstehen. Ethnographische und phänomenologische Beiträge zur Bildungsforschung. Weinheim: Juventa, S. 247-255
- Scholz, Gerold (2018): Natur und Bildung – Skizzen einer Beziehung. In: Rauterberg, Marcus/Scholz, Gerold (Hrsg.): Umgangsweisen mit Natur(en) in der Frühen Bildung III. Über Naturwissenschaft und Naturkunde. www.widerstreit-sachunterricht.de, 12. beiheft, S. 53-58
- Steffensky, Mirjam (2017): Naturwissenschaftliche Bildung in Kindertageseinrichtungen. Weiterbildungsinitiativen Frühpädagogische Fachkräfte, WiFF Expertisen, Band 48. München
- Wiesenfarth, Gerhard (1991): Kontinuität oder Diskontinuität – Eine überflüssige Diskussion? In: Lauterbach, Roland/Köhnlein, Walter/Spreckelsen, Kay/Bauer, Herbert F. (Hrsg.): Wie Kinder erkennen (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, 1). Kiel: IPN; Arbeitskreis Sachunterricht in der GDGP, S. 98-122

Gerold Scholz

Natur und Bildung – Skizzen einer Beziehung

Natur und Bildung – beides sind große Begriffe. Dies legt es nahe, am Anfang zu sagen, von welcher Position aus man auf sie blickt.

Ich bin Erziehungswissenschaftler, war früh in die Diskussion um ökologische Bildung eingebunden, ich habe mich mit der Theorie der Didaktik des Sachunterrichts beschäftigt, von da aus mit der Andersartigkeit des Wahrnehmens und Denkens von Kindern und interessiere mich zunehmend für die sogenannte „unsichtbare Hand“, die das Verhältnis zwischen Pädagogik und Gesellschaft, zwischen Pädagogik und Politik oder zwischen Pädagogik und Wirtschaft zu steuern scheint.

Ich rede also als Erziehungswissenschaftler und beschäftige mich im Folgenden mit der Frage, was man über Natur lehren sollte. Ich beschreibe mich hier als Erziehungswissenschaftler, weil ich mit Andreas Nießeler die Auffassung teile, dass Pädagogik und Didaktik nicht voneinander getrennt werden können.

Meinen Zugang möchte ich „kulturell“ nennen. Mit „kulturell“ meine ich nicht einen Kulturbegriff, mit dem Unterscheidungen vorgenommen und mit Ursache-Wirkungshypothesen aufgeladen werden, wie dies zum Beispiel in der „interkulturellen Pädagogik“ angelegt ist. Ich frage auch nicht, ob es Kultur gibt oder nur Kulturen und wie beides miteinander zusammenhängen mag. Ich unterstelle allerdings, dass Menschen, wenn sie zusammenleben und handeln, ihrem eigenen und dem gemeinsamen Handeln einen Sinn geben und diese Sinnsetzung in ihren Handlungen und Kommunikationen immer mit vermittelt wird. Mit vermittelt wird die Bedeutung von Gegebenheiten, von Sätzen, Interaktionen usw. Elias hat geschrieben: „Menschen zeiten“ (vgl. Elias 1997, S. 14). Man kann ergänzen: „sie räumen auch“ (vgl. Westphal/Scholz 2017, S. 523f.). Es entwickelt sich so etwas wie ein kollektives Gedächtnis. Dieses wird fortgeschrieben und zwar jeweils im Sinne einer interessierten Interpretation. Verweise auf das Gedächtnis sind gegenwartsbezogene Argumente in einem Diskurs. Die Frage, welche Verweise auf das Gedächtnis zulässig sind und welche unzulässig, wird mit Macht ausgetragen. Die Frage nach Bedeutungen ist nicht von Machtfragen trennbar. Etwas umgangssprachlich formuliert kann man sagen, dass Kultur darüber mitbestimmt, was man tun, denken, fühlen und sagen darf und was nicht. Darin ist der Prozess der permanenten Veränderung mit enthalten. Ein so verstandener Kulturbegriff ermöglicht es, auch zum Beispiele gesellschaftliche Gegebenheiten, Institutionen, Regelungen oder ethische und moralische Fragen, Wirtschaftsweisen unter die Frage zu stellen: Wie werden sie bedeutet?

Das wiederum finde ich erziehungswissenschaftlich anschlussfähig, denn wir zeigen Kindern nicht die Welt – wir bedeuten sie ihnen zeigend.

Andreas Nießeler, auf den ich mich ein ganzes Stück weit beziehe, beschreibt genauer, was ich hier etwas kurz als „bedeuten“ benannt habe (vgl. Nießeler 2016).

Andreas Nießeler kann zeigen, wie Sinnkonstitutionen eines kulturellen Gedächtnisses Grundlage dessen sind, was er Gegenstände nennt. Gemeint ist damit das, was in der Schule gelehrt wird. Der Gegenstand des Unterrichts, man könnte sagen, das, was Lehrende mehr oder minder bewusst lehren wollen und Schüler lernen sollen, ist ein Konglomerat von didaktischen und methodischen Rahmenbedingungen und Entscheidungen.

Nießeler schreibt:

„Die Analyse des kulturellen Rahmens der schulischen Inszenierung von Lern-, Erfahrungs- und Bildungsprozessen belegt, dass diese Sinnprovinz teil hat an gesellschaftlich-kulturellen Tendenzen und deren bedeutungsprägenden Ausrichtungen folgt, insofern die individuelle Erinnerungs- und Wissensbildung in der Schule eingebettet ist in das Medium des kollektiven Gedächtnisses.“ (Nießeler 2005, S. 9)

Er wendet sich damit gegen zwei Positionen, die im Moment aktuell sind:

- gegen eine nativistische Vorstellung sich frei entwickelnder Wissensdomänen. Einfach, weil die Annahme, dass die Welt kategorisch geordnet ist, selbst als kulturell-geschichtlich bedingt angesehen werden muss.
- gegen eine empirisch ausgerichtete Wirksamkeitsforschung. Einfach, weil diese Forschung erstens eine perfekte Gegenstandskonstitution voraussetzt und zweitens – in meinen Worten – immer auf das Bestehende blicken kann, aber keinerlei gesellschaftlich-kulturelle Entwicklungen denken.

Andreas Nießeler zieht daraus Folgerungen für Forschungsfragen, denen ich hier nicht nachgehen möchte, und formuliert eine Einsicht, die für meinen Vortrag eine entscheidende Grundlage darstellt:

„Durch die Einsicht in die (kulturelle) Bedingtheit der Konstitution von Unterrichtsgegenständen wird das Bewusstsein für die Perspektivität von Bildungsprozessen geschärft und es wird deutlich, dass jede Inszenierung von Lernprozessen notgedrungen andere Aspekte der Wirklichkeit ausblenden muss. Wirklichkeit kann also durch Bildung und Lernen nie ausgedeutet, höchstens angedeutet werden.“ (ebd.)

Ich illustriere nun knapp an Beispielen, was ich von Nießelers Ansatz verstanden habe. Dabei möchte ich eine Ergänzung vornehmen. Er beschreibt – aus meiner Sicht zutreffend – die Einbettung von Unterrichtsgegenständen in kulturelle Erzählungen. Ein anderer Schritt wäre, zu fragen, wie es konkret zu dem Zusammenhang von Erzählung und Gegenstand gekommen ist. Ich kann dies hier auch nicht leisten, denn es müsste jeweils konkret an bestimmten Gegenständen an bestimmten Orten und zu bestimmten Zeiten geschehen. Mir ist nur wichtig darauf hinzuweisen, dass man annehmen kann, dass jeweils gesellschaftliche Interessen für die Antwort auf die Frage verantwortlich sind, welche Erzählungen sich durchsetzen und welche nicht.

Hinter allen Beispielen, die Nießeler nennt oder auf die ich im Folgenden zu sprechen kommen werde, stehen Interessen, geht es um Macht, um Herrschaft, um Legitimationsfiguren.

Nießeler zeigt am Beispiel Wald Facetten seiner Darstellung. Unter anderem:

- als naturreligiöses Paradigma
- romantische Verklärung der Waldeinsamkeit

- Stätte tiefer mythisch-religiöser Erfahrung
- seine Bedeutung für den – vor allem deutschen – Nationalcharakter
- Nahrungsgrundlage
- Erholungsraum
- ökologische Ressource
- Ort für Jogging und Nordic Walking
- Ort der Naturbegegnung und Erfahrung des Naturschönen
- und so weiter (vgl. Nießeler 2005, S. 7).

Ich bin der Konstitution von Unterrichtsgegenständen an einem anderen Beispiel nachgegangen. Dafür habe ich die Titelseiten der neueren Schulbücher zum Sachunterricht betrachtet.

Nicht alle, aber viele Umschläge zeigen ein Vergrößerungsglas oder Kinder mit einem Vergrößerungsglas. Daneben stehen dann häufig traditionelle Bilder von Pflanzen oder Tieren.



Abbildung 1: Bücherwurm 1 (Sachheft). Stuttgart/Leipzig Ernst Klett Verlag. 1. Aufl. 2013

Wenn man mit einem Vergrößerungsglas auf eine Blume schaut, dann interessiert nicht die Blume als Ganzes, sondern ihre nur mit einem technischen Hilfsmittel erkennbaren Einzelteile.

Es gibt meines Erachtens auf dem Bild zwei Erzählungen. Die eine lautet – ein wenig verkitscht – begegne der Natur; die andere fordert dazu auf, sich von ihr ein Stück zu distanzieren. Wer durch die Lupe schaut oder auf einem Blatt Papier etwas aufschreibt, hat eine andere Beziehung zu einem Blatt, einer Amsel oder einer Eichel, als jemand, der dies nicht tut.

Ich lese die Tatsache, dass auf diesem und vielen anderen neueren Umschlägen von Schulbüchern zum Sachunterricht diese zwei Erzählungen repräsentiert werden als Reaktion auf eine andere Debatte, die vor allem im Elementarbereich den Diskurs bestimmt hat. Nämlich der Versuch der Durchsetzung sogenannter naturwissenschaftlicher Bildung.

Zusammengefasst kann ich sagen, dass die Schulbuchverlage in den letzten Jahren dem Umgebungsdruck, naturwissenschaftliche Bildung zu realisieren, weitgehend widerstanden haben. Erkennbar an den Schulbüchern ist der Druck sich anzupassen und der Versuch, das zu tun, was man schon immer getan hat, nämlich eine Lebensgemeinschaft zu zeigen, samt deren offensichtlichen oder unterschweligen moralischen Geboten.

Die relative Beharrung der Didaktik des Sachunterrichts im Unterschied zum Elementarbereich hat vielleicht damit zu tun, dass der Grundschulunterricht hier über eine lange Tradition verfügt, während der Kindergarten ziemlich ungeschützt von der Initiative naturwissenschaftlicher Bildung überrannt wurde.

Das bringt mich zum Thema „naturwissenschaftliche Bildung“. Es ist viel dazu gesagt und geschrieben worden. Ich möchte nur auf wenig aufmerksam machen und dann dieses Stichwort nutzen, um auf Theodor Litt zu sprechen kommen zu können.

Die These, wir lebten in einer von den Naturwissenschaften, Mathematik und Technik bestimmten Welt macht Sinn und fordert dazu auf, über so etwas wie „scientific literacy“ nachzudenken, also über die Notwendigkeit des Verständnisses einer naturwissenschaftlichen Denkweise.¹ Das bedeutet aber zu verstehen, worin der Unterschied besteht zwischen dem, was man mit und was man ohne Lupe sehen kann.

Verlorengegangen ist in der Debatte um die so genannte „naturwissenschaftliche Bildung“, dass die Art und Weise, wie man etwas betrachtet nicht nur den betrachteten Gegenstand bestimmt, sondern auch den Betrachter. Theodor Litt hat dies unter dem Begriff „Methode“ beschrieben (vgl. Litt 1952).

Damit komme ich zu Theodor Litt, weil ich an seinem Text „Naturwissenschaft und Menschenbildung“ die Verwicklung des Beobachters in den Gegenstand seiner Beobachtung zeigen kann, sowie die Notwendigkeit, vielfältig über Natur zu sprechen.

Ich komme zum ersten, der Verwicklung des Beobachters in den Gegenstand seiner Beobachtung.

Theodor Litt nennt drei Momente des Zugangs zur Natur, in denen sich Menschen konstituieren:

- den des Umgangs mit Natur,
- den Menschen, der der Natur als Subjekt gegenübertritt und
- den Menschen der Selbstreflexion, der über seine Zugänge zur Natur nachdenkt.

Litt differenziert also zwischen dem Menschen, der mit Natur umgeht, ihr als Subjekt begegnet und auf sein Verhältnis zur Natur reflektiert.

„Mensch als Subjekt“, das versteht Litt anders als im üblichen Sprachgebrauch. Zum Subjekt macht sich ein Mensch, wenn er Naturwissenschaft betreibt. Und zwar derge-

¹ Nun hat es eine Relativierung gegeben: In der 2015 veröffentlichten 5. Auflage der Broschüre des Hauses der kleinen Forscher ist zwar davon die Rede, dass Naturwissenschaften, Mathematik und Technik unseren Alltag prägen, aber der Versuch, dies als allein bedeutend darzustellen, ist zurückgenommen worden: aus „bestimmen“ wurde „prägen“. Beibehalten wurde der wissenschaftlich unsinnige Begriff „naturwissenschaftliche Phänomene“ (vgl. Stiftung Haus der kleinen Forscher 2015).

stalt, dass er alles persönliche, individuelle, seine Bedürfnisse und Empfindungen hintanstellen muss, um – im Experiment etwa – Natur analysieren zu können.

Dies gelingt nur unter Abstreifung aller qualitativen und sinnlichen Momente des Menschen wie der Natur. Der Mensch wird, wie Litt sagt „Subjekt“. In diesem Prozess der Entleerung verschwindet auf der Seite der Natur, der Objektseite, alles, was nicht berechenbar ist. Der Gewinn der Anstrengung besteht darin, dass sich bei größter Exaktheit eine größte Allgemeinheit erreichen lässt – so Litt.

Der Mensch des Umgangs, das ist jener, der der Natur mit seinen Empfindungen begegnet, ihr gegenüber gestimmt ist und durch sie bestimmte Stimmungen erfährt. Und „Selbstreflexion“ ist nach Litt jenes Vermögen des Menschen, das beide Wahrnehmungs- und Interpretationsformen bedenkt.

Gleich, welche Methode die Beziehung zu Natur bestimmt, die – nun in meinen Worten – die Haltung, die ein Mensch gegenüber Natur einnimmt, es ist eine, die ihn selbst prägt.

Damit stellt sich aus erziehungswissenschaftlicher Sicht die normative Frage, welche Haltung denn wünschenswert sei.

Eine Teilantwort findet sich bereits bei Theodor Litt und zwar sowohl gegen die Grundschullehrer_innen, die ihre Schüler_innen die Natur handelnd mit allen Sinnen erkennen lassen wollen, wie gegen jene aus dem Haus der kleinen Forscher, die Kinder frühzeitig dazu erziehen wollen, von allem qualitativen und sinnlichen zu abstrahieren und sich selbst zu disziplinieren.

Litts Antwort lautet, dass beides zusammen gehöre auch gerade deshalb, weil beide Methoden sich nicht ineinander auflösen lassen, weil sie unversöhnlich sind. Und diese Antinomie muss der Mensch realisieren und aushalten, sagt Litt und das heißt: sich auf sich selbst besinnend über die Verhältnisse zur Natur zu reflektieren.

Ich zitiere einen längeren Abschnitt:

„Das ‚Bild‘ der Natur, das uns die rechnende Naturwissenschaft vorhält, ist nach Inhalt und Struktur abgestimmt auf die spezifische Fragestellung, mit der das methodisch disziplinierte Denken des ‚Verstandes‘ an sie herantritt. Weder kann noch will es eine Darstellung sein, die das Ganze der Natur getreulich reproduziert. Das ‚Bild‘ hingegen, in dem die Natur dem sich absichtslos ihr Hingebenden gegenwärtig ist, ist weder in seinem Inhalt noch in seiner Struktur durch eine bestimmte Einstellung des ihr Begegnenden bestimmt: es ist die lebendige Totalität, als welche die Welt sich dem mit der Totalität seiner Gemütskräfte ihr Zudrängenden zu eigen gibt. Wo so Verschiedenes gesucht und erfahren wird, da ist es sinnlos, Vergleiche anzustellen, die zur Voraussetzung haben, daß hier und dort das Gleiche erstrebt werde. Unrecht hat also jede Erkenntnistheorie, die im Namen der rechnenden Naturwissenschaft die vorwissenschaftliche Weltbegegnung meint Lügen strafen zu sollen. Aber Unrecht hat freilich nicht minder jene Naturhingabe und Lebensfrömmigkeit, die die rechnende Naturwissenschaft deshalb der Weltverfälschung bezichtigt, weil ihre Ergebnisse sich nicht in die eigene Weltsicht einfügen. Man darf nicht aneinander messen wollen, was des gemeinsamen Maßstabes ermangelt.“ (A.a.O., S. 68f)

Dies entspricht Litts Bildungsbegriff, der Bildung als „jene Verfassung des Menschen bezeichn[et], die ihn in den Stand setzt, sowohl sich selbst als auch seine Beziehungen zur Welt ‚in Ordnung zu bringen‘“ (a.a.O., S. 9).

Litt insistiert dann darauf, dass der Mensch ein geschichtliches Wesen ist: „Sowohl in seiner inneren Verfassung als auch in seinem Verhältnis zur Welt steht er im Fluß der

Veränderungen, die der unaufhörliche Wandel der geschichtlichen Lage mit sich bringt“ (ebd.).

Folgt man Litt und denkt ihn weiter, so gibt es historisch, kulturell und gesellschaftlich sehr unterschiedliche Bilder der Natur.

Wenn es dann richtig ist, dass jenes gelehrt werden soll, was dem Stand des Wissens entspricht, so kann man sagen, dass eben dieses gelehrt werden soll, nämlich die Historizität des Verhältnisses zur Natur. Und gelehrt werden sollte auch, dass die Aufgabe darin besteht, über die Bedeutung der unterschiedlichen Verhältnisse zu reflektieren – dies im Wissen darum, dass sie antinomisch sind und im Wissen darum, dass sie jeweils interessebezogen sind.

So komme ich zu den folgenden Thesen:

- 1) Gelehrt werden soll: Über Natur kann man nicht sprechen, nur darüber, wie über Natur gesprochen wird.
- 2) Wer über Natur spricht zeigt so viel über sich wie über das, worüber er spricht.
- 3) Didaktisch bedeutet dies, zu lehren, welche Redeweisen über Natur angemessen sind.
- 4) Auch Kinder im Grundschulalter können dies verstehen lernen.
- 5) In der weiterführenden Schule lassen sich unterschiedliche Redeweisen historisch erklären und ihre Legitimität hinterfragen.

Literatur

Elias, Norbert (1997): *Über die Zeit*. 6. Aufl. Frankfurt am Main: Suhrkamp

Litt, Theodor (1952): *Naturwissenschaft und Bildung*. Heidelberg: Quelle & Meyer

Nießeler, Andreas (2016): *Kultur als didaktische Kategorie des Sachunterrichts*. In: www.widerstreit-sachunterricht.de, Nr. 22/Oktober 2016 (8 Seiten) (Zugriff 27.1.2018)

Nießeler, Andreas (2005): *Die Gegenstandskonstitution im kulturellen Kontext. Kulturwissenschaftliche Analysen der „Sachen des Sachunterrichts“*. In: www.widerstreit-sachunterricht.de, Nr. 5/Oktober 2005 (11 Seiten) (Zugriff 27.1.2018)

Stiftung Haus der kleinen Forscher, Berlin (Hrsg.) (2015): *Pädagogischer Ansatz*. 5. Aufl. (https://www.hausder-kleinen-forscher.de/fileadmin/Redaktion/1_Forschen/Paedagogik/Paedagogikbroschuere.pdf) (Zugriff 27.1.2018)

Westphal, Kristin/Scholz, Gerold (2017): *Here and Now oder „In Between“*. In: Kraus, Anja/Budde, Jürgen/Hietzke, Maud/Wulf, Christoph (Hrsg.): *Handbuch Schweigendes Wissen. Erziehung, Bildung, Sozialisation und Lernen*. Weinheim/Basel: Beltz Juventa, S. 519-528

Thorsten Kosler

Zur Abgrenzung von Naturkunde und Naturwissenschaft und ihrer Bedeutung für die Sachunterrichtsdidaktik

Eberhard Knobloch und Marcus Rauterberg beschäftigen sich aus unterschiedlichen Perspektiven mit der Frage, wie sich Naturkunde und Naturwissenschaft voneinander abgrenzen lassen.

Knobloch entwickelt seine Unterscheidung zwischen Naturkunde und Naturwissenschaft aus seiner Interpretation der Wissenschaftstheorie und der Wissenschaftspraxis von Alexander von Humboldt, den er als Vertreter der Naturkunde heranzieht. Dazu weist er zunächst darauf hin, dass Natur von Humboldt als „Inbegriff der Naturdinge und Naturkräfte“ (Humboldt 1845, S. 6; zitiert nach Knobloch 2018, S. 12) charakterisiert wird. Er interpretiert dies so, dass die Naturdinge den Naturgesetzen unterliegen und die Naturkräfte nach diesen Gesetzen wirken (vgl. ebd.). Dann erläutert er den Begriff der Naturwissenschaft unter Rekurs auf Kants „Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft“. Da Humboldts Vorgehen auf empirische Gesetze führt, Kant aber nur diejenige Form der rationalen Naturlehre als Naturwissenschaft auffasst, die Naturgesetze a priori erkennt (vgl. Kant 1977/1786, S. 12), ist Humboldt der Naturlehre und nicht der Naturwissenschaft zuzuordnen. Kant geht dabei soweit zu behaupten, dass in jeder einen bestimmten Gegenstand betreffenden Naturlehre nur so viel eigentliche Wissenschaft angetroffen werden könne, als darin Mathematik anzutreffen ist (vgl. Knobloch 2018, S. 13).

Knobloch weist darauf hin, dass Humboldt mit seiner Naturforschung einen vollständigen Überblick der Natur anstrebt. Mit dem bereits skizzierten humboldtschen Naturverständnis lässt sich dies als Beschreibung der Naturdinge und das Auffinden der empirischen Gesetze, nach denen die Naturkräfte wirken, deuten. In Knoblochs Interpretation Humboldts ist damit ein erster Schritt in einem zweistufigen Vorgehen der Naturlehre getan. Der zweite Schritt besteht darin, „sich zu allgemeinen Ideen zu erheben“ (Humboldt & Berghaus 1863, S. 77; zitiert nach Knobloch 2018, S. 14). Für diesen sah Humboldt sich in Knoblochs Interpretation nicht zuständig.

Als zentrales Element der Methodologie Humboldts sieht Knobloch dessen Methode der Mittelwerte und er begründet Humboldts Orientierung an dieser Methode mit einem Zitat aus dessen „Kosmos“ (1845, S. 82; zitiert nach Knobloch 2018, S. 15):

„Bei allem Beweglichen und Veränderlichen im Raume sind mittlere Zahlenwerthe der letzte Zweck, ja der Ausdruck physischer Gesetze [...] so treten wiederum, wie einst in der italischen Schule, doch in erweitertem Sinne, die einzigen in unserer Schrift übrig gebliebenen und weit verbreiteten hieroglyphischen Zeichen, die Zahlen, als Mächte des Kosmos auf.“

Schließlich geht Knobloch auf Humboldts Sammlungen ein. Humboldt hat danach in erheblichem Ausmaß Objekte, Daten und Ideen gesammelt. Die Daten wurden nach Knobloch durch Beobachtungen, Berechnungen, Messungen und Zählungen erhoben (vgl. a.a.O., S. 16). Anhand astronomischer und geodätischer Datensammlungen erläutert Knobloch, dass Humboldt über mathematische Kenntnisse verfügte, um die entsprechenden Berechnungen durchführen zu können (vgl. a.a.O., S. 17).

Mit dieser Vorbereitung betrachtet Knobloch drei zentrale Forschungsgebiete, in denen Humboldt nach eigener Auffassung relevante Erkenntnisse gewonnen hat.

Das ist zunächst die Pflanzengeographie zu der z.B. das berühmte Naturgemälde des Chimborazo zu zählen ist. Knobloch zitiert dazu Humboldt, der ausführt, „auch in diesem Werk die mannichfaltigen Erscheinungen mehr nebeneinander aufgezählt, als, eindringend in die Natur der Dinge, sie in ihrem inneren Zusammenwirken geschildert“ (1807, S. IV; zitiert nach Knobloch 2018, S. 18) zu haben. Knobloch führt die immense Anzahl von Messwerten an, die Humboldt in seinem Naturgemälde aufführt, weist darauf hin, dass Zahlen für ihn von überragender Bedeutung gewesen seien und zitiert ihn aus dem „Kosmos“, wonach das Wesen der Dinge als Zahlenverhältnisse und ihre Veränderungen und Umbildungen als Zahlenkombinationen erkannt werden könne (vgl. ebd.).

Als zweites führt Knobloch die Wärmeverteilung der Erde an, die Humboldt anhand von Isothermen beschrieben hat. Auch hier kann Knobloch auf Humboldts Beschreibung seines Vorgehens rekurrieren, der erklärt, es sei ein Gewinn, wenn man es erreicht, Zahlen-Verhältnisse zu bestimmen, durch welche eine große Anzahl zerstreuter Beobachtungen miteinander verknüpft werden können, sofern man verwickelte Erscheinungen nicht auf eine allgemeingültige Theorie zurückführen könne (vgl. ebd.). Und an anderer Stelle erläutert Humboldt, er würde sich auf das Aussprechen von Tatsachen beschränken. Eine Theorie dagegen, welche diese Phänomene verknüpft, fände sich in einem analytischen Werk, mit welchem Fourier bald die allgemeine Physik bereichern würde.

Und als drittes führt Knobloch den Erdmagnetismus an. Humboldt hat auf seiner amerikanischen Reise herausgefunden, dass die Totalintensität der erdmagnetischen Kraft vom magnetischen Nordpol zum magnetischen Äquator abnimmt, und dieses Gesetz mit Biot 1804 publiziert. Knobloch zitiert dazu einen Brief, den Humboldt 1839 an Gauß schreibt, nachdem dieser seine „Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus“ publiziert hatte, in dem Humboldt dieses Werk rühmt. In dem führt er aus, er selbst habe empirisch die Zunahme der Intensität erkannt und habe die goldene Zeit herangewünscht, „wo ein newtonischer Geist [...] alle Elemente aus einem Princip herleiten würde“ (zitiert nach Knobloch 2018, S. 21f.). Dieses „Wunder vollbracht“ (ebd.) zu haben, schreibt er Gauß zu.

Aufgrund dieser Ausführungen ist nachvollziehbar, wie Knobloch am Ende schnell zu seinen Schlussfolgerungen zur Abgrenzung zwischen Naturkunde und Naturwissenschaft kommt. Folgt man Humboldt in seiner eigenen Auffassung, er sei der Naturkunde zuzuordnen und fasst man zählen, messen und berechnen als mathematische Methoden auf, so kann die Verwendung von mathematischen Methoden kein Abgrenzungskriterium sein, da Humboldt über diese verfügt. Und tatsächlich benennt Humboldt sowohl im Falle von Fourier als auch von Gauß, dass diese jeweils anhand einer Theorie es vermögen, Tatsachen, die Humboldt selbst nur sammelt, zu verknüpfen. Dass Knobloch aus

Humboldts Hinweisen auf Theorien, die die Tatsachen verknüpfen, mathematische Theorien macht, ist im Hinblick auf die von ihm angeführten Beispiele Fourier und Gauß sicher nicht abwegig.

Im Hinblick auf die Ausgangsfrage der Tagung, ob naturkundliche und naturgeschichtliche Forschungsmethoden weitaus besser als naturwissenschaftliche geeignet sein können, um mit Kindern Fragen des Umgangs mit und der Interpretation von Natur zu bearbeiten, werfen Knoblochs Ausführungen einige Fragen auf, die sich durch den Rekurs auf Humboldt alleine nicht beantworten lassen. So führt Knobloch zwar aus, dass Humboldt selbst einem induktivistischen Verständnis naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung anhing und er sein eigenes naturkundliches Vorgehen als Sammlung von Daten deutete, auf dessen Basis andere mathematische Theorien entwickeln können. Aber gerade die Beispiele, die Knobloch heranzieht, belegen, dass dies in den Feldern, in denen Humboldt tätig war, historisch nicht der Fall war. Fourier und Gauß entwickelten Knobloch zufolge ihre mathematischen Theorien gerade top-down. Nur ein Bruchteil der mühselig über viele Jahre gesammelten Datenberge war für die Bestätigung der mathematischen Theorien relevant. Folgt man Knoblochs Humboldt-Interpretation, dass das Auffinden mathematischer Theorien letztlich das Ziel rationaler Naturlehre sei, dann scheint der Beitrag, den das Sammeln von Daten bei Humboldt gebracht hat, gemessen am von ihm betriebenen Aufwand in keinem angemessenen Verhältnis zu stehen. Warum sollte Humboldts Vorbild dann leitend sein, um mit Kindern über Natur nachzudenken und mit ihr umzugehen?

Daran schließt sich die Frage an, ob es nicht auch naturwissenschaftliche Forschungsmethoden gibt, die geeignet sind, um mit Kindern Fragen des Umgangs mit und der Interpretation von Natur zu bearbeiten. Dafür liegt es meines Erachtens nahe, sich den Anfängen neuzeitlicher Naturwissenschaft nicht nur von der Naturkunde her, sondern auch von den Anfängen der neuzeitlichen Naturwissenschaft her zu nähern. Das soll im Folgenden am Beispiel von Galilei und Darwin erfolgen.

Als ein Fallbeispiel soll zunächst Galileis Herleitung des zweiten Fallgesetzes dienen. Auf den ersten Blick scheint dieses Beispiel sich sehr gut in Knoblochs Humboldt-Interpretation zu fügen. Galilei argumentiert (vgl. Galilei 2007/1638, S. 147), dass die Zunahme der Geschwindigkeit fallender Körper sicher auf die einfachste denkbare Weise erfolgt. Als solche identifiziert er jene Form, in der in gleichen Zeitabschnitten jeweils dieselben Geschwindigkeitszuwächse zu verzeichnen sind. Seit Galilei wird diese Bewegungsänderung als „gleichförmige Beschleunigung“ bezeichnet. Aus dieser Annahme kann Galilei mit einigem argumentativen Aufwand das zweite Fallgesetz herleiten: „Wenn ein Körper von der Ruhelage aus gleichförmig beschleunigt fällt, so verhalten sich die in gewissen Zeiten zurückgelegten Strecken wie die Quadrate der Zeiten“ (a.a.O., S. 159). Aus diesem allgemeinen Gesetz folgert Galilei noch ein weiteres, nämlich dass sich die in gleichgroßen, nacheinander liegenden Zeitintervallen zurückgelegten Strecken wie die Reihe der ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7 verhalten (vgl. a.a.O., S. 160). Dieses Gesetz lässt sich mit den empirischen Gesetzen in Knoblochs Humboldt-Interpretation gut vergleichen. Zum Nachweis der Richtigkeit ersinnt Galilei eine schiefe Ebene, die in ihrer Neigung variierbar ist, an der Kugeln hinabrollen können, und an der er dieses Gesetz im Experiment überprüft (vgl. a.a.O., S. 162f.). Erst diese experimentelle Überprüfung bestätigt auch die Richtigkeit der Annahme, dass das Fallen eines Kör-

pers als gleichförmige Beschleunigung zu betrachten ist. Am Ende sind es ganz im Sinne von Humboldt Messdaten, die in Form von Zahlenwerten und von Verhältnissen von Zahlenwerten angegeben werden, die als empirische Belege für die Richtigkeit der Theorie der fallenden Körper herangezogen werden. Aber wie schon bei Fourier und Gauß ist das Vorgehen kein induktives. Galilei analysiert nicht Berge von empirischen Daten zum Fallen von Körpern, sondern er geht von einer für ihn plausiblen Annahme aus und muss einen erheblichen Aufwand betreiben, um überhaupt zu einer anhand von Messungen überprüfbareren Aussage zu kommen. Und dass überhaupt anhand von Messungen an einer schiefen Ebene eine Theorie der fallenden Körper überprüft werden kann, ist ebenfalls alles andere als trivial. Zum einen muss man erstmal auf die Idee kommen, die Bewegung an einer schiefen Ebene als verlangsamtes Fallen aufzufassen. Zum anderen war Galilei sehr trickreich im Messen von Zeitspannen. Er ließ zur Ausmessung der Zeit Wasser aus einem Eimer laufen, fing dieses Wasser auf, bestimmte das Gewicht des ausgelaufenen Wassers mit einer Waage und bestimmte Zeitverhältnisse zwischen verschiedenen Bewegungen anhand der Gewichtsverhältnisse des jeweils aufgefangenen Wassers.

Interessant ist Galileis Betrachtung der fallenden Körper als exemplarisches Beispiel, um zu verstehen, was nötig ist, um eine Theorie eines Gegenstandsbereichs zu entwickeln (vgl. zum Folgenden Kosler 2016, Kapitel 5.4 und Kosler 2018). Für die Herleitung des zweiten Fallgesetzes war es zunächst notwendig, dass Galilei das Verständnis davon verändern musste, wie Naturveränderungen charakterisiert und betrachtet werden. Aristoteles hatte noch erklärt, Naturveränderungen müssten, wie jede andere Veränderung auch, durch Angabe eines Anfangszustandes, eines Endzustandes und eines Objektes, an dem sich die betrachtete Veränderung vollzieht, beschrieben werden. Mit diesem Veränderungsverständnis lassen sich aber nur Veränderungen denkend erfassen, die sich über eine bestimmte Zeitspanne vollziehen. Mit der Einführung eines Geschwindigkeitsmomentes führte Galilei jedoch einen Begriff ein, der es ermöglicht, über einen Veränderungsprozess auch zu einem Zeitpunkt nachzudenken, ohne einen Anfangs- und einen Endzustand zu bedenken. Diese zunächst erkenntnistheoretische Verschiebung hat radikale Konsequenzen für das methodische Vorgehen Galileis. Mit Hilfe des Geschwindigkeitsmomentes kann Galilei nämlich das Fallen von Körpern anhand von euklidischen Diagrammen repräsentieren und Verhältnisse zwischen den verschiedenen Größen, anhand derer er Bewegungen charakterisiert (benötigte Zeit, zurückgelegter Weg, Durchschnittsgeschwindigkeit für endliche Bewegungsabschnitte, Momentangeschwindigkeit zu einem Zeitpunkt), herleiten. Der Vorschlag, die euklidische Geometrie in der Naturwissenschaft zu verwenden, war schon von Platon unterbreitet worden. Insbesondere Aristoteles hatte aber schon mehrere Argumente vorgebracht, weshalb dies unmöglich sei. Und tatsächlich stellt sich ja zunächst die Frage, wie das Argumentieren mit unbewegten, euklidischen Diagrammen möglich sein sollte, wenn, wie Aristoteles erklärte, Naturwissenschaft zunächst die Analyse der Bewegung von Körpern umfasst. Die entscheidende methodische Neuerung besteht also darin, nach dem Vorbild der euklidischen Geometrie die Nutzung von Diagrammen zum Zwecke der Argumentation der Naturwissenschaft zugänglich zu machen. Wie an anderer Stelle (vgl. Kosler 2016, Kapitel 5, Kosler 2018) gezeigt wurde, überführte Galilei damit zwei kognitive Vorteile von der Geometrie in die Naturwissenschaft: Zum einen die Reduktion des Gegen-

standsbereichs auf wenige für die Argumentation wesentliche Größen und zum anderen die Möglichkeit, anhand der Verwendung der Diagramme Allgemeingültigkeit der Argumentation zu erreichen, indem die Argumentation sich auf ein Diagramm bezieht, das für eine beliebig große Anzahl von Einzelfällen stehen (im Detail dazu: vgl. Kosler 2016, Kapitel 5.4 und Kosler 2018). Losgelöst vom Beispiel fallender Körper ist die Neuerung bei Galilei, die die neuzeitliche Naturwissenschaft mitbegründet, damit, zum einen die Einführung einer zum Gegenstand passenden Veränderungsrate und zum anderen die Einführung von geeigneten Diagrammen, um allgemeingültige Argumentationen über Naturveränderungen anstellen zu können.

Es wäre möglich, dass das Vorgehen bei Galilei eine Eigenheit des Gegenstandes der fallenden Körper darstellt, da dieser Gegenstand vielleicht so alltäglich ist, dass zunächst eine kontraintuitive Betrachtungsweise gefunden werden musste, um neue Aspekte am scheinbar vertrauten Phänomen sichtbar werden zu lassen. Und möglicherweise bietet die Biologie geeignetere Gegenstände, die zu einem induktiven Verständnis der Erkenntnisgewinnung in der Naturwissenschaft besser passen. Schließlich weisen einige Wissenschaftshistoriker_innen darauf hin, dass die moderne Biologie als Naturwissenschaft im 19. Jahrhundert vielleicht gerade deshalb entsteht, weil das britische Empire begonnen hatte, in unglaublichem Ausmaße Sammlungen von Naturgegenständen anzulegen (vgl. Müller-Wille 1999, Voss 2009). Und tatsächlich ist mit Darwin gerade die Person, die in der Wissenschaftsgeschichte gerne als Galilei der Biologie gesehen wird (vgl. Rheinberger 2013) an der Sammeltätigkeit beteiligt gewesen und hatte sich Humboldt dabei zum Vorbild genommen (vgl. Voss 2009, S. 29). Wie jüngere wissenschaftshistorische Arbeiten belegen (vgl. Bredekamp 2005, Voss 2009) war es im Falle von Darwin anders als bei Humboldt nicht eine Fixierung auf Zahlen, die letztlich zum Erfolg führte, sondern ein Denken mit Hilfe von bildlichen Darstellungen, die Darwin dazu brachte, mit seiner Evolutionstheorie einen ganz neuen Blick auf den Zusammenhang allen Lebens zu richten. Und wie schon Galilei nutzt auch Darwin an zentraler Stelle ein Diagramm, um seine Evolutionstheorie überhaupt formulieren zu können.

Das Evolutionsdiagramm (Abbildung 1)¹ veranschaulicht ausgehend von elf mit A bis L bezeichneten Arten die Entwicklung von fünfzehn Arten, die sich über vierzehntausend Generationen vollzieht. Nach jeweils 1000 Generationen zieht Darwin eine horizontale Linie und bezeichnet die dann vorhandenen Arten, auf die er sich in seiner Argumentation bezieht, mit einem Buchstaben und einem hochgestellten Index, der die jeweilige 1000er-Generation indiziert. Nach 14.000 Generationen liegen fünfzehn Arten vor. Der Abstand zweier Arten auf einer horizontalen Linie repräsentiert ihre Ähnlichkeit.

Während Galilei also Repräsentationen finden musste, um über Veränderungen nachzudenken, die zu schnell ablaufen, als dass sie sich über bloße Beobachtung analysieren ließen, denkt Darwin über Veränderungen nach, die dafür zu langsam ablaufen.

Auch Darwins Diagramm ist als kognitives Hilfsmittel den euklidischen Diagrammen vergleichbar. Auch er reduziert den Gegenstandsbereich auf überschaubar wenige Objekte (bei ihm Arten zu bestimmten Zeitpunkten). Und auch er nutzt den Umstand, dass

¹ Die Abbildung findet sich im Anschluss an den Beitrag.

die Details seines Diagramms sich variieren lassen, ohne dass sich an seiner Argumentation etwas ändert, um eine allgemeingültige Argumentation zu liefern.

Der Blick auf Galilei und Darwin offenbart damit zweierlei. Zum einen, dass ein zentrales Instrument zur Entwicklung von Theorien das Hervorbringen geeigneter Repräsentationen darstellt, die die Aufmerksamkeit für die Zwecke der Argumentation auf die wesentlichen Aspekte konzentriert und als kognitives Hilfsmittel überhaupt erst die Möglichkeit hervorbringt, allgemeingültige Schlussfolgerungen in einem Gegenstandsbereich hervorzubringen. Zum anderen, dass es besondere Ideen sind, wie die Einführung des Geschwindigkeitsmomentes oder die Annahme, das Fallen von Körpern müsse eine gleichförmig beschleunigte Bewegung sein, die als Basis für eine Theoriebildung fruchtbar werden. Bei Darwin wäre die Idee, ganze Populationen zu betrachten, eine solche basale für die Theoriebildung fruchtbare Idee.

Bei Rauterberg stehen die Überlegungen zur Abgrenzung zwischen Naturkunde und Naturwissenschaft explizit im Rahmen einer Argumentation dafür, dass sich Naturkunde besser als Gegenstand der Welterschließung von Kindern im Elementar- und Primarbereich eignet als Naturwissenschaft. Dazu unterscheidet Rauterberg einerseits zwischen Naturkunde und Naturwissenschaft und er stellt im Hinblick auf Physik und Chemie die These auf, diese verlören ohne mathematischen Ausdruck das sie ausmachende Charakteristikum.

Im Anschluss an Hall sieht Rauterberg (vgl. 2018, S. 39) die Mathematik als das neue in der modernen Naturwissenschaft und übernimmt auch dessen Unterteilung zwischen den „exakten und mathematischen Naturwissenschaften“ und den „beschreibenden Wissenschaften“ (Hall 1965, S. 14). Diese Unterscheidung überträgt Rauterberg auf den Unterschied zwischen Naturkunde und Naturwissenschaft und bezeichnet die „theoretische Mathematisierung“ oder „mathematische Theoretisierung“ (Rauterberg 2018, S. 39) als zentrales „Differenzkriterium“ (ebd.). Und er fügt hinzu, Naturkunde würde induktiv von den Phänomenen ausgehen und Naturwissenschaft würde deduktiv arbeiten (vgl. ebd.).

Dass die Einführung mathematischer Methoden ein zentrales Charakteristikum neuzeitlicher Naturwissenschaft gegenüber ihren Vorgängern sei, ist dabei eine etablierte Auffassung, die sich in vielen wissenschaftshistorischen Überblickswerken findet (vgl. z.B. Crombie 1964, S. 354ff., Dijksterhuis 1983/1950, S. 1). Es ist sicher sehr berechtigt, angesichts solcher Charakterisierungen danach zu fragen, wie es dazu kommen konnte, Kinder ausgerechnet diese mathematische Naturwissenschaft lehren zu wollen (vgl. Rauterberg 2018, S. 45). Und es erscheint zunächst sehr naheliegend, die Naturkunde als geeigneteren Lehrgegenstand dagegen zu stellen. Ob diese Einschätzung einer genaueren Analyse standhält, hängt letztlich von der Richtigkeit einer Zuspitzung ab, die Rauterberg selbst formuliert, wenn er behauptet, ohne mathematischen Ausdruck würden physikalische und chemische Lehrgegenstände das sie ausmachende Charakteristikum verlieren (vgl. ebd.).

Die kritischen Einwände Rauterbergs sind aus meiner Sicht sehr plausibel, wenn man von der Naturwissenschaft ausgeht, wie sie sich heute darstellt. Schon die Elektrodynamik und noch viel mehr die Quantenfeld- oder gar die Stringtheorie sind hochgeradig mathematisierte Theorien. Diese Lehrgegenstände werden für den Elementar- oder Primarbereich aber auch nicht vorgeschlagen.

Dennoch macht Rauterberg einen wichtigen Punkt: Es stellt sich die Frage, welche Lehrgegenstände aus dem Feld der Naturwissenschaft eigentlich geeignet sind, um mit Kinder nach dem Vorbild der Naturwissenschaft mit Natur umzugehen und anhand welcher Kriterien dies zu entscheiden ist.

Macht es eigentlich Sinn, das Thema Schwimmen und Sinken im physikalischen Sinne zu bearbeiten, wenn klar ist, dass schon Schüler_innen der Sekundarstufe massive Schwierigkeiten mit dem Begriff des Druckes haben und es daher sehr schwer wird, das archimedische Prinzip zu verstehen? Und macht es Sinn, Versuche mit erlöschenden Kerzen oder mit dem Braunwerden von Apfelstücken durchzuführen, wenn klar ist, dass sich die Existenz und die Wirkungsweise der für die Erklärung herangezogenen unsichtbaren Substanzen (Sauerstoff, Vitamin C) in keiner Weise über die angebotenen Versuche erschließen lässt? Im Unterschied zu Rauterberg scheint mir in den entsprechenden Konzeptionen „naturwissenschaftlicher Bildung“ trotz explizitem Verzichts auf Mathematisierung jedoch kein Mangel an Mathematisierung vorzuliegen, sondern eher ein Ignorieren der Forderung Wagenscheins, den Unterrichtsgegenstand nicht von der heutigen Theorie über ihn her zu betrachten, sondern aus der Perspektive, aus der er als ein Problem entstanden ist, um heutige Vorstellung und Experimente als Antworten auf das jeweilige Problem zu entwickeln (vgl. Kosler 2016, S. 138).

Rauterberg verweist auf ein Beispiel aus der Bodenkunde. Eine andere Möglichkeit besteht darin, Lehrgegenstände in der klassischen Mechanik zu suchen. Hier weist ein berühmtes Zitat Galileis darauf hin, dass Mathematik in der Entstehung neuzeitlicher Naturwissenschaft eben noch nicht dasselbe ist, was wir heute darunter verstehen. Das wohl häufigste Zitat als Beleg für die These, Mathematik sei ein wesentliches Charakteristikum neuzeitlicher Naturwissenschaft stammt aus dem Jahre 1623 aus Galileis „Il Saggiatore“:

„Die Philosophie ist in dem großen Buch niedergeschrieben, das vor unseren Augen immer offen liegt, ich meine das Universum. Aber wir können es erst lesen, wenn wir die Sprache gelernt haben und mit den Zeichen vertraut sind, in denen es geschrieben ist. Es ist in der Sprache der Mathematik geschrieben, und seine Buchstaben sind Dreiecke, Kreise und andere geometrische Figuren; ohne diese Mittel ist es dem Menschen unmöglich, auch nur ein einziges Wort zu verstehen.“ (Zitiert nach Crombie 1964, S. 374)

Wenn Galilei Dreiecke, Kreise und andere geometrische Figuren als Buchstaben der Sprache der Mathematik bezeichnet, so verweist dies darauf, dass Mathematik für Galilei euklidische Geometrie bedeutet hat. Entsprechend weist Dijksterhuis (1983/1950, S. 381) im Rahmen seiner Analyse des Vorgehens bei Galilei darauf hin, dass

„man im siebzehnten Jahrhundert (und auch noch im achtzehnten) die Relationen zwischen physikalischen Größen immer noch in Form von in Worten ausgedrückten und höchstens als Gleichheit von zwei Verhältnissen geschriebenen Proportionen angab, statt sie als Funktionen zu schreiben“.

Insofern kann es klärend sein, genauer zu bestimmen, was genau notwendig ist, um moderne Naturwissenschaft zu treiben oder zu verstehen.

Eine zweite Motivation hier genauer hinzuschauen, ergibt sich aus der Entwicklung der Wissenschaftstheorie. Aus heutiger Perspektive ist die Wissenschaftstheorie bis in die 1970er Jahre hinein stark theorieorientiert, insofern sie den Prozess der Erkenntnisgewinnung in der Naturwissenschaft stark mit Blick auf die Theorieentwicklung inter-

pretiert (vgl. Rheinberger 2008, S. 120). Das gilt insbesondere auch für Wissenschaftshistoriker wie Hall, Crombie und Dijksterhuis. Ausgelöst unter anderem von Hackings programmatischer Arbeit „Representing and intervening“ (1983) sind eine Vielzahl wissenschaftshistorischer Arbeiten entstanden (vgl. Kosler 2017), die sich weniger an der Theorie als vielmehr an der Praxis naturwissenschaftlichen Arbeitens orientiert hat. Wie an anderer Stelle gezeigt wurde (vgl. a.a.O., S. 5), stellt sich naturwissenschaftliches Arbeiten danach als ein Prozess dar, in dem experimentelle Praktiken gemeinsam mit passenden Begriffen, Repräsentationsweisen und Auffassungen davon, welche Phänomene als einander ähnlich zu betrachten sind, entstehen. Es ist damit gar nicht mehr sinnvoll zwischen Theorie und Experiment zu unterscheiden und das Vorgehen ist weder deduktiv noch induktiv, sondern es wird an allen Elementen gleichzeitig solange gearbeitet, bis Experimente, Beobachtungen, Begriffe, Repräsentationsformen, Ähnlichkeitsauffassung und damit auch Theorie zueinander passen. Dass spezifische Praktiken andererseits auch in der beschreibenden Naturkunde konstitutiv sind und auch hier die Gegenstände nicht unvermittelt vorliegen, hat Müller-Wille (vgl. 1999) zudem am Beispiel Linnés gezeigt.

Die Idee, Wissenschaft insbesondere als Praxis zu analysieren, ist auch auf die euklidische Geometrie angewendet worden (vgl. Netz 1999). Es zeigt sich, dass ein zentrales Charakteristikum der Praxis der euklidischen Geometrie ein spezifischer Umgang mit Diagrammen darstellt. Wie an anderer Stelle gezeigt (vgl. Kosler 2016, Kapitel 5, Kosler 2018) und oben beispielhaft zumindest angedeutet wurde, ist es diese Praxis des Umgangs mit Diagrammen, die Galilei in die Naturwissenschaft überführt hat, und die sich auch bei Darwin wiederfinden lässt.

Wenn das Argumentieren anhand von Diagrammen den Wesenskern dessen darstellt, was Galilei aus der Geometrie in die Naturwissenschaft überführte, dann ist nicht einzusehen, weshalb ein solches Vorgehen Kindern verschlossen bleiben soll. Und damit relativiert sich auch Rauterbergs Zuspitzung. Wenn das mathematische an der mathematischen Naturwissenschaft die Nutzung von Diagrammen zum Zwecke der Argumentation darstellt, dann ist Mathematik im heutigen Sinne gar nicht erforderlich, um mathematische Naturwissenschaft betreiben zu können.

Der Blick auf Galilei und Darwin zeigt, dass die Naturwissenschaft in ihren Ursprüngen zwar revolutionäre Theorien hervorgebracht hat, sich diese aber nicht angemessen als mathematische Theorien im heutigen Sinne deuten lassen. Die Argumentation erfolgt in beiden Fällen rein sprachlich und wird durch die Nutzung von Diagrammen unterstützt. Zudem ist nicht einzusehen, weshalb die Frage, auf welche Weise Dinge beim Fallen schneller werden, für Kinder nicht zugänglich bzw. ihrem Denken fremd sein sollte. Dass Kinder im Primärbereich bereits über ein intuitives Verständnis einer Momentangeschwindigkeit verfügen, hatte Piaget (vgl. 1971/1946) bereits gezeigt. Dass Kinder in der vierten Klasse mit Repräsentationen von Veränderungsraten argumentieren können, ist ebenfalls belegt (vgl. Lehrer/Schauble/Carpenter/Penner 2000, Koerber 2003). Und schließlich arbeitet schon Galilei in seinem Nachdenken über Bewegungen häufig auch mit Diagrammen, die keinerlei abstrakte Bewegungsbegriffe repräsentieren, sondern beispielsweise bei einem Pendel oder einer schiefen Ebene einzelne Momente der Bewegung zeichnerisch festhalten, um darüber argumentieren zu können (vgl. Kosler 2016, Kapitel 5.4).

Mit diesen Ausführungen ist sicher nicht gezeigt worden, dass naturwissenschaftliche Forschungsmethoden besser als naturkundliche geeignet sind, um mit Kindern Fragen des Umgangs mit und der Interpretation von Natur zu bearbeiten. Gezeigt werden sollte lediglich, dass aufgrund der Ausführungen von Knobloch und Rauterberg keinesfalls klar ist, dass Naturkunde die sinnvollere Orientierung darstellt, und die Unterscheidung zwischen Naturkunde und Naturwissenschaft komplexer ist, als es zunächst erscheint.

Literatur

- Bredenkamp, Horst (2005): Darwins Korallen. Frühe Evolutionsmodelle und die Tradition der Naturgeschichte. Berlin: Wagenbach
- Crombie, Alistair (1964): Von Augustinus bis Galilei. Die Emanzipation der Naturwissenschaft. Köln: Kiepenheuer & Witsch
- Darwin, Charles (1860/1859): Über die Entstehung der Arten im Thier- und Pflanzen-Reich durch natürliche Züchtung, oder Erhaltung der vervollkommenen Rassen im Kampfe um's Daseyn. Aus dem Engl. übers. und mit Anmerk. versehen von Dr. H.G. Bronn. Stuttgart: Schweizerbart
- Dijksterhuis, Eduard J. (1983/1950): Die Mechanisierung des Weltbildes. Berlin: Springer
- Galilei, Galileo (2007/1638): Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Reprint der Bände 11, 24 und 25. Aus dem Italienischen und Lateinischen übers. und hrsg. v. Arthur v. Oettingen. Frankfurt: Deutsch
- Hacking, Ian (1983): Representing and intervening. Cambridge: Cambridge University Press
- Hall, A. Rupert (1965): Die Geburt der naturwissenschaftlichen Methode 1630-1720. Von Galilei bis Newton. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft
- Humboldt, Alexander v. (1807): Ideen zu einer Geographie der Pflanzen nebst einem Naturgemälde der Tropenländer, auf Beobachtungen und Messungen gegründet, welche vom 10ten Grade nördlicher bis zum 10ten Grade südlicher Breite, in den Jahren 1799, 1800, 1801, 1802 und 1803 angestellt worden sind. Tübingen: Cotta
- Humboldt, Alexander v. (1845): Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. Bd. I. Stuttgart-Tübingen: Cotta
- Humboldt, Alexander v./Berghaus, Heinrich (1863): Briefwechsel Alexander von Humboldt's mit Heinrich Berghaus in den Jahren 1825-1858. Erster Band. Jena: Costenoble
- Kant, Immanuel (1977/1786): Schriften zur Naturphilosophie. Werkausgabe Band IX. Hrsg. von Wilhelm Weischedel. Frankfurt a. M.: Suhrkamp
- Knobloch, Eberhard (2018): Zum Verhältnis von Naturkunde/Naturgeschichte und Naturwissenschaft: Das Beispiel Alexander von Humboldt. (in diesem Band)
- Koerber, Susanne (2003): Visualisierung als Werkzeug im Mathematik-Unterricht. Der Einfluß externer Repräsentationen auf proportionales Denken im Grundschulalter. Hamburg: Kovac
- Kosler, Thorsten (2016): Naturwissenschaftliche Bildung im Elementar- und Primarbereich. Zum naturwissenschaftlichen Denken mit Kindern im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Kosler, Thorsten (2017): Naturwissenschaftliches Denken mit Kindern? Zur Diskussion um die Möglichkeit, Kinder im Elementar- und Primarbereich naturwissenschaftliches Denken heranzuführen. In: www.widerstreit-sachunterricht.de, Nr. 23, Oktober 2017 (8 Seiten)
- Kosler, Thorsten (2018): Repräsentieren als naturwissenschaftliche Handlungsweise – Potentiale für den Sachunterricht. In: Franz, Ute/Giest, Hartmut/Harteringer, Andreas/Heinrich-Dönges, Anja/Reinhoffer, Bernd (Hrsg.): Handeln im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt (im Druck)
- Lehrer, Richard/Schauble, Leona/Carpenter, Susan/Penner, David (2000): The Interrelated Development of Inscriptions and Conceptual Understanding. In: Cobb, Paul/Yackel, Erna/ McClain, Kay (Eds.): Symbolizing and Communicating in Mathematics Classrooms. Perspectives on Discourse, Tools, and Instructional Design. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. S. 325-360
- Müller-Wille, Staffan (1999): Botanik und weltweiter Handel. Zur Begründung eines natürlichen Systems der Pflanzen durch Carl von Linné (1707-78). Berlin: VWB

- Netz, Reviel (1999): *The Shaping of Deduction in Greek Mathematics. A Study in Cognitive History*. Cambridge: Cambridge University Press
- Piaget, Jean (1971/1946): *The Child's Conception of Movement and Speed*. New York: Ballantine Books.
- Rauterberg, Marcus (2018): *Naturkunde und Naturwissenschaft im Sachlernen der Elementar- und Primarstufe*. (in diesem Band)
- Rheinberger, Hans-Jörg (2008): *Historische Epistemologie zur Einführung*. Hamburg: Junius
- Rheinberger, Hans-Jörg (2013): *Die wissenschaftshistorische Bedeutung von Charles Darwin und Alfred Russel Wallace*. In: Wrede, Paul/Wrede, Saskia (Hrsg.): *Charles Darwin. Die Entstehung der Arten*. Kommentierte und illustrierte Ausgabe. Weinheim: Wiley-VCH, S. 531-537
- Voss, Julia (2009): *Darwins Bilder. Ansichten der Evolutionstheorie 1837-1874*. Frankfurt a.M.: Fischer

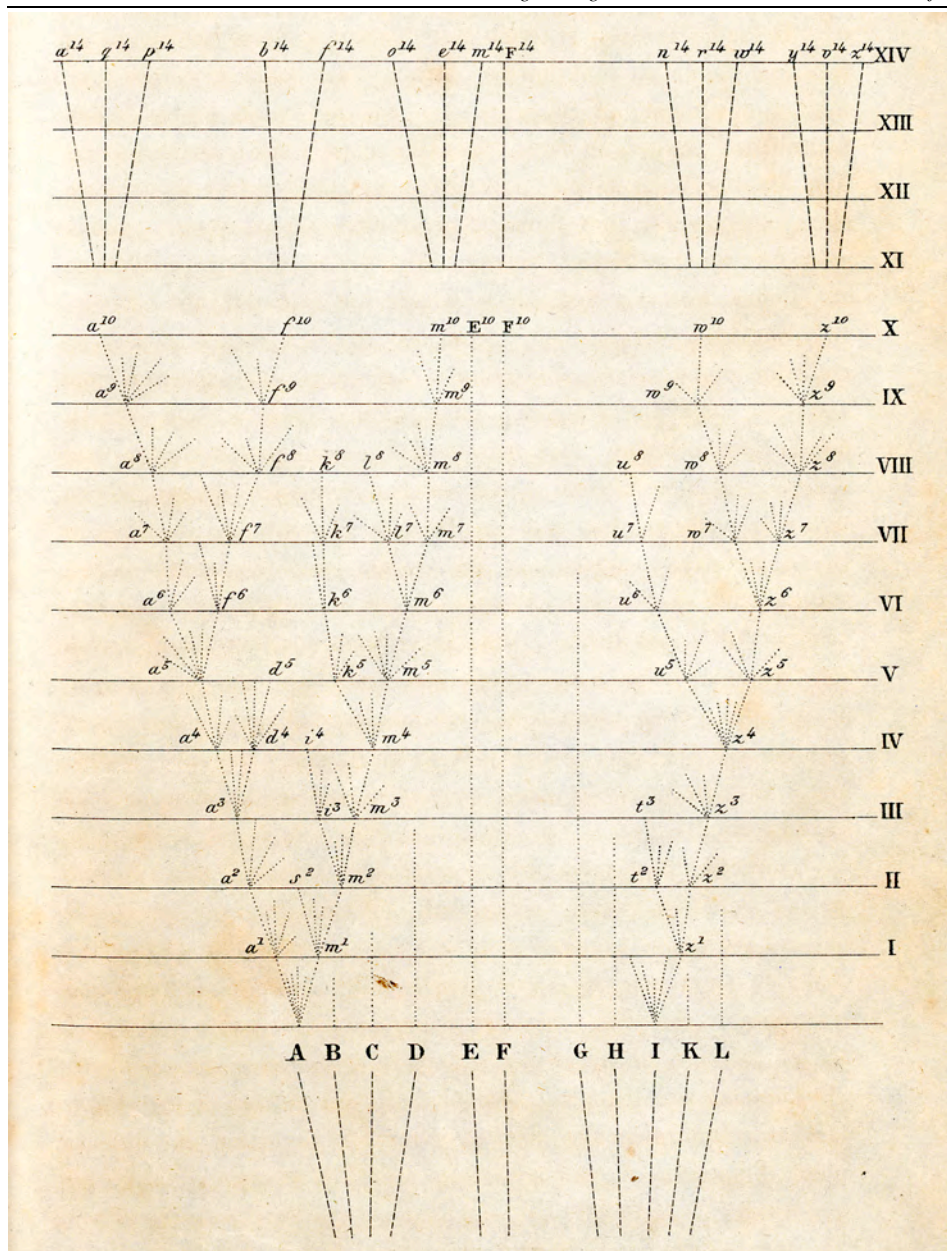


Abbildung 1: Darwins Evolutionsdiagramm aus der Entstehung der Arten (1860/1859, Beiblatt zur Seite 121) [Zentralbibliothek Zürich, Signatur NM 520]

Martin Gröger, Mareike Janssen, Katharina Wurm

Wie man mit Lehm den Weg zu den kleinsten Teilchen bahnen kann

Wir beziehen uns mit unserem Beitrag auf den Artikel von Marcus Rauterberg in diesem Beiheft. Dabei gehen wir nicht auf die ganze Bandbreite der Argumentation ein, sondern fokussieren auf die Frage nach Möglichkeiten, im Sachunterricht der Primarstufe gangbare Wege von alltäglichen Phänomenen, die Kinder erleben, zu wissenschaftlichen Beschreibungen, die ForscherInnen formulieren, zu bahnen. Wir hoffen, dabei den Gang der Argumentation von Rauterberg nicht zu stark zu verkürzen oder gar zu verfälschen. Gleichwohl ist der genannte Artikel im vorliegenden Heft ja unmittelbar zugänglich. Daher werden wir hier nur wenige – für unsere Argumentation zentrale – Aspekte herausgreifen und dabei dezidiert nicht auf den Elementarbereich eingehen, sondern nur auf den Sachunterricht, und ebenfalls nicht auf die Differenzierung zwischen Naturkunde und Naturwissenschaft. Wir sind zwar eher in der chemisch-fachdidaktischen Diskussion zu Hause, versuchen aber unser Anliegen in die in widerstreit-sachunterricht veröffentlichte Diskussion einzuordnen.

Bezugnahme auf den Ansatz von Marcus Rauterberg

Marcus Rauterberg beschreibt seine Perspektive auf das kindliche Lernen einerseits als frei von fachlichen Bezügen und andererseits als die eines neugierigen Beobachters. Mit Bezug auf die Anteile der einzelnen fachlichen Bezugsdisziplinen stellt er eine überstarke Betonung der Fachperspektiven Physik und Chemie im Sachunterricht fest, auf Kosten der seiner Auffassung nach eher naturkundlich orientierten Disziplinen Biologie, Geografie/Erdkunde und Geologie.

Rauterberg vertritt die Ansicht, es gebe keine Kontinuität zwischen den Deutungen der Kinder und denen der Physik. Dies möchten wir aufgreifen und an diesem Punkt mit unserer Argumentation ansetzen. Wir versuchen aufzuzeigen, dass es sich vielleicht eben doch lohnen kann, nach solchen Kontinuitäten zu suchen. Denn wenn es solche gibt, kann man sie – zumindest aus Sicht des Fachdidaktikers, der ja darauf schaut, was die in den Sachunterricht einsteigenden Schüler zum Fach schon kennen und wissen – auch nutzen, um eben eine Anschlussfähigkeit des Sachunterrichts bzw. der sachunterrichtlichen Inhalte an den Sachunterricht der weiterführenden Schulen zu ermöglichen. Diese Suche kann nur ausgehen von der Fachdidaktik und darin sehen wir auch eine ihrer Aufgaben, unsererseits eben aus der Provenienz der Chemie.

Die Frage, die wir uns stellen, lautet also: Gibt es Themenbereich oder Inhalte, die sich besonders dafür eignen, anschlussfähige Konzepte für den Sachunterricht Chemie

aufzubauen und dabei durchaus im Wagenscheinschen Sinne genetische, bruchlose Wege vom erlebbaren Phänomen bis zur wissenschaftlichen Theorie zu eröffnen? Wir suchen also nach Ansätzen, mit denen die für die Chemie charakteristische Kluft zwischen Erfahrungsebene und Modellebene überbrückt werden kann. Der Bruch zwischen den Ebenen kann wegen der prinzipiellen Andersartigkeit der Deutungsansätze in menschlichem Alltag und wissenschaftlicher Beschreibung von Phänomenen auf atomarer Ebene nicht generell aufgehoben werden, aber wenn sich Chancen bieten, in einigen Bereichen ausgehend von den vertrauten Konzepten über schrittweise Prozesse (z.B. ein stepwise zooming in) ein Verständnis der chemischen Modellwelt aufzubauen, sollten diese genutzt werden, um die Distanz zwischen den Welten zu verringern und Lernschwierigkeiten zu überwinden. Dabei kann dann diskutiert werden, bis zu welchem Stadium eines möglichen Weges die Kinder auf welcher Altersstufe gelangen können. Es bleiben die von Pech und Rauterberg im „Bildungsrahmen Sachlernen“ postulierten *Umgangsweisen*, mit denen die Autoren versuchen, ihre kritische Sicht auf die „propädeutische Absicht“ des Sachunterrichts darzustellen. Ganz explizit wird im besagten „Bildungsrahmen Sachlernen“ dazu festgestellt,

„dass er Ansätze verlässt, a) die Sachen/Gegenstände des Sachunterrichts aus den wissenschaftlichen Disziplinen (und Fächern des Sekundarbereichs) deduzieren. b) die sich auf vorunterrichtliches Erleben und Wissen der Kinder stützen, deren Erhebungsmöglichkeit für Lehrkräfte wir als nicht gegeben bzw. dessen Bestimmung durch PlanerInnen von Curricula wir als spekulativ und unzulässig normierend ansehen“ (Pech/Rauterberg 2013, S. 15).

Uns geht es aber aus fachdidaktischer Perspektive eben genau darum. Unser Vorhaben entspricht damit wohl eher der Suche nach dem, was Andres Acher in widerstreit-sachunterricht als „resonante Ideen“ beschreibt: produktive „Übereinstimmungen zwischen den naturwissenschaftlichen Kernideen und den Ideen der Kinder“ (Acher 2017, S. 4).

Mit Lehm auf dem Weg zu den kleinsten Teilchen

2010 wurde in widerstreit-sachunterricht bereits die Konzeption des damals neu eingerichteten Freilandlabores FLEX der AG Didaktik der Chemie an der Universität Siegen vorgestellt. Es wurde u.a. mit Bezug auf Martin Wagenscheins Natur- und Phänomenorientierung dargestellt, „wie chemische Aspekte, also Betrachtungen von Stoffen und Stoffumwandlungen, Ausgangspunkt für eine phänomenorientierte Behandlung von naturbezogenen Themen im Sachunterricht sein können“ (Gröger 2010, S. 1). Dabei wurde als ein Beispiel „Lehm“ als ein naturnaher, lebensnaher und gut „fassbarer“ Themenbereich präsentiert und exemplarisch Umsetzungsmöglichkeiten für eine perspektivübergreifende Behandlung vorgestellt (a.a.O.). Wir haben uns – insbesondere im Rahmen der Dissertation von Katharina Wurm – inzwischen vertiefter mit den Phänomenen auseinandergesetzt und intensiv untersucht, ob und wie es insbesondere mit der Formbarkeit von Lehm möglich sein könnte, grundlegende chemische Konzepte anzubahnen, wie man also mit „Lehm auf den Weg zu den kleinsten Teilchen“ (vgl. Wurm/Gröger 2014) kommen könnte.

Fachliche Grundlagen und Schülervorstellungen zu Lehm und Phänomenen, die an ihm beobachtbar sind

Lehm ist eine in Deutschland weit verbreitete Bodenart, die von Kindern vielerorts gefunden und gewonnen werden kann. Durch seine plastische Formbarkeit besitzt er einen hohen Aufforderungscharakter, sich gestaltend mit ihm auseinanderzusetzen und dabei seine Eigenschaften zu erkunden. Beim spielerischen Umgang eignen sich Kinder unbewusst Grundwissen an, so beispielsweise über den Zusammenhang von Formbarkeit und Wassergehalt. Zudem wenden sie intuitiv Verfahren wie Befeuchten, Verdichten oder Sieben an, die in der Geologie oder Geotechnik zur Untersuchung von Böden verwendet werden (vgl. Potthoff 2016, S. 113). Die typisch kindlichen Tätigkeiten im Umgang mit der Bodenart Lehm ähneln damit bereits einem naturkundlichen Vorgehen. Zudem sind für das Erkunden von Lehm, ebenso wie von Potthoff (2016) für sein Projekt beschrieben, keine literalen Kompetenzen erforderlich, welche nach Rauterberg eine Voraussetzung für naturwissenschaftliches Lernen sind. Vielmehr deutet eine Studie darauf hin, dass bereits Vorschulkinder durch die Beschäftigung mit Lehm und Ton ihren Wortschatz erweitern können (vgl. House 2007).

Fachliche Grundlagen

Lehm besitzt aus fachlich-chemischer Sicht viele interessante Eigenschaften, darunter das Verhalten beim Lehmbrand, das Quellen und Schwinden oder die Wasserkapazität. Die Formbarkeit ist dabei aus fachdidaktischer Sicht besonders vielversprechend. Das makroskopisch wahrnehmbare stoffliche Phänomen der Plastizität kann dabei auf mikroskopische Strukturen zurückgeführt werden, wobei Teilchengröße, Teilchenform und die Wechselwirkung mit Wasser die entscheidenden Faktoren darstellen.

Lehm scheint zunächst, ähnlich wie Ton, aus einer homogenen, zusammenhängenden Masse zu bestehen. Bei genauerem Hinsehen erkennt man jedoch, dass es sich um ein Gemisch aus unterschiedlich großen Partikeln handelt, welche teilweise auch anders gefärbt sind. Dabei werden hier unter Teilchen nicht die submikroskopischen Teilchen wie Atome oder Moleküle verstanden, sondern kleine Bestandteile, welche mit bloßem Auge oder unter dem Mikroskop erkennbar sind. Lehm setzt sich aus den Bodenarten Ton, Schluff und Sand zusammen, welche sich in ihren Korngrößen unterscheiden. Während Sand ausschließlich über die Korngröße definiert ist (Bestandteile von 63 µm bis 2 mm) und Schluff eine mittlere Teilchengröße besitzt (2-63 µm), werden unter Ton nicht nur Bestandteile einer bestimmten Größe (kleiner 2 µm), sondern auch einer bestimmten Struktur verstanden. Die zugrundeliegenden sogenannten Tonminerale sind plättchenförmig (setzen sich aus Schichtsilikaten zusammen) und verleihen dem Lehm seine Plastizität (siehe Abb. 1). Je höher der Tonanteil des Lehms ist (je „fetter“ er ist), desto besser lässt er sich formen, da die Tonminerale die größeren Sandbestandteile zusammenhalten. Die zugrundeliegende Gleitfähigkeit beruht auf der Struktur der einzelnen Tonpartikel, die sich in Wechselwirkung mit Wasser gegeneinander verschieben lassen.

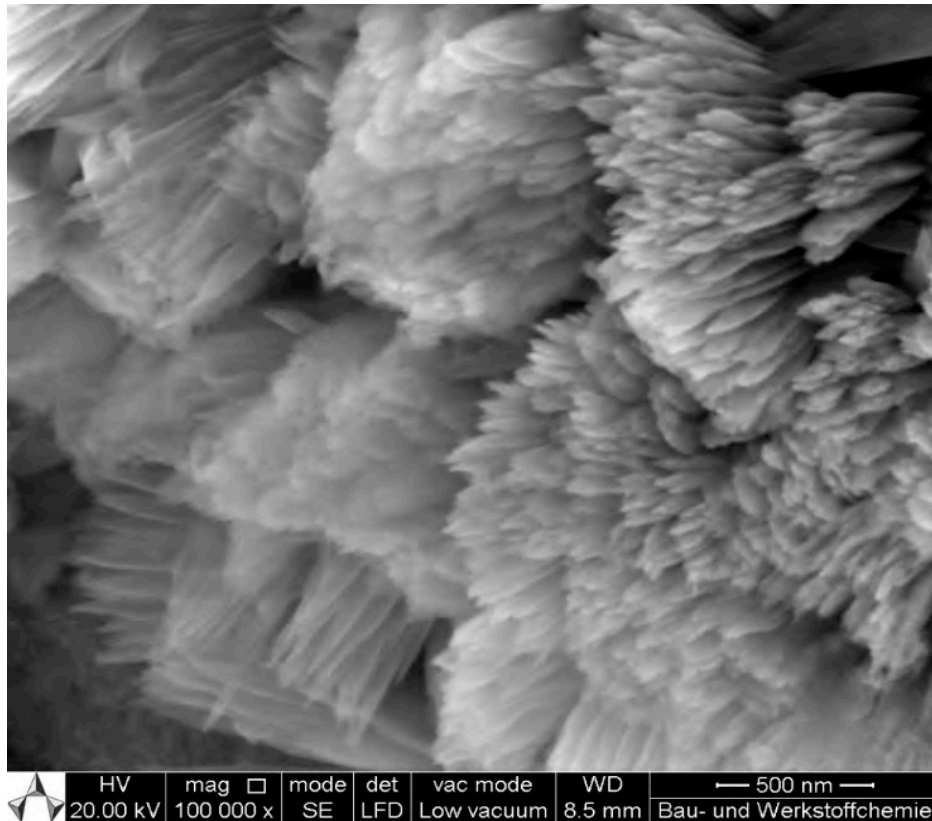


Abbildung 1: Schichtartige Struktur von Tonmineralen (elektronenmikroskopische Aufnahme)

Die geringe Größe der Tonminerale geht mit einer großen Oberfläche einher, was Wechselwirkungen zwischen den Teilchen untereinander und zwischen den Teilchen und Wasser begünstigt. Durch den schichtförmigen Aufbau der Tonminerale (man unterscheidet dabei zwischen Zwei- und Dreischichttonmineralen) zählen auch die Oberflächen der Zwischenschichten dazu. Besonders auch an diese große innere Oberfläche können Wassermoleküle angelagert werden, was zu einer erhöhten Plastizität führt. Die plättchenartige Struktur ermöglicht ein Vorbeigleiten der Tonminerale, wobei durch die großen Kontaktflächen zwischen den Mineralen die Haftfähigkeit erhöht wird. Die eher kugeligen Sandkörner weisen dagegen nur wenige Berührungspunkte untereinander auf und haften auch bei Wasserzugabe nur schlecht aneinander.

Diese fachlichen Hintergründe werden hier nur verkürzt dargestellt und umfassen nicht alle Einzelheiten. Dennoch lässt sich erkennen, dass sich die gute Formbarkeit von Lehm auf die Zusammensetzung aus kleineren Teilchen und auf die Struktur dieser Teilchen in Wechselwirkung mit Wasser zurückführen lässt. Diese Erkenntnisse scheinen auf den ersten Blick eventuell nicht besonders spektakulär, sind aus chemiedidaktischer Sicht jedoch sehr interessant. Insbesondere die Vorstellung, dass Materialien aus kleineren Teilchen zusammengesetzt sind, fällt vielen SchülerInnen auch in der weiterführenden

den Schule sehr schwer. Gerade beim Übergang von der makroskopischen zur submikroskopischen Ebene, zu der beispielsweise Atome und Moleküle gehören, treten häufig Fehlvorstellungen auf (vgl. Barke et al. 2015). Dabei gehen wir davon aus, dass die Thematisierung der Andersartigkeit der submikroskopischen Teilchen in der Grundschule wenig Sinn macht, es jedoch gewinnbringend sein kann, den partikulären Aufbau von Lehm im makrophysikalischen Sinne bereits in der Grundschule aufzugreifen. Kindern, die begreifen können, dass sich Lehm aus kleineren Teilchen zusammensetzt, wird es vermutlich im Chemieunterricht der weiterführenden Schulen leichter fallen, sich vorzustellen, dass sich auch diese Bestandteile wieder aus kleineren Teilchen zusammensetzen. Wenn GrundschülerInnen Lehm als Gemisch verschiedener Teilchen begreifen, können sie in einem weiteren Schritt auch zu der Erkenntnis gelangen, dass die Struktur und insbesondere die Größe der Teilchen sowie die Wechselwirkungen mit dem Wasser die Eigenschaften des Lehms bestimmen. Damit kann neben dem Stoff-Teilchenkonzept auch das Struktur-Eigenschaftskonzept als grundlegendes chemisches Basiskonzept bereits frühzeitig angebahnt werden. Durch die Beschäftigung mit Lehm können die Bedeutungen dieser Konzepte hervorgehoben und ihre Relevanz erkannt werden.

Wir gehen davon aus, dass dies gelingen kann, ohne die Kinder zu überfordern oder ihnen Deutungen aufzudrängen, sondern vielmehr, indem man auf ihre erlebnisbasierten¹ Deutungen aufbaut. Welche Deutungen die Kinder von sich aus äußern und wie ihre Vorstellungen vom Lehm in Richtung anschlussfähiger Konzepte erweitert werden können, wird im Folgenden dargestellt.

Vorstellungen von SchülerInnen

Die fachlichen Ausführungen lassen die Frage aufkommen, welche Vorstellungen GrundschülerInnen zum Aufbau des Lehms mitbringen und inwiefern sie zugrundeliegende Strukturen erkennen und daraus resultierenden Eigenschaften ableiten können. Dies wurde an insgesamt 29 Drittklässlern untersucht, welche in zwei aufeinanderfolgenden Jahren an einer AG im Freilandlabor der Chemiedidaktik teilnahmen. In Kleingruppen wurden u.a. *teaching experiments* und problemzentrierte Interviews zu den Vorstellungen der Kinder zu Eigenschaften des Lehms durchgeführt. Im *teaching experiment* wurde den Kindern feiner Sand, grober Sand, Kies und Lehmpulver sowie Wasser vorgelegt und zunächst gefragt, mit welchen der Materialien sich am besten Formen ließe und weshalb. Im Anschluss konnten die Kinder das Formen ausprobieren und wurden aufgefordert, ihre Beobachtungen zu begründen. In den Interviews wurde den Kindern u.a. feuchter Sand und feuchter Lehm vorgelegt und gefragt, womit sich besser Formen ließe und wie sich die Kinder die Unterschiede erklärten.

Die Kinder sollten also verschiedene Materialien auf ihre Tauglichkeit zum Formen hin beurteilen und untersuchen. Hierbei handelt es sich um Aufgaben, welche eine von Kindern meist spontan durchgeführte Tätigkeit stärker fokussiert. So erleben die meisten

¹ Wie bereits 2010 in widerstreit-sachunterricht dargelegt (vgl. Gröger, S. 3), verstehen wir unter Erleben einen Prozess, bei dem sich die Kinder aktiv mit dem Gegenstand Lehm auseinandersetzen und beziehen uns dabei auf die bei Buck und von Mackensen verwendete Beschreibung des Begriffs (vgl. Buck/von Mackensen 2006, S. 28).

Kinder schon in einem jungen Alter, dass sich feuchter Sand besser formen lässt als trockener Sand und man mit Lehm (oder Ton) besonders gut formen kann. Aufbauend auf diesen Erfahrungen wurden in den Kursen im Freilandlabor weitere Tätigkeiten angeregt, um den partikulären Aufbau von Lehm und das Zusammenspiel zwischen Form und Struktur zu fokussieren.

Neben dem bereits erwähnten *teaching experiment* gehörte beispielsweise auch eine einfache Fingerprobe dazu, bei der der Lehm zwischen den Fingern zerrieben wird. Dabei wurde festgestellt, dass sich größere Bestandteile im Lehm befinden. Auch dies ist eine Aktivität, die nicht aufgedrängt werden musste, sondern im Umgang mit Lehm bereits automatisch durchgeführt wurde. Interessant für die Kinder war die Schlämmanalyse, bei der Lehm in Wasser suspendiert wird und sich beim Sedimentieren in verschiedene Korngrößen auf trennt. Gut erkennbar waren die einzelnen Bestandteile des Lehms auch durch das Verwenden einer Ausdünnschale, in der ein verdünntes Lehm-Wassergemisch fein verteilt getrocknet und dann mit bloßem Auge oder Lupen betrachtet werden konnte.

Die vorgestellten Aktivitäten wurden zwar angeleitet, konnten von den Kindern aber weitgehend eigenständig durchgeführt werden, sodass erlebnisbasierte Deutungen initiiert werden konnten. Die Frage nach den Ursachen für die gute Formbarkeit von Lehm stellten sich viele Kinder spätestens beim Vergleich der Formbarkeit von Sand und Lehm, so dass auch diese Frage zwar angeregt, jedoch nicht aufgedrängt wurde.

Ergebnisse

Die Transkripte der Interviews und *teaching experiments* wurden inhaltsanalytisch ausgewertet und kategorisiert. Es zeigte sich, dass die Formbarkeit von den Kindern dabei unter anderem über die Eigenschaften von Sand und Lehm begründet wurde, wobei dem Lehm beispielsweise die Eigenschaft „klebrig“ zugesprochen wurde. Damit benutzen die Kinder bereits einen wissenschaftlich tragbaren und ausbaufähigen Begriff, da im Lehm die einzelnen Tonminerale sowohl untereinander als auch mit den Wassermolekülen zusammenhaften, also kleben. (Interviewer: Warum meint ihr das geht nur mit Lehm? D: Weil der besser klebt. N: Weil der stabiler ist.). Auch die Bestandteile von Sand² wurden genannt und auch das Vorhandensein von Wasser wurde zur Begründung der Eigenschaften herangezogen und als essentiell für die Knetbarkeit und die Stabilität angegeben. Mit dem Wasser und den Bestandteilen des Sandes wurden dabei bereits fachlich relevante Aspekte genannt; die einzelnen Bestandteile von Lehm spielten bei der Argumentation der Kinder zunächst meist jedoch keine Rolle.

Besonders interessant bei den Erklärungen ist das Einbeziehen einer Gefügeebene. Darunter versteht man die Form der räumlichen Anordnung und die Dichte der Bodenbestandteile. Bei Sand würde man von einem Einzelkorngefüge sprechen, da dort die Teilchen isoliert nebeneinander vorliegen, bei Lehm von einem Kohärentgefüge, da dort

² Als Bestandteile wurden hier alle Äußerungen der Kinder aufgefasst, welche auf Bestandteile rekurren – gleich welcher Ebene und unabhängig davon, ob die korrekten Begriffe verwendet wurden.

Bsp.: Interviewer: Ihr sagtet ja jetzt hiermit (feiner Sand) geht das besser als hiermit (grober Sand) J: Ja, der bricht sofort auseinander. [...] Weil der aus Steinen besteht.

die einzelnen Bestandteile Sand, Schluff und Ton miteinander verbunden sind. Kinder, die entsprechend argumentieren, nennen nicht direkt die einzelnen Bestandteile des Lehms, beziehen sich jedoch indirekt auf diese. So wird beispielsweise erklärt, dass im Lehm alles zusammenhänge, was ein Vorhandensein einzelner Bestandteile voraussetzt. (L: Weil in dem Lehm das alles zusammen- [...] L: Ja da hängt alles zusammen. Und demgegenüber: La: Im Sand sind viele einzelne Körner im Gegenteil zu Lehm und deswegen kann man Lehm besser formen.[...] Ja, das ist ja alles einzeln.). Es handelt sich somit um eine Zwischenstufe zwischen der Vorstellung, dass Lehm eine homogene Masse ist und der Vorstellung, dass er aus einzelnen Bestandteilen besteht.

Die Gefügebene kann dabei mit den von Meijer und Bulte et al. (2013) vorgestellten Mesoebenen verglichen werden, welche von den Autoren bei der Erarbeitung von Struktur-Eigenschaftskonzepten empfohlen werden. Mesoebenen stellen dabei Erklärungsansätze für Phänomene dar, die als Zwischenschritt zwischen der makroskopischen und der mikroskopischen Ebene dienen können und den Lernenden so den Übergang zwischen beiden erleichtern.

Bei der Auswertung der Transkripte zeigte sich, dass diese Gefügebene bei den Erklärungsansätzen eine Zwischenebene darstellen kann und dass Kinder, die diesen Argumentationsweg wählen, anschließend häufig zur Ebene der Bestandteile des Lehms übergehen. Die Mesoebene Gefüge scheint daher vielversprechend für das Begreifen von Struktur-Eigenschafts- und Stoff-Teilchenkonzepten zu sein.

Entwicklung eines Stufenmodells

Mit dieser Einsicht konnte ein Stufenmodell – im Sinne des Vorgehens von Parchmann et al. (2010) und Schwarzer et al. (2013) – zur Erarbeitung des Struktur-Eigenschaftskonzeptes zur Formbarkeit von Lehm entwickelt werden. Dieses Modell fokussiert sowohl die Struktur des Lehms mit seinen einzelnen Bestandteilen als auch die Wechselwirkung zwischen Lehm und Wasser. Die einzelnen Stufen bauen dabei bruchlos aufeinander auf und beschreiben zunehmend abstraktere Ebenen, die bei der gedanklichen Durchdringung des Phänomens Formbarkeit nacheinander durchlaufen werden können. Dabei sind auf jeder Stufe fachlich richtige und ausbaufähige Erklärungen zu finden.

Bezogen auf die Struktur des Lehms beginnt das Modell beim Stoff, um dann das Gefüge, die einzelnen Lehmartikel und weiter die Schichtpaketstöße, die Schichtpakete und schließlich die einzelnen Schichten der Tonminerale zu beschreiben (siehe Abb. 2).

Die in der Untersuchung befragten Grundschulkinder konnten im Laufe der Kurse ihre Vorstellungen vom Aufbau des Lehms von der Stoffebene zur Gefügebene und teilweise zur Partikelebene erweitern. Insbesondere auch durch das *teaching experiment*, bei dem die Kinder mit Materialien verschiedener Korngrößen formten, konnte bei vielen Kindern eine Erweiterung der ursprünglichen Vorstellung zugunsten des Einbezugs der Lehmbestandteile beobachtet werden. Die anfänglich homogen erscheinende Masse wurde dabei zunächst als etwas Zusammengesetztes und dann als aus kleineren Teilen bestehend erkannt. In der weiterführenden Schule kann nun darauf aufbauend ein bruchloser Übergang zur submikroskopischen Ebene erfolgen.

Literatur

- Acher, Andres (2017): Welche Art von wissenschaftlichem Modellieren ist in der Grundschule angemessen? In: www.widerstreit-sachunterricht.de, Nr. 23, Oktober 2017 (12 Seiten)
- Barke, Hans-Dieter/Harsch, Günther/Marohn, Annette/Krees, Simone (2015): *Chemiedidaktik kompakt: Lernprozesse in Theorie und Praxis*. Berlin: Springer Spektrum
- Buck, Peter/v. Mackensen, Manfred (2006): *Naturphänomene erlebend verstehen*. Köln: Aulis. (7. Aufl.)
- Gröger, Martin (2010): Das Freilandlabor FLEX in der Lehrerbildung. In: www.widerstreit-sachunterricht.de, Nr. 15, Oktober 2010 (6 Seiten)
- House, Carolyn A. (2007): Developing Preschoolers' Science Vocabulary through Clay Explorations. In: *Journal of Geoscience Education*, 55/4, S. 267-273
- Meijer, Marijn/Bulte, Astrid/Pilot, Albert (2013): Macro-Micro Thinking with Structure-Property Relations: Integrating 'Meso-levels' in Secondary Education. In: Tsaparlis, Georgios/Sevian, Hannah (Hrsg.): *Concepts of Matter in Science Education, Innovations in Science Education and Technology*, 19. Netherlands: Springer, S. 419-436
- Parchmann, Ilka/Scheffel, Lars/Stäudel, Lutz (2010): Struktur-Eigenschafts-Beziehungen – Roter Faden für den Chemieunterricht? In: *Unterricht Chemie* 21, S. 8-11
- Pech, Detlef/Rauterberg, Marcus (2013): Auf den Umgang kommt es an. ‚Umgangsweisen‘ als Ausgangspunkt einer Strukturierung des Sachunterrichts. Skizze der Entwicklung eines „Bildungsrahmens Sachlernen“. www.widerstreit-sachunterricht.de, 5. beiheft (völlig überarbeitete und ergänzte Neuauflage 2013)
- Pothhoff, Bernhardt (2016): ‚Buddeln, Bohren und Beobachten‘. Angeleitete Zugänge von Kindern zur Geologie. In: Lena Kraska/Gerold Scholz/Ulrich Wehner (Hrsg.) (2016): *Umgangsweisen mit Natur(en) in der Frühen Bildung (II)*. www.widerstreit-sachunterricht.de, 11. beiheft, S. 111-126
- Rauterberg, Marcus (2018): *Naturkunde und Naturwissenschaft im Sachlernen der Elementar- und Primarstufe*. (In diesem Band)
- Schwarzer, Stefan/Rudnik, Julia/Parchmann, Ilka (2013): Chemische Schalter als potenzielle Lernschalter. *CHEMKON*, 20/4, S. 175-181
- Wurm, Katharina/Gröger, Martin (2014): Lehm weist den Weg zu den kleinsten Teilchen. In: Fischer, Hans-Joachim/Giest, Hartmut/Peschel, Markus (Hrsg.) (2014): *Lernsituationen und Aufgabenkultur im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 173-180

Jochen Lange

Möglichkeiten der Naturbegegnung in bildungswirtschaftlicher Verhandlung.

Eine Praxisanalyse.

1 Einleitung

Die Entwicklung von didaktischen Materialien ist noch weitgehend unerforscht. „Gemessen an der Bedeutung der Lehrmittel ist es erstaunlich, wie wenig entwickelt der Forschungsstand ist. Über das Zustandekommen [...] von Lehrmitteln ist empirisch nur wenig bekannt [...].“ (Oelkers 2010, S. 20) Insbesondere vor dem Hintergrund des „Material Turn“ ist dies überraschend, geht doch etwa die Akteur-Netzwerk-Theorie davon aus, dass es zu einem Anlegen von Handlungsprogrammen in Objekten (vgl. Latour 1996, S. 57) und zur materiellen Übersetzung von Gebrauchszintentionen der Gestalter_innen kommt (vgl. Latour 2000, S. 226-232). Um sich diesem Postulat empirisch zu nähern, gilt es für Erziehungswissenschaft und Didaktik ein spezifisches Feld zu befor-schen, in dem Unterricht verhandelt und vorgeplant wird: die der Schule zuzuliefernde Bildungswirtschaft bzw. „Lehr- und Lernmittelindustrie“. Die hier verorteten Akteure der Bildungswirtschaft können als außerschulische Akteure der schulischen Praxis verstanden werden, die präfigurativ an der Ausgestaltung von schulischem Lernen beteiligt sind. Verlage und Betriebe dieser Industrie können als Organisationen analysiert werden, „die offizielles (schulisches) Wissen reproduzieren und stabilisieren oder aber auch unterlaufen und destabilisieren.“ (Macgilchrist 2011, S. 248) Die mit Wissen verknüpfte Genese von Unterrichtsmaterial steht im Zentrum dieses Beitrags, vorgestellt werden Ergebnisse des Forschungsprojekts „Die gewerbliche Entwicklung und Erprobung didaktischer Objekte“.¹ Das für dieses Projekt exemplarische ausgewählte Wirtschaftsunternehmen entwickelt Experimentiermaterialien für das naturwissenschaftliche Lernen im Sachunterricht. Eben diese wurden in ihrer Entstehung ethnographisch befor-scht. Die dabei generierten Ergebnisse beantworten die Frage nach dem Wie der Entwicklung in unterschiedlichen Facetten (vgl. Lange 2018; 2017; Wiesemann/Lange 2015). Der vorliegende Artikel wendet sich spezifisch der empirischen Frage zu, welche Möglichkeiten der Naturbegegnung und welche Orientierungen der Naturuntersuchung für den Sachunterricht der Grundschule von den Entwickler_innen als angemessen verstanden werden. Seitens der Entwickler_innen wird proklamiert, dass mit dem didaktischen Material eine Heranführung an die Naturwissenschaften und ihre Erkenntnisprozesse ermöglicht wird.

¹ Das von der DFG geförderte Projekt wurde von Herbert Kalthoff sowie Jutta Wiesemann geleitet und wird von ihnen derzeit mit einem Folgeprojekt unter dem Titel „Von der Testphase zum Feldversuch. Die Verwendung didaktischer Objekte im schulischen Unterricht“ (258997310) weitergeführt.

Der Artikel wendet sich also den Präfigurationspraktiken von Sachunterricht zu, die als fachpropädeutisch betitelt werden. In der Entwicklungspraxis zeigt sich nicht nur wie die Annäherung an Natur und Naturwissenschaft didaktisch für die Grundschule gedacht sowie gestaltet wird, es zeigt sich auch, welche Bilder von Natur und Naturwissenschaft in situ zugrunde gelegt bzw. entworfen werden. Die Frage, wie bzw. woran sich der dabei geplante Sachunterricht orientiert, wird am empirischen Beispiel beantwortbar. Die Eigenständigkeiten und Ähnlichkeiten der so analysierten Verhandlungen gegenüber Literaturdiskursen (z.B. zu Misconceptions und Wissenschaftsorientierung) werden im Vergleich und Kontrast zu diesen sichtbar gemacht. Ferner werden zur theoretischen Rückbindung der Beobachtungen Diskursperspektiven aus Didaktik und Wissenschaftsforschung eingebracht, die am empirischen Material Kontraste schärfen, Verquickungen aufzeigen und wechselseitige Irritationen ermöglichen.

2 Vorbildung der Propädeutik

Die Bearbeitung der aufgeworfenen Erkenntnisinteressen erfolgt ethnographisch. Die teilnehmende Beobachtung und Partizipation an Situationen werden als bedeutend verstanden, um das „Machen“ von Unterrichtsmaterial (auch in einem praxeologischen Sinne) zu begreifen. Als Charakteristikum der Forschung ist somit die reflexive Präsenz im Feld anzuführen (vgl. Hirschauer 2001), während der Feldnotizen, Audioaufnahmen, Skizzen, Fotos usw. angefertigt werden, die letztlich in „dichte Beschreibungen“ (vgl. Geertz 1983) von alltäglicher Praxis aufgehen, mit denen Erfahrungen mobilisiert werden (vgl. Amann und Hirschauer 1997, S. 30). Die so beforschte Praxis wird von den Akteuren im Feld in regelmäßig stattfindenden Meetings organisiert. Aus diesen Treffen – zu denen man am runden Tisch zusammenkommt, Experimente diskutiert und ausprobiert – stammen die folgenden Beschreibungen. Anwesend sind der Herausgeber Herr Hansmann (pensionierter Grundschullehrer), der Geschäftsführer Herr Schmidt (kaufmännischer Berufshintergrund) sowie die Didaktikprofessor_innen Frau Dr. Kran und Herr Dr. Peine, deren Arbeitsschwerpunkte insbesondere durch Fragen des Physiklernens in der Schule gebildet werden.² Die Entwickler_innen sind sich darin einig, (fach)propädeutisches Material entwerfen zu wollen, das es (für den späteren Unterricht) arrangierend vorzubilden gilt. Beim gemeinsamen Verfolgen dieser Zielsetzung kommt es zu Aushandlungen und Divergenzen, die im Zentrum der folgenden Beobachtungen stehen.

2.1 Von der Schönheit der Phänomene

Der aktuell diskutierte Versuch thematisiert Polarisation. Zwei 3-D-Brillen aus Kinos bilden die Polfilter, die sich voreinander halten und drehen lassen, um bestimmtes Licht hindurch zu lassen oder zu blockieren. Blickt man nun durch diese filternden Doppelgläser der Brillen und dabei auf einen kleinen durchsichtigen Kunststoffbecher, erscheint dieser in psychedelischen Farben und Mustern, die optisch etwas an einen Ölfilm in Wasser erinnern. Dabei werden mechanische Spannungen des Plastikkörpers sichtbar. Herr Schmidt probiert den von Frau Kran vorgestellten Versuch aus und fragt kritisch-zweifelnd: „Ja, die Frage ist (1), ist das Grundschule?“ Von Herrn Peine hört man ein kurzes Lachen („Heh“), das so viel bedeuten könnte wie „gute Frage“ oder „das ist eine andere Frage“. Frau

² Alle Namen wurden anonymisiert.

Kran antwortet postwendend und bestimmt: „Das ist n Phänomen, ja.“ Herr Schmidt entgegnet seinerseits mit „Ja.“ und Frau Kran fährt fort: „Das muss man, das ist wirklich ein Phänomen und (1) die Kinder ...“ Schmidt unterbricht bedächtig: „Ich glaube, damit würden wir die Lehrerin total, also wirklich total, überfordern.“ Frau Kran stimmt nicht zu und erwidert zweifelnd-seufzend: „Ja, das iss (.) zu diskutieren.“ Herr Peine wirft ein: „Es [das Phänomen] ist einfach nur schön.“ und Herr Schmidt stimmt hier zu: „Ja, schön ist es, das is, das ist nicht die Frage.“ Mit den Worten „Dann möchte ich es auch gesehen haben, wenn es so schön ist.“ klinkt sich Herr Hansmann ein, während Frau Kran bilanziert: „Das ist wirklich, wirklich schön und ...“. Herr Schmidt nimmt nun die Rolle des Erklärers ein und informiert Herrn Hansmann: „Hier ist, Sie haben jetzt den, den Analysator auf der Nase.“ Peine bestätigt diese Erklärungen: „Genau. Richtig (.) polarisiert, also. Genau.“ Schmidt: „Da müssen wir so n bisschen drehen, dann sehen Sie so die Farbränder. Und wenn se dann drücken, dann sehen Sie diese Spannungs- ähm.“ Dabei wird der kleine Becher etwas mit Daumen und Zeigefinger zusammengepresst. Hansmann meint anerkennend: „Also funktionieren tut's schon gut.“ Auch hier stimmt Schmidt zu („Mhm“) und Peine erklärt in werbendem Tonfall, dass man nicht auf den Becher angewiesen ist, um das Phänomen zu erzeugen: „Sie können jegliche Haushaltsfolie nehmen, ne. Die so ein bisschen zusammenknittern.“ (Meeting 1B, 3. Dokumentenseite, § 278–304, 01:57:53–01:59:03)

Herr Schmidt kritisiert die Nutzbarkeit des Phänomens sehr deutlich: Der Versuch samt Phänomen sei grundsätzlich nicht für die Grundschule geeignet. Er gehe weit über sie hinaus und überfordere Lehrer_innen entsprechend. Dennoch geben Frau Kran und Herr Peine das Phänomen nicht auf. Ihre Fürsprache scheint von einer spezifischen Wahrnehmungsqualität getragen und insistiert auf der „Schönheit“ des Phänomens. Es scheint das Gefühl für eine wichtige Ästhetik der Naturwissenschaften zu sein, auf dessen Basis das Phänomen gegen Widerstände verteidigt wird. Die „harten“ Naturwissenschaften und ihre Didaktiken scheinen in der Situation eine Nähe zur ästhetischen Bildung, zur Reform- und Kunstpädagogik zu offenbaren: Insbesondere eine Nähe zu Ansätzen, die rationales Denken bzw. Wissen nicht kategorisch über sinnliche Wahrnehmung stellen, sondern ästhetische Erfahrungen vielmehr als Ausgangspunkt für reflexive Bildungsprozesse begreifen. Noch deutlicher scheint diese Parallele in der weiteren Diskussion zu werden, in der klargestellt wird, was nicht das Lern- bzw. Bildungsziel bei der Beschäftigung mit Polfiltern sein kann:

Bezogen auf das Phänomen der bunten Spannungslinien am Kunststoffbecher hält Frau Kran fest: „Also wir können es [für die Grundschule] nicht erklären. Das ist ganz klar. Das kann man nicht erklären.“ Damit kommt sie der Kritik am Versuch – an dem sie eigentlich festhalten mag – ein Stück entgegen. Schmidt stimmt dieser physikdidaktischen Aussage zu, sein „Ne“ lässt keinen Zweifel: das könne man wahrlich nicht in der Grundschule erklären. Frau Kran gibt relativierend zu bedenken: „Was wir aber haben ist, dass die Kinder natürlich solche Brillen zu Hauf zu Hause liegen haben.“ Auch hier stimmt Schmidt zu: „Ja, das stimmt.“ Kran argumentiert weiter: „Und damit auch umgehen. Und insofern, äh, ist es eigentlich so was wie, ähm, lebens (1) -weltliches Erfahrungs (1) -feld, was wir aufnehmen.“ (Meeting 1B, 3. Dokumentenseite § 321–325, 01:59:40–02:00:01)

Ausgehend von dem Konsens, dass das Phänomen in der Grundschule jenseits des Erklärbaren liegt, es nicht aufgeklärt werden kann und es insofern nicht zu einem naturwissenschaftlichen Wissenszuwachs führen kann, stellt sich die Frage, was nun aber für die Beschäftigung mit dem Phänomen spricht. Seine „Schönheit“ und die Funktionalität des Versuchs wurden zuvor kommuniziert und von den Kritikern anerkannt – jedoch auch als unzureichende Legitimation zurückgewiesen. Eines der Contra-Argumente war, dass man Lehrer_innen überfordere. Mit der nun eingebrachten Unerklärbarkeit erfolgt demnach auch eine Entlastung der Lehrkräfte und damit ein Eingehen auf die Kritiker: Wenn

sich das Phänomen in der Grundschule nicht erklären lässt, braucht man es auch nicht versuchen. Zudem wird eine Begründungslinie vor die „Schönheit“ gezogen, die auch zuvor schon anklang, als Herr Peine auf die profane Haushaltsfolie verwies: Schon mit dieser alltäglichen Folie ging es argumentativ um einen Bezug zur Lebens- bzw. Erfahrungswelt der Kinder. Ferner wird nun auch für die Polfilter-Kinobrillen eine Nähe zum Kind postuliert, indem vom persönlichen Besitz der Kinder ausgegangen wird. Dies soll die Relevanz unterstreichen, die dem Erfahren und den persönlichen Erfahrungen zuge-dacht wird. Angenommene Erfahrungen der Kinder werden dabei zu einem argumentativen Device, zu einem nutzbaren Kriterium der Auswahl, über dessen situative Gültigkeit und Gewichtung sich die Entwickler_innen verständigen müssen.

Der Versuch wird von Hansmann und Schmidt weiter abgelehnt: Auch wenn man Rahmenpläne hier und da ruhig überschreiten dürfe, sei man hier doch arg weit von der Grundschule entfernt – meinen sie. Kran gesteht zu: „Polarisation ist natürlich [in der Grundschule] kein Thema.“ Man ist sich zwar einig, dass der Versuch gut funktioniert und „total schön“ ist, „Aber ... im Endeffekt ...“ zweifelt Schmidt, während Frau Kran vorschlägt: „Also vielleicht kann man (...) ich denk noch mal, ich denk noch mal drüber nach, ob wir das nicht vielleicht in diesen Bereich, ähm, der ‚Primärerfahrung‘ (1) hineingeben könnten. (2) In ne einfache (1) ner einfachen Art, ne? Das, das wär, das wär schon möglich.“ Die beiden Kritiker verweisen noch einmal kurz auf ihre Bedenken bezüglich der ausbleibenden Erklärung, bevor man den Versuch erst einmal aufschiebt. (Meeting 1B, 3. Dokumentenseite, § 329–351, 02:00:33–02:01:48)

Die argumentative Experimentverteidigung via kindliche Erfahrungen wird noch einmal verstärkend aufgegriffen, indem spezifizierend auf einen pädagogisch-didaktisch prominenten Begriff rekuriert wird: „Primärerfahrungen“. Der Versuch soll an diese anschließen bzw. sie ermöglichen. Über diese Orientierung, sollen Phänomene in die Grundschule gelangen, deren naturwissenschaftliche Einordnung eigentlich nicht als sachunterrichtliches (Lehrplan-)Thema angesehen werden kann, denen die Autor_innen aber trotzdem eine hintergründige Relevanz zuschreiben. Die naturwissenschaftliche Erklärung des Phänomens wird dabei nicht als Thema für die Grundschule konzipiert, das Phänomen selbst hingegen schon. Dieses Vorhaben sorgt für situativen Einspruch bei den Kritikern. In der Situation werden zwei didaktische Ansätze sichtbar und verhandelt. Während ein Ansatz die erfahrbare Schönheit des Phänomens betont, drängt der andere Ansatz auf die explizite Erklärung des Phänomens. Auch wenn die Vertreter des letztgenannten Ansatzes zugleich eingesteht, dass diese Erklärung für die Grundschule zu komplex sei, wird das bloße Erkunden und (Wieder)Erkennen letztlich als unzureichender Anspruch abgelehnt: Herr Schmidt und Herr Hansmann monieren den fehlenden Bezug zur physikalischen Theorie, die Empirie (empeiria als Erfahrung bzw. Erfahrungswissen) des Versuchs reicht ihnen nicht aus. Mit diesem Drängen, so wirkt es, suchen sie die Allianz aus vermittelbaren Wissensbeständen der Physik und schulischer Funktionslogik, die nach Warum-Erklärungen verlangt. Demgegenüber scheint es so, als würden Frau Kran und Herr Peine eine Position beziehen, die in der Literatur als naturkundliche Begegnung gefasst wird. Die folgenden Ausführungen zur Naturkunde dienen als eine analytische Linse, mit der das empirische Material mit Blick auf Kongruenzen und Kontraste betrachtet wird. Die Charakterisierung von (Natur)Kunde als etwas, das im Gegensatz zur abstrakten Theorie steht, findet sich z. B. im Handbuch der Pädagogik von Nohl und Pallat. Nohl plädiert: „Es ist heute für alle Gebiete des Lebens von der größten Bedeu-

tung, daß wir diese Sphäre der Kunde wieder in ihrer vollen Breite und Ordnung zur Anschauung bringen, ehe wir mit den Abstraktionen der fachwissenschaftlichen Theorien einsetzen.“ (Nohl 1929, S. 53) Einher geht die Betonung des Anknüpfens an Erlebnisse. Mit Bezug auf Blättner bilanziert Schietzel in seinem Plädoyer für eine Renaissance der Naturkunde in der Grundschule: „Kunde wird mithin bestimmt als Lehre, die in den Erfahrungen der Lernenden fundiert ist.“ (Schietzel 1984/2007, S. 6) Die Erfahrungen sollen zu Anknüpfungspunkten für eine höhere Bewusstmachung dienen, die vom Konkreten, von der Naturbetrachtung ausgeht. „Kunde ist die der Welt unmittelbar und als solche zugeordnete Weise zu lehren und zu lernen. Insofern ist Kunde natürlich und primär.“ (Schietzel 1984/2007, S. 7) Nießeler betont vor diesem Hintergrund, dass man den Begriff der Kunde „in den Kontext der von Husserl und anderen Phänomenologen herausgestellten Kritik an der Lebenswelt-Vergessenheit der modernen Wissenschaften stellen“ müsse (Nießeler 2007, S. 3). Auch Schietzel selbst bemüht den Begriff der Phänomenologie für seine Ausführungen, wenn auch ohne einbeziehenden Verweise auf Phänomenologen. In der Erziehungswissenschaft ist es insbesondere die pädagogische Anthropologie, die Bezüge zur Phänomenologie nutzt (vgl. z.B. Meyer-Drawe 1999). So wird beispielsweise gefordert, die Phänomene aus der Welt von Kindern nicht vorschnell mit wissenschaftlichen Perspektivierungen und Fachsprache(n) zu versehen. Stieve kritisiert, dass Dinge, die durch die Perspektiven der Erwachsenen noch nicht eindimensional zugerichtet und instrumentalisiert sind, in ihrer Offenheit und dem kindlichen Lernumgang zu wenig fokussiert würden: „Die Vieldeutigkeit der Dinge ermöglicht, dass im Lernen eine gleichermaßen bedingte wie freie Zuwendung stattfinden kann, dass Lernen schöpferisch ist und nicht nur rezeptiv.“ (Stieve 2008, S. 286) Bei diesen kommunikativen Begegnungen mit den Dingen spielen vielfach emotionale und ästhetische Erfahrungsqualitäten eine besondere Rolle. Auf die sinnliche Empfindung und auf das mit ihr verbundene Erkennen werden phänomenologische Analysen tradiert bezogen (vgl. z.B. Straus 1956; Lippitz 1980; Meyer-Drawe 1984). Meyer-Drawe kritisch: „Das Subjekt der Neuzeit begreift sich vor allem vom Denken her. Es sieht, riecht, schmeckt, hört oder fühlt das Ding nicht, es urteilt, daß das Ding so oder so ist.“ (Meyer-Drawe 1999, S. 330) Die Parallele zwischen diesen phänomenologischen Postulaten und der beobachteten Entwicklungssituation scheint zunächst augenfällig: Dem sinnlichen Erfahren von Phänomenen wird auch von den Entwickler_innen Frau Kran und Herr Peine eine große Relevanz beigemessen. Die ästhetische Dimension der Phänomenbegegnung wurde vielfach in Diskussionen eingebracht. Auch wurde deutlich, dass Frau Kran und Herr Peine kausale Erklärungen und naturwissenschaftliche Auflösungen zu meiden versuchten: Das als unerklärbar aber schön etikettierte Phänomen sollte für sich selbst stehen. Die folgenden Ausführungen und empirischen Einblicke treten jedoch einen Schritt hinter die „Schönheit der Phänomene“ zurück. Sie analysieren die von den Entwickler_innen forcierte Erklärungsabstinenz. Die attestierte Unerklärbarkeit der Phänomene wird hinsichtlich ihrer Hintergründe geklärt.

2.2 Erklärungsabstinenz und Deutungshoheit

Nicht nur beim Thema Polarisierung ließ sich die Tendenz beobachten, dass Erklärungen von einigen Entwickler_innen gemieden wurden, auch bei vermeintlich profaneren Themen und Phänomenen ließ sich dies beobachten:

Herr Hansmann bilanziert kritisch: „Wir haben keinen Versuch wo es alleine um dieses Phänomen geht [Geradlinigkeit von Lichtstrahlen als Erklärung zu der Frage ‚Warum entsteht ein Schatten?‘], das Herr Schmidt eben richtig aufgegebelt hat und das genau – ich bin richtig froh, dass das nun endlich hochkoch – ehm das genau is die Geschichte mit dem Erklären. Das is das, was die Lehrerinnen entweder nachschieben oder suchen. Wenn man das [Erklären] konsequent machen [noch einarbeiten] könnte [wäre das in Hansmanns Sinn].“ (Meeting 3B, 2. Dokumentenseite, § 625, 01:47:43–01:48:08)

Die Differenzen in der Einschätzung des Stellenwerts von kausalen Erklärungen werden hier angesprochen. Ferner wird auf der Grundlage der durchgeführten Produkterprobung in Schulen darauf hingewiesen, dass Lehrer_innen letztlich selbst kausale Erklärungen zu den Phänomenen zu geben versuchen. Mit diesem Argument wird angeführt, dass sich Grundschulunterricht nicht erklärungsabstinent und unter Vermeidung von Wieso-Weshalb-Warum-Fragen gestalten lasse, ein Weglassen von diesen Erklärungen durch die Entwicklerinnen also nicht gleichbedeutend sei mit einem Verzicht auf sie in der späteren Schulpraxis. Mit dem Verweis auf die schulische Produkterprobung wird diese als ein argumentatives Mittel in die Diskussion eingebracht, so wie es zuvor schon mit der angenommenen Erfahrung der Kinder geschah. Durch die vorliegenden Äußerungen von Lehrerinnen aus der Erprobung erhält das Argument ein faktisches Antlitz.³

Frau Kran resümiert mit Blick auf die geforderten Erklärungen kritisch: „Wenn man diese scheinbaren Plausibilitäten ehm zulässt oder sogar anbietet, dann verursacht das ja nicht selten auch Fehlvorstellungen, die dann nachher nich äh... [leicht aufzulösen sind].“ Schmidt setzt an („Ehm“) aber Hansmann ist schneller: „Umgekehrt: Wenn wir nachher nichts anbieten, wird es noch grausamer.“ Kran gesteht dies zu: „Ja das ist genau, das ist uns ja jetzt auch klar(.)geworden, dass die Lehrerin und Lehrer versuchen, irgendeine Erklärung zu geben, die aber womöglich ganz falsch ist, weil sie auch selber ehm gar nicht beurteilen können. Denn so einfach is die Physik nun mal leider nicht.“ Darauf wird mit Zustimmung reagiert. Herr Schmidt betont, dass in dem zugehörigen Heft nichts Falsches stehen darf und reduzierte Erklärungen nicht zu „Fehlvorstellungen“ führen sollen – im Zweifel solle man Erklärungen daher besser ganz weglassen. Auch Herr Hansmann gesteht zu, dass „Warum“-Erklärungen selbstredend nicht immer möglich bzw. angebracht sind. (Meeting 3B, 1. Dokumentenseite § 213–225, 00:37:50–00:40:12)

Mit Herrn Hansmanns Argumentation, dass die Schule nach schulischen Erklärungen, Lösungssätzen sowie einem Lernertrag aus Sicht der Lehrer_innen verlangt und dass das damit verbundene schultypische Wissen in der Schule generiert werden wird – unabhängig davon, ob naturwissenschaftliche Expert_innen es als richtig bzw. richtig genug, falsch, „ganz falsch“ oder „grausam“ deklarieren – kann er einen Punkt in der Diskussion erzielen: Frau Kran signalisiert Verständnis und ggf. ein Einlenken. Jedoch werden die von Hansmann vielfach eingeforderten Erklärungen noch immer deutlich problematisiert. Frau Kran erklärt sich und ihre didaktische Präferenz, indem sie eine Kausalkette bildet: Wenn man scheinbare Plausibilitäten mit vermeintlichem Erklärungspotential anbieten würde, führen diese simplifizierenden Erklärungen ggf. zu „Fehlvorstellungen“,

³ Fraglos besteht durch die Erprobungen in Schulen eine Rückkopplung zwischen Entwicklungspraxis und Schulpraxis. Rückmeldungen aus der Erprobung wirken in die Praxis, ähnlich wie es die oben angesprochenen Rahmenpläne tun. Dennoch gehört es zur Entwicklungs- und Präfigurationspraxis der Akteurinnen und Akteure, die Rückmeldungen der Lehrer_innen einzuordnen, sie zu gewichten und sie so für ihre Praxis nutzbar zu machen. Werden (wie vielfach geschehen) produkterfahrene Lehrer_innen als Testpersonen eingesetzt, kann zudem gefragt werden, ob sich die Entwicklung nicht an unterrichtlichen Funktionsweisen und Formaten orientiert, die sie in der Praxis selbst mit hervorbringen (vgl. Lange 2017, S. 218).

die sich dann („nachher“) schwer beseitigen ließen. Bei den Autor_innen werden so die Bedenken deutlich, der Komplexität der Physik nicht zu genügen und Kinder auf eine falsche Wissensfährte zu bringen. Die Maxime, dass etwas lieber „weggelassen“ werden soll, wenn es sich nicht gänzlich korrekt erklären lässt, stößt auf einen großen Konsens in der Situation und kann als ein ausgeprägtes Verlangen nach einer *naturwissenschaftlichen Correctness* verstanden werden: Die Physik als universitäre Disziplin (die – mit den Worten von Frau Kran – nun mal nicht so einfach sei) birgt dabei die Deutungshoheit über die Wirklichkeit der Phänomene. Sie stellt als Referenzsystem, die Kategorien „richtig“ und „falsch“. An ihr sollen sich die Erklärungen für die Grundschule messen lassen und auf ihrer Grundlage werden sie „weggelassen“ oder „drin gelassen“. Hinter der Orientierung an Kindern und Lebenswelten tritt die „korrekte“ Wissenschaft mit ihrem letztendlichen Erklärungsanspruch als Entwicklungsmotivation hervor. „Fehlvorstellungen“ werden so zu einem Verhandlungsargument, dass von allen Beteiligten in der Situation als gewichtig anerkannt wird. Die beobachtete Praxis, Phänomene erklärungslos für sich stehen zu lassen, begründet sich im Kontrast zu einem radikal phänomenologischen Motiv nicht darin, dass ein universalistischer Erklärungsanspruch der Naturwissenschaften abgelehnt wird. Die „Vieldeutigkeit der Dinge“ (vgl. Stieve 2008, S. 286) wird eher als eine Gefahr verstanden. Das Streben „zu den Sachen selbst“ (Husserl 1911/1987, S. 21) wird in seinem Potential nicht als erkenntnistheoretisches Ideal, sondern als ein Provisorium gesehen, mit dem man sich behilft, um ein postuliertes „Fehlvorstellungspotential“ geringer zu halten. Fachwissenschaftliche Erklärungen und ihre ggf. notwendigen Reduktionen werden ausgeklammert, weil sie als zu komplex und letztlich für Kinder als irreführend betrachtet werden. Daher soll die Erfahrung von Phänomenen in das Zentrum des geplanten Unterrichts rücken. Den von Herrn Hansmann und Herrn Schmidt vorgebrachten Wunsch, Kausalerklärungen zu liefern, teilen prinzipiell auch die anderen Entwickler_innen, jedoch sehen sie die Grundschule hierfür vielfach als noch falschen Ort. Für Frau Kran und Herrn Peine fungieren die Phänomene als *Teaser* der Physik. Frei übersetzt sind es also werbende Anreißer, Aufmerksamkeit erzeugende Lockangebote, impressive Vorschauen oder kurzer Denkipulse. Letztlich verweist ein solcher Teaser auf das, was noch ausführlich kommen wird, auf die Welt der Sekundarstufen- oder Universitätsphysik, die derzeit nicht erklärt werden kann, auf die aber ein kurzer und faszinierender Blick möglich sei, während die richtige bzw. wirkliche Auflösung von Polarisation & Co. später erfolgt. Mit Wagenschein lässt sich dies diskutieren:

„Ich habe die Überzeugung, dass unser Unterricht diesen Aberglauben, die Physik decke ein an sich Seiendes, *die* Wirklichkeit, auf, noch immer nährt. Vielleicht von der Meinung behindert, seine Auflösung sei erst durch die moderne Physik, also erst in der Prima oder auf der Universität möglich.“
(Wagenschein 1980/2009, S. 40 (Herv. im Orig.))

Nicht Wirklichkeit soll als Aberglaube diskreditiert werden, reflektiert werden soll hingegen das vermeintliche Aufdecken der einen Wirklichkeit, das ohne uns und unsere Subjektivität auskommt. Die Phänomenologie betont traditionell die nicht voneinander unabhängige Existenz von Mensch und Welt. So hält Meyer-Drawe ein Plädoyer für lebensweltliches Wissen und die verwobene Begegnung von Subjekt und Objekt, mit der Dinge nicht als uns gegenüberstehende Objekte unserer Erkenntnis, nicht als Herrscher

über ihren Sinn oder schlichte Empfänger „unserer intellektuellen Erfindungen“ begriffen werden (vgl. Meyer-Drawe 1999, S. 331ff.). Bildungsrelevant sei eben die reflexive Verquickung von Mensch und Welt, unsere weltlichen Erfahrungen mit den Dingen, über die aber nicht naiv realistisch geurteilt werden dürfe:

„Diese beiden Aspekte von Wirklichkeit, nämlich daß sie über sich schweigt, indem sie jeden eindeutigen Sinn verweigert, und daß es sie dennoch gibt, verschärft sich zu einem Problem, wenn man die Erfahrung der Dinge mit dem Anspruch auf Wahrheit verknüpft, so als läge der Mannigfaltigkeit unserer Wahrnehmungen *eine* Wirklichkeit zugrunde, die wir allerdings aufgrund unserer verschiedenen Perspektiven variieren.“ (Meyer-Drawe 1999, S. 329 (Herv. im Orig.))

Für den Sachunterricht problematisiert Scholz das erkenntnistheoretische Modell, das von der *einen* Welt ausgeht, die allenfalls unterschiedliche Interpretationen ihrer selbst zulässt. In seiner kritischen Auseinandersetzung mit den „epochaltypischen Schlüsselfragen der Menschheit“ postuliert er einen Anspruch, den man – als Frage – auch an die beobachtete Entwicklungspraxis in der Bildungswirtschaft stellen kann: „Und zu begründen wäre, wie der Übergang von der einen [Welt], der der sinnlichen Erfahrungen und elementaren Empfindungen, zu der [Welt] der Wissenschaft und der Rationalität gelingen soll oder kann.“ (Scholz 2007, S. 2) Die Entwickler_innen verhandeln ihre Begründung hierzu mit und in ihrer Praxis, die eng auf ihre Bilder von Wissenschaft, Erkenntnistheorie, Didaktik und Unterricht bezogen ist. Mit dieser Praxis wurde deutlich, dass das der Entwicklung zugrundeliegende Verständnis von (Natur)Wissenschaft und Forschung nicht von einer grundsätzlichen Vorläufigkeit von Wissensbeständen ausgeht. Die beobachtete *naturwissenschaftliche Correctness* geht von den heute geltenden und als gesichert angesehenen Wissensbeständen der Physik aus. Der heutige Konsens unter den universitären Wissenschaftler_innen wird als „richtige“ Physik bezeichnet. Hieraus ergibt sich das Handlungsproblem: Diese komplex-richtige Physik liefert zwar die Orientierung, sie in die Grundschule zu transferieren und ihre Erklärungen kindgerecht umzuformulieren, erscheint den Entwickler_innen jedoch vielfach als gefährlich und unsinnig. Obwohl die unterrichtliche Funktionsweise nach Erklärungen verlangt, soll das Aufgreifen von physikalischen Kausalerklärungen wegen der einhergehenden Simplifizierungs- respektive Fehlergefahr im Zweifel gemieden werden. „Fehlvorstellungen“ können dabei überhaupt erst im Kontrast zu einer als korrekt geltenden Wirklichkeitsfolie ausgemacht und minimiert werden. Sie werden als Abweichungen in den Köpfen der Kinder von den aktuell dominierenden Wissensbeständen in den Wissenschaften verstanden. Die Begriffe „Fehlvorstellungen“ bzw. „Misconceptions“ gehören zum Vokabular der „Conceptual Change“-Diskurse, die nicht nur in der didaktischen Literatur, sondern auch im beforschten Entwicklungsalltag gegenwärtig sind. Das, was bei der Entwicklung von Experimentierkoffern beobachtet und bisher gezeigt wurde, knüpft an die Konzeptwechselidee an, problematisiert dann aber die Wechselprozesse didaktisch: Die Bekämpfung von „Fehlvorstellungen“ wird durch das Vermeiden von physikalischen Erklärungen betrieben. „Fehlvorstellungen“, die aus Erklärungsansätzen erwachsen könnten, sollen so möglichst gar nicht erst entstehen. Man will damit effizient die Bürde umgehen, vorschnell entstandene Konzepte in den Köpfen der Kinder später aufwändig durch richtige Konzepte der Wissenschaft austauschen zu müssen. Es soll weniger um das stetige Initiieren von Konzeptwechseln gehen,

sondern idealerweise um das einmalige Erzeugen des richtigen physikalischen Konzepts, auf dem weiter aufgebaut werden kann. In diesem Sinne verstehen die Akteure den geplanten Unterricht als wissenschaftsorientiert.

3 Wissenschaft als Konzept- und Paradigmenwechsel

Der didaktische „Conceptual Change“-Diskurs ist genuin verknüpft mit den wissenschaftshistorischen Arbeiten von Thomas Kuhn (vgl. z.B. Carey 1985). Kuhn stellt hier die „Epistemological Base“ (Posner et al. 1982, S. 212) dar. Posner, Strike, Hewson und Gertzog parallelisierten die Konzeptwechsel, die Kuhn für Phasen wissenschaftlicher Umbrüche hervorhob, mit den Wechseln von Konzepten, die in den Köpfen der Lernenden entstehen und diesen Erklärungspotentiale bieten. Kuhns Arbeiten (1962/2017) wandten sich ab von den bis dato vorherrschenden normativen Zuschreibungen, wie Naturwissenschaft sei, und erbrachten empirische Einsichten zu der Frage, wie sich Naturwissenschaft charakterisieren lässt. Hierzu untersuchte er die Geschichte der Physik. Kuhn fokussierte historische Weggabelungen und analysierte die einhergehenden Wechsel als Revolutionen bzw. Paradigmenwechsel. Unter Bezug auf verschiedene Paradigmen stellte er ihre Inkommensurabilität heraus. Dabei wurde deutlich, dass sich die Geschichte der Naturwissenschaften nicht als eine kumulative Wahrheitsannäherung oder stetige Schichtung von aufeinander aufbauenden Wissensbeständen beschreiben lässt. Wissen ist temporär, bricht weg, passt nicht zu neuen Paradigmen usw. Aus der Forschung gewonnene Vorstellungen sind dabei keine abschließenden Antworten. Zudem geschieht der Wechsel zu neuen dominanten Paradigmen keinesfalls durch die Demonstration eines kurzen experimentellen Widerlegens der konkurrierenden Paradigmen: „Kein bisher durch das historische Studium der wissenschaftlichen Entwicklung aufgedeckter Prozess hat irgendeine Ähnlichkeit mit der methodologischen Schablone der Falsifikation durch unmittelbaren Vergleich mit der Natur.“ (Kuhn 1962/2017, S. 90) Der Zusammenbruch und Wechsel eines Paradigmas geschieht langsam. Auftretende Diskrepanzen veranlassen Physiker_innen nicht zwingend zum Zweifeln an der grundlegenden Theorie und oft erscheint es schlicht ökonomisch, mit den alten Theorien weiterzuarbeiten (vgl. Kuhn 1962/2017, S. 87-99). Der Ablöseprozess ist zäh und mit Widerständen behaftet, Wissenschaftler verwerfen ungern das derzeitige Paradigma, auch wenn es sie in eine aktuelle Krise geführt hat (vgl. Kuhn 1962/2017, S. 90). Dies ist kein Defizit der Wissenschaftler_innen, „sondern ein Hinweis auf das Wesen der wissenschaftlichen Forschung selbst.“ (Kuhn 1962/2017, S. 162)

Die Parallele zur Schule wird umso deutlicher, wenn Frau Kran darauf verweist, dass sich einmal verfestigte „Fehlvorstellungen“ bei Schüler_innen oft schwer wieder auflösen ließen. Forscher_innen und Schüler_innen klammern: Sie geben ihre einmal gewonnenen bzw. etablierte Konzepte – die auch plausibel, einleuchtend und nicht zuletzt brauchbar sein können – ungern auf. Ein kurzer demonstrativer Nachweis durch einen arrangierten Versuch, vermag die vorhandenen Vorstellungen respektive Theorien ggf. nicht zu tilgen. Die beobachteten Akteure beschreiben diese Resistenzen im Einklang mit verschiedenen Arbeiten zur „Conceptual Change“-Forschung (vgl. z.B. Möller 2015, S. 244 f.) allerdings als Problem auf dem Weg zur Physik. Dies wirkt überraschend, da vor dem erkenntnistheoretischen Hintergrund auch andere Einordnungen und Befragun-

gen erwartbar schienen: Lässt sich in den resistenten Konzepten nicht weniger ein Hindernis für einen wissenschaftsorientierten Unterricht, als vielmehr eine Ähnlichkeit zwischen Unterricht und Wissenschaft ausmachen? Müssen vorläufige Konzepte nicht alleine deswegen schon rehabilitiert werden, weil Wissenschaften über keine anderen Konzepte verfügen? Lässt sich mit diesen Fragen vielleicht ein Ausweg aus dem empirisch aufgezeigten Dilemma suchen, dass Erklärungen für den Sachunterricht zugleich einfordert *und* problematisiert werden? Für die nähere Betrachtung dieser Fragen und der postulierten Wissenschaftsparallele von Unterricht, sind die in Kuhn zu sehenden Grundlagen der „Conceptual Change“-Diskurse ebenso relevant wie die wissenschaftssoziologischen Arbeiten die Kuhn folgten. Kuhn wendet sich gegen die überhöhende Betrachtung von wissenschaftlichen Methoden und gegen den Glauben an objektive Entscheidungen. Er betont hingegen den Einfluss der Subjekte und ihrer Gruppierungen, die wissenschaftliche Ergebnisse oft nicht rein rational, sondern mit einem „Element der Willkür“ erzeugen (vgl. Kuhn 1962, S. 19). Durch die relativierte Bedeutung einer rationalen Wissenschaftslogik, rückt die tägliche Laborpraxis ins Interesse der sogenannten neueren Wissenschaftsforschung. Dass „Fehlvorstellungen“ definitorisch vielfach als Alltagstheorien von wissenschaftlichen Vorstellungen und Hypothesen abgegrenzt werden, verliert aus dem Blick, dass auch Wissenschaften einen Alltag haben. Eben dieser ist seit den 1970er Jahren intensiv erforscht worden und lässt sich keinesfalls adäquat mit Klassikern wie Popper oder Merton beschreiben (vgl. z.B. Knorr-Cetina 1981; Latour und Woolgar 1979/1986; Lynch 1985). „Vor diesem Hintergrund wird die Annahme obsolet, die Natur antworte direkt auf die an sie gestellten Fragen. Fakten werden zu Interpretationsleistungen, die u.a. auch sozial bedingt sind [...]“. (Herbold 2000, S. 106) Wenn in „Conceptual Change“-Diskursen problematisiert wird, dass vorhandene Konzepte der Lernenden deren Wahrnehmung beeinflussen (vgl. z.B. Duit 1996), indem die Schüler_innen in den beobachteten Experimenten das (wieder)erkennen was sie erwarten oder sehen wollen („confirmation bias“), so kann entgegnet werden, dass auch dies ein den Menschen und dem Alltag ihrer Naturwissenschaften genuin innewohnendes Vorgehen ist: Kuhn postuliert, dass „der Wissenschaftler mit einem neuen Paradigma anders sieht, als er vorher zu sehen pflegte.“ (Kuhn 1962/2017, S. 115) Oder mit den Worten von Rieß und Schulz:

„Eine (natur-)wissenschaftliche Behauptung zu beweisen oder auch nur zu prüfen, läuft in den meisten Fällen auf ein Experiment oder eher eine Serie von Experimenten hinaus. Dies widerspricht keineswegs der oben referierten These, daß wissenschaftliche Tatsachen, also auch empirische Befunde sozial produziert werden; so naiv die Forderung nach einem experimentellen Beweis sein mag, so raffiniert ist der Wissenschaftler bei der (zweifelloso theoriegeleiteten) Interpretation der Ergebnisse seiner Experimente, bis sie zu dem passen, was er vermutet und erwartet.“ (Rieß und Schulz 1994, S. 199)

Auch diese Art der Konfirmation ist keine normative Kritik an vermeintlich schlechter Wissenschaftspraxis, sie ist kein „Bias“, sondern eine empirisch-beschreibende Erkenntnis wie Naturwissenschaft funktioniert und (erfolgreich) gemacht wird. Meiner Ansicht nach plausibilisiert sie weiter die postulierte Wissenschaftsparallele des Unterrichts und wirft die Frage auf, ob Kinder nicht bereits wissenschaftlicher Denken, Sehen und Handeln als gemeinhin angenommen wird. Vor dem Hintergrund der neueren Wissenschaftsforschung gibt es Hinweise der qualitativen Unterrichtsforschung, die darauf deuten, dass das, was an Schulen passiert, in vielen Facetten sehr naturwissenschaftsähnlich zu

sein scheint (Wiesemann und Lange 2014; Martens et al. 2015; Lange 2017, S. 224 f.). Diese empirisch entdeckten Wissenschaftsparallelen sind fraglos didaktisch oft unbeabsichtigt oder gar ungewollt, ein besonderes (und anspruchsvolles) Bildungspotential kann jedoch in ihrer Reflektion vermutet werden, in einem Innehalten und der unterrichtlichen Frage, was haben wir da gerade eigentlich wie gemacht? In diesem Zuge kann es z. B. auch um ein Zulassen, Provozieren, Vergleichen und Irritieren von „Fehlvorstellungen“ gehen, um eine so forcierten aufklärerischen Erziehung zum Zweifel, die sich auch gegen Wissenschaftsgläubigkeit wendet. Dabei kann die Frage verhandelt werden, „mit welchen Mitteln und Methoden sich bestimmte Gruppen von Menschen die Möglichkeit verschaffen, ihre Deutung von Welt zur geltenden Deutung zu bestimmen. Hier wäre dann auch Raum, um über Wissenschaft zu sprechen.“ (Scholz 2007, S. 3) Lehnt man derartige Vorhaben als für die Grundschule zu komplex ab, so sollte zumindest verstärkt diskutiert und empirisch weiter erforscht werden, wie sich die suggestiven Begriffe der „Fehlvorstellungen“, „Wissenschaftsorientierung“, „Scientific Literacy“ usw. begründen. Für welche Ausrichtung des Unterrichts stehen die Begriffe? Zielen sie wirklich auf das, was Naturwissenschaften empirisch ausmacht? Müsste für das, was derzeit vielfach unter den Begriffen verhandelt wird, nicht ein neuer Oberbegriff konzipiert werden, der eher auf didaktische Zielvorstellungen und ideelle Normen Bezug nimmt? So weist auch Kosler (2016) eindrücklich darauf hin, dass die Frage, was wissenschaftliches Denken für die Schule ausmachen soll, ein frappierendes Desiderat darstellt. Ferner zeigt sich diskursanalytisch für die Sachunterrichtsdidaktik, „dass viele Angebote naturwissenschaftlicher Bildung [...] sich an einer Heuristik des Fragenstellens, Vermutens, Experimentierens und Bewertens orientieren, die vor dem Hintergrund der jüngeren Wissenschaftsforschung als unzureichend und irreführend bewertet werden muss [...]“ (Kosler 2016, S. 281)

4 Fazit

Der Beitrag analysierte ineinandergreifende Orientierungen bei der Entwicklung von didaktischem Material. Exemplarisch aufgezeigt wurde, wie die Entwickler_innen der Bildungswirtschaft ihre Bilder von Wissenschaft und Grundschule verhandelnd in ein Produkt überführen. Ausgehend von einer analytischen Orientierung an der phänomenologisch anmutenden „Schönheit“ der erfahrbaren Phänomene, wurde der Rolle von physikalischen Erklärungen nachgespürt. Das vermeintliche Primat der sinnlichen Erfahrung gegenüber der theoretischen Erklärung wurde analytisch fokussiert – und löste sich dabei auf. Deutlich wurde, dass es die dezidierten Erklärungen sind, denen die Entwickler_innen letztendlich Relevanz beimessen, die jedoch zugleich von ihnen vielfach als zu komplex für die Grundschule eingeschätzt werden. Auch wenn sich Phänomene scheinbar erklären ließen, würde dies oft mit Trugschlüssen einhergehen, die zu „Fehlvorstellungen“ führten. So begründet sich der Versuch, die Erfahrung eines Phänomens und nicht seine Erklärung in die Schulen zu liefern. Wie die Entwickler_innen allerdings anführen, verlange die Funktionsweise von Unterricht nach Erklärungen. Schule fordere also Erklärungen als Output ein, die aber zugleich diesen Output torpedieren würden – so das Handlungsproblem der Entwickler_innen. Die dabei sichtbar werdenden starken Bedenken gegenüber „Fehlvorstellungen“ überraschen vor dem Hintergrund ihrer er-

kenntnistheoretischen Wurzeln, die in den wissenschaftshistorischen Arbeiten von Thomas Kuhn zu finden sind. Aufgezeigt wurde, wie sich im Feld die Grundidee der von Kuhn analysierten Konzeptwechsel mit einem normativen Ideal der Wirklichkeits- bzw. Physikannäherung verbindet, das Konzeptwechsel didaktisch problematisiert und zu meiden sucht. Metaphorisch gilt der Anspruch der Entwickler_innen: Ohne bei den Kindern viel einreißen zu müssen, soll im späteren Unterricht mit dem Errichten der „richtigen“ Physik auf einer möglichst freien Fläche begonnen werden können. Auffällig ist, dass genuin kindliche Erklärungen, die sich die Schüler_innen beim Betrachten der Phänomene unweigerlich machen (könnten), in den gezeigten Debatten nicht explizit problematisiert werden. „So sehr die Interpretationen der Erwachsenen auf Theorien beruhen, so sehr kann man Kindern im Grundschulalter unterstellen, dass auch sie über Theorien verfügen, mit denen sie sich ihre Welt erklären. [...] Für die Unterrichtssituation bedeutet dies eben, dass nicht Erfahrung [der Kinder] und Theorie [der Erwachsenen] aufeinander stoßen, sondern unterschiedliche Theorien [beider].“ (Scholz 2007, S. 5) Möglicherweise werden kindliche Theorien in den beobachteten Aushandlungen nicht expliziert, weil sie sich ohnehin nicht verhindern lassen oder angenommen wird, dass sie sich von angebotenen Erklärungen der Erwachsenen – mit mehr oder weniger Nähe zu Physik – so stark unterscheiden, dass sie nicht Gefahr laufen, mit der „richtigen“ Physik zu kollidieren (Fokus auf Schönheit o. ä.). Anhand des entdeckten Handlungsproblems, dass Erklärungen als ebenso notwendig wie problematisch angesehen werden, warf der Beitrag abschließend und vor dem Hintergrund der Arbeiten von Kuhn die Fragen auf, ob in der unterrichtlichen Praxis nicht eine Wissenschaftsparallele zu vermuten sei, die sich empirisch und nicht normativ begründe. Die reflektierende Behandlung dieser Parallele könnte für die Debatten um (Natur)Wissenschaft im Sachunterricht neue Impulse bieten. Dem in der Didaktik derzeit dominanten Paradigma, das von einer Soll-Beschreibung der Naturwissenschaft ausgeht, könnte so die von der Wissenschaftsforschung vollzogene paradigmatische Wende zur empirischen Beschreibung der Naturwissenschaften gegenübergestellt werden.

Literatur

- Amann, Klaus/Hirschauer, Stefan (1997): Die Befremdung der eigenen Kultur. Ein Programm. In: Hirschauer, Stefan/Amann, Klaus (Hrsg.): Die Befremdung der eigenen Kultur. Zur ethnographischen Herausforderung soziologischer Empirie. Frankfurt a. M.: Suhrkamp, S. 7-52
- Carey, Susan (1985): Conceptual change in childhood. Cambridge, Mass.: MIT Press (A Bradford book)
- Geertz, Clifford (1983): Dichte Beschreibung. Frankfurt a. M.: Suhrkamp
- Herbold, Ralf (2000): Technische Praxis und wissenschaftliche Erkenntnis. Soziale Bedingungen von Forschung und Implementation im Kontext der Wissensgesellschaft. Hamburg: Libri Books on Demand
- Hirschauer, Stefan (2001): Ethnografisches Schreiben und die Schweigsamkeit des Sozialen. Zu einer Methodologie der Beschreibung. In: Zeitschrift für Soziologie 30/6, S. 429-451
- Husserl, Edmund (1911/1987): Philosophie als strenge Wissenschaft. In: Husserl, Edmund: Aufsätze und Vorträge. 1911-1921. Hrsg. v. Nenon, Thomas/Sepp, Hans Rainer/van Breda, Herman Leo. Dordrecht, Boston und Lancaster: Martinus Nijhoff Publ. (Husserliana: gesammelte Werke, Edmund Husserl, 25), S. 3-62
- Knorr-Cetina, Karin (1981): The manufacture of knowledge. An essays on the constructivist and contextual nature of science. Oxford: Pergamon Press (Pergamon international library of science, technology, engineering and social studies)

- Kosler, Thorsten (2016): Naturwissenschaftliche Bildung im Elementar- und Primarbereich. Zum naturwissenschaftlichen Denken mit Kindern im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt (Klinkhardt Forschung)
- Kuhn, Thomas S. (1962/2017): Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. 25 (2., rev. Aufl.). Frankfurt a. M.: Suhrkamp (Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft)
- Lange, Jochen (2017): Schulische Materialität. Empirische Studien zur Bildungswirtschaft. Berlin/Boston: De Gruyter Oldenbourg (Qualitative Soziologie, 23)
- Lange, Jochen (2018): Education Made In Industry. Die Gestaltung physikalischer Experimente für den Grundschulunterricht. In: Zeitschrift für Pädagogik 64/2, S. 215-231
- Latour, Bruno (1996): Aramis, or the love of technology. Cambridge: Harvard Univ. Press
- Latour, Bruno (2000): Die Hoffnung der Pandora. Untersuchungen zur Wirklichkeit der Wissenschaft. Frankfurt a. M.: Suhrkamp (Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft, 1595)
- Latour, Bruno/Woolgar, Steve (1979/1986): Laboratory life. The construction of scientific facts. With a new postscript and index by the authors. Nachdr. Princeton: Princeton University Press (Princeton paperbacks)
- Lippitz, Wilfried (1980): "Lebenswelt" oder die Rehabilitierung vorwissenschaftlicher Erfahrung. Ansätze eines phänomenologisch begründeten anthropologischen und sozialwissenschaftlichen Denkens in der Erziehungswissenschaft. Weinheim und Basel: Beltz (Beltz Forschungsberichte)
- Lynch, Michael (1985): Art and artifact in laboratory science. A study of shop work and shop talk in a research laboratory. London u. a.: Routledge & Kegan Paul (Studies in ethnomethodology)
- Macgilchrist, Felicitas (2011): Schulbuchverlage als Organisationen der Diskursproduktion. Eine ethnographische Perspektive. In: Kelle, Helga (Hrsg.): Schwerpunkt Ethnographie in Institutionen und Organisationen. Zeitschrift für Soziologie der Erziehung und Sozialisation 31/3. Weinheim: Juventa, S. 248-263
- Martens, Matthias/Asbrand, Barbara/Spieß, Christian (2015): Lernen mit Dingen. Prozesse zirkulierender Referenz im Unterricht. In: Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung. Empirische Beiträge aus Erziehungswissenschaft und Fachdidaktik (Thementeil: Dinge, Wissen, Fachkulturen. Materialitäten in Unterricht und Schule). 4/4, S. 48-65
- Meyer-Drawe, Käte (1984): Leiblichkeit und Sozialität. Phänomenologische Beiträge zu einer pädagogischen Theorie der Inter-Subjektivität. München: Fink (Übergänge, 7)
- Meyer-Drawe, Käte (1999): Herausforderung durch die Dinge. Das Andere im Bildungsprozeß. In: Zeitschrift für Pädagogik 45/3, S. 329-336
- Möller, Kornelia (2015): Genetisches Lernen und Conceptual Change. In: Kahlert, Joachim/ Fölling-Albers, Maria/Götz, Margarete/Hartinger, Andreas/Wittkowske, Steffen (Hrsg.): Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. 2. Aufl. Bad Heilbrunn: Klinkhardt (UTB, Nr. 8621), S. 243-249
- Nießeler, Andreas (2007): Kommentar zu Carl Schietzel: Exakte Naturwissenschaften in der Grundschule? In: www.widerstreit-sachunterricht.de/9/2007, S. 1-3. Online verfügbar unter <https://www2.hu-berlin.de/wsu/ebeneII/arch/schietzel/nieschietzel.pdf>.
- Nohl, Herman (1929): Pädagogische Menschenkunde. In: Nohl, Herman/Pallat, Ludwig (Hrsg.): Die biologischen, psychologischen und soziologischen Grundlagen der Pädagogik. Online-Ausg.: Bibliothek für Bildungsgeschichtliche Forschung, 2004. Langensalza: Beltz (Handbuch der Pädagogik, 2), S. 47-76
- Oelkers, Jürgen (2010): Lehrmittel. Rückgrat des Unterrichts. In: Folio, Berufsbildung Schweiz 135/1, S. 18-21
- Posner, George J./Strike, Kenneth A./Hewson, Peter W./Gertzog, William A. (1982): Accommodation of a Scientific Conception. Toward a Theory of Conceptual Change. In: Science Education 66/2, S. 211-227
- Rieß, Falk/Schulz, Reinhard (1994): Naturwissenschaft lernen als Textverstehen und Geräteverstehen. Naturwissenschaftsdidaktik in hermeneutischer Absicht und die Rekonstruktion historischer Experimentierpraxis. In: Misgeld, Wolf (Hrsg.): Historisch-genetisches Lernen in den Naturwissenschaften. Weinheim: Deutscher Studien-Verl. (Blickpunkt Hochschuldidaktik, 98), S. 185-204
- Schietzel, Carl (1984/2007): Exakte Naturwissenschaften in der Grundschule? In: www.widerstreit-sachunterricht.de/9/2007, S. 1-11. Online verfügbar unter <http://www.widerstreit-sachunterricht.de/ebeneII/arch/schietzel/schietzel.pdf>.
- Scholz, Gerold (2007): Über Erfahrung und Theorie. Eine kritische Auseinandersetzung mit den „epochaltypischen Schlüsselfragen der Menschheit“. In: www.widerstreit-sachunterricht.de/9/2007, S. 1-6. Online verfügbar unter <http://www.widerstreit-sachunterricht.de/ebeneI/didaktiker/scholz/schluesselfragen.pdf>.

- Stieve, Claus (2008): Von den Dingen lernen. Die Gegenstände unserer Kindheit. Paderborn und München: Fink (Phänomenologische Untersuchungen, 27)
- Straus, Erwin (1956): Vom Sinn der Sinne. Ein Beitrag zur Grundlegung der Psychologie. 2. Aufl. Berlin: Springer
- Wagenschein, Martin (1980/2009): Naturphänomene sehen und verstehen. Genetische Lehrgänge. Bern: Buchner (Lehrkunstdidaktik, 4)
- Wiesemann, Jutta/Lange, Jochen (2015): „Education in a Box“. Die Herstellung schulischer Artefakte in der Lehr- Lernmittelindustrie. In: Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung. Empirische Beiträge aus Erziehungswissenschaft und Fachdidaktik (ZISU) (Thementeil: Dinge, Wissen, Fachkulturen. Materialitäten in Unterricht und Schule). 4/4, S. 80-91
- Wiesemann, Jutta/Lange, Jochen (2014): Wissen schaffen durch die Dinge? Ergebnisse aus einer ethnographischen Studie zur Materialität im Sachunterricht. In: Zeitschrift für Grundschulforschung. Bildung im Elementar- und Primarbereich (Schwerpunktthema: Sachunterricht) 7/2, S. 46-59

Dieses dritte Beiheft in der Reihe „Umgangsweisen mit Natur(en) in der Frühen Bildung“ versammelt Beiträge aus dem Kontext der Tagung „Über Naturkunde und Naturwissenschaft“ am 7./8. April 2017. Primär geht es um die Frage der Unterscheidung von Naturwissenschaft und Naturkunde. Bearbeitet wurde diese Differenz im Hinblick auf die didaktische Arbeit mit Kindern im Elementar- und Primarbereich. Was bedeutet es, Naturwissenschaft zum Lehrgegenstand zu machen und was bedeutet es, Naturkunde zum Lehrgegenstand zu machen? In ihren Einschätzungen zeigt sich zwischen den eher fachdidaktischen und den eher erziehungswissenschaftlichen Positionen eine deutliche Kontroverse, die sich auch im Vorfeld der Entwicklung von Unterrichtsmedien für den Sachunterricht finden lässt.

ISSN 1860-1251