

Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 5

Im Rahmen der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ werden regelmäßig wissenschaftliche Beiträge von renommierten Expertinnen und Experten aus dem Bereich der frühen Bildung veröffentlicht. Diese Schriftenreihe dient einem fachlichen Dialog zwischen Stiftung, Wissenschaft und Praxis, mit dem Ziel, allen Kitas, Horten und Grundschulen in Deutschland fundierte Unterstützung für ihren frühkindlichen Bildungsauftrag zu geben.

Der vorliegende fünfte Band der Reihe stellt Ziele naturwissenschaftlicher Bildung für Kinder und pädagogische Fach- und Lehrkräfte sowie prozessbezogene Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht im Elementar- und Primarbereich in den Fokus.

Yvonne Anders, Ilonca Hardy, Sabina Pauen, Beate Sodian und Mirjam Steffensky spezifizieren in ihren Expertisen pädagogisch-inhaltliche Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung im Kita- und Grundschulalter. Neben einer theoretischen Fundierung verschiedener Zielbereiche werden Instrumente für deren Messung aufgeführt. Jörg Ramseger formuliert in seiner Expertise zehn Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Diese prozessbezogenen Kriterien können pädagogische Fach- und Lehrkräfte bei der Unterrichtsplanung sowie bei der Selbstevaluation naturwissenschaftlicher Angebote im Elementar- und Primarbereich heranziehen. Das Schlusskapitel des Bandes beschreibt die Umsetzung dieser fachlichen Empfehlungen in den inhaltlichen Angeboten und in der Begleitforschung der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“.

Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Yvonne Anders, Ilonca Hardy,
Sabina Pauen, Jörg Ramseger,
Beate Sodian, Mirjam Steffensky

Band 5

Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“



schubi

schubi

schubi

© 2013 SCHUBI Lernmedien AG
CH-8207 Schaffhausen
service@schubi.com
www.schubi.com

1. Auflage 2013

BV 507 79

ISBN 978-3-86723-506-8



Band 5

Bildung von
Anfang an

Hrsg.: Stiftung „Haus der kleinen Forscher“



Yvonne Anders, Ilonca Hardy, Sabina Pauen, Jörg Ramseger, Beate Sodian,
Mirjam Steffensky

Herausgeber: Stiftung Haus der kleinen Forscher

Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Band 5

Haben Sie Anregungen oder Kritikpunkte zu diesem Produkt?
Dann senden Sie eine E-Mail an service@schubi.com
Autoren und Verlag freuen sich auf Ihre Rückmeldung.

Sie finden uns im Internet unter:
www.schubi.com
www.bildung-von-anfang-an.de

Alle Rechte vorbehalten.

© 2013 SCHUBI Lernmedien AG
CH-8207 Schaffhausen
service@schubi.com
www.schubi.com

1. Auflage 2013

ISBN 978-3-86723-506-8

No BV 50779

© 2013 Stiftung Haus der kleinen Forscher
Herausgeber: Stiftung Haus der kleinen Forscher
Projektleitung: Dr. Janna Pahnke
Konzeption und Redaktion: Dr. Karen Bartling
Redaktionelle Mitarbeit: Henrike Barthel, Dana Schumacher

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	6
Informationen über die Autorinnen und Autoren	7
Einleitung	
<i>von Janna Pahnke und Karen Bartling</i>	9
Zusammenfassung wichtiger Ergebnisse der Expertisen	17
A Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung im Kita-Alter und ihre Messung	
<i>von Yvonne Anders, Ilonca Hardy, Sabina Pauen und Mirjam Steffensky</i>	19
1. Theoretische Vorannahmen	20
1.1 Der Begriff der Kompetenz	21
1.2 Vorannahmen über den frühkindlichen Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen	22
1.3 Vorannahmen über professionelle Kompetenzen pädagogischer Fachkräfte	24
2. Zieldimensionen Kinder	28
2.1 Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit im Umgang mit Naturphänomenen	28
2.2 Wissenschaftliches Denken und Vorgehen im Umgang mit Naturphänomenen	31
2.3 Naturwissenschaftliches Wissen	45
2.4 Basiskompetenzen	54
3. Zieldimensionen pädagogische Fachkräfte	59
3.1 Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit im Umgang mit Naturphänomenen	59
3.2 Wissenschaftliches Denken und Vorgehen im Umgang mit Naturphänomenen	61
3.3 Naturwissenschaftliches Wissen und fachdidaktisches Wissen	64
3.4 Aspekte der professionellen Haltung	72
4. Fazit und Empfehlungen	76
4.1 Priorisierung der Zieldimensionen für Kinder und Fachkräfte	76
4.2 Empfehlungen für die Begleitforschung	81

B	Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung im Grundschulalter und ihre Messung <i>von Yvonne Anders, Ilonca Hardy, Beate Sodian und Mirjam Steffensky.</i>	83
1.	Theoretische Vorannahmen	84
1.1	Kompetenzbegriff	86
1.2	Scientific Literacy	96
1.3	Professionelle Kompetenz von Lehrpersonen	87
2.	Zieldimensionen Kinder	89
2.1	Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit im Umgang mit Naturphänomenen	89
2.2	Wissenschaftliches Denken und Verständnis der Naturwissenschaften	91
2.3	Naturwissenschaftliches Wissen	105
2.4	Basiskompetenzen	112
3.	Zieldimensionen pädagogische Fachkräfte	117
3.1	Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit im Umgang mit Naturphänomenen	117
3.2	Epistemologische Einstellungen und Überzeugungen	120
3.3	Naturwissenschaftliches Fachwissen, Wissen über Naturwissenschaften und fachdidaktisches Wissen	123
3.4	Allgemeine Aspekte des professionellen Rollen- und Selbstverständnisses	136
4.	Fazit und Empfehlungen	139
4.1	Priorisierte Zieldimensionen für Grundschulkinder	140
4.2	Priorisierte Zieldimensionen für pädagogische Fachkräfte	142
4.3	Zusammenfassung und Ausblick	146
C	Prozessbezogene Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht – Zehn Kriterien für wirksames didaktisches Handeln im Elementar- und Primarbereich <i>von Jörg Ramseger</i>	147
1.	Einführung	148
2.	Das Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts	149
3.	Lerntheoretische und didaktische Prämissen	153
3.1	Konstruktivistischer Lernbegriff	153
3.2	Geeignete Lehr-Lern-Arrangements	154
4.	Wissenschaftliches Argumentieren im Grundschulalter	157
5.	Qualitätskriterien	160
5.1	Die Natur frag-würdig machen	162
5.2	Vorwissen einbeziehen	162
5.3	Experimente mit den Kindern entwickeln	163
5.4	Präzises Arbeiten einüben	164

5.5	Den wissenschaftlichen Diskurs pflegen	164
5.6	Modelle und Repräsentationen nutzen.	165
5.7	Die historisch-gesellschaftliche Einbettung berücksichtigen	166
5.8	Die Offenheit der Wissenschaft aufzeigen.	168
5.9	Lernzuwachs sichern	168
5.10	Selbstwirksamkeitserfahrung ermöglichen	169
6.	Relevanz und Hierarchie der einzelnen Kriterien	170
7.	Ausblick	171
	Fazit und Ausblick – Wie die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ mit diesen Erkenntnissen umgeht.	172
1.	Empfehlungen aus den Expertisen als Grundlage für die inhaltlichen Angebote der Stiftung.	173
1.1	Neugier, Interesse und Begeisterung am gemeinsamen Forschen. .	175
1.2	Forschendes Vorgehen, Hinterfragen und Problemlösekompetenz .	176
1.3	Wissen über naturwissenschaftliche, mathematische und technische Zusammenhänge.	179
1.4	Pädagogische Handlungsstrategien	183
1.5	Selbstwirksamkeitserfahrung und Selbstvertrauen als Lernbegleitung	184
1.6	Professionelles Rollen- und Selbstverständnis	186
2.	Beitrag der Stiftung zur Professionalisierung in der Frühpädagogik in den Bildungsbereichen Naturwissenschaften, Mathematik und Technik	188
3.	Weiterentwicklung der Prozessqualität durch das Zertifizierungsverfahren der Stiftung	189
4.	Bezug zur Mission der Stiftung	192
5.	Ausblick: Erfassung naturwissenschaftlicher Bildungswirkungen	193
	Literatur	194
	Anhang I Zieldimensionen Kinder.	223
	Anhang II Zieldimensionen Pädagoginnen und Pädagogen . . .	224
	Bildquellenverzeichnis.	225
	Über die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“.	226
	Mission der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“	226



Vorwort

Ich freue mich, Ihnen den nunmehr fünften Band der wissenschaftlichen Schriftenreihe zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ vorstellen zu dürfen. Der Fokus dieses Bandes liegt auf Zieldimensionen und Qualitätskriterien für die frühe naturwissenschaftliche Bildung – Themen, die für die Stiftungsarbeit höchste Relevanz besitzen und mit denen wir uns seit Jahren gemeinsam mit Expertinnen und Experten intensiv auseinandersetzen.

Die drei Expertisen in diesem Band geben eine wichtige theoretische Orientierung für die Arbeit der Stiftung. Die Zieldimensionen für Kin-

der und pädagogische Fach- und Lehrkräfte bilden eine zentrale Grundlage für die Konzeption der inhaltlichen Stiftungsformate und für die Erfassung naturwissenschaftlicher Bildungswirkungen im Rahmen der Begleitforschung zur Stiftungsarbeit. Die prozessbezogenen Qualitätskriterien helfen bei der pädagogischen Umsetzung und Reflexion angestrebter Ziele im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Mein herzlicher Dank gilt den Autorinnen der ersten beiden Expertisen in diesem Band, die sich mit großem Engagement und in sehr konstruktiver Zusammenarbeit der gestellten Herausforderung gewidmet haben, theoretisch fundierte und empirisch messbare Zielkriterien für die frühe naturwissenschaftliche Bildung zu formulieren, sowie dem Autor der dritten Expertise, der uns wichtige Hinweise für die Umsetzung einer guten Prozessqualität in der pädagogischen Praxis gibt.

Außerdem danke ich an dieser Stelle allen, die zur Entstehung und Schärfung der inhaltlichen Zieldimensionen der Stiftungsarbeit beigetragen haben: Den Mitgliedern der Arbeitsgruppe Begleitforschung in 2010, die die Erfassung erarbeitet haben (vgl. Einleitung), den wissenschaftlichen Expertinnen, die die Zielbereiche im Hinblick auf ihre theoretische Fundierung und ihre empirische Erfassung konzipiert haben, den Mitgliedern des Forschungslenkungs-kreises für ihr kritisch-konstruktives Feedback, Michael Fritz für die geschickte Moderation der ersten Arbeitsgruppen, schließlich allen Kolleginnen und Kollegen in der Stiftung, die über die Bedeutung der Zieldimensionen intensiv nachgedacht haben und täglich an deren Umsetzung in der Stiftungsarbeit arbeiten, sowie dem Team Wissenschaftliche Begleitung um Dr. Janna Pahnke für die Steuerung dieses Prozesses.

Den Leserinnen und Lesern danke ich für Ihr Interesse an unserer Arbeit und hoffe, dass auch dieser Band den Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis anregt und um weitere Perspektiven bereichert.

Dr. Peter Rösner

Vorstandsvorsitzender der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Informationen über die Autorinnen und Autoren

Anders, Yvonne, Prof. Dr. phil., Dipl. Psych., Freie Universität Berlin, Fachbereich für Erziehungswissenschaften und Psychologie, Arbeitsbereich Frühkindliche Bildung und Erziehung

Arbeitsschwerpunkte: Längsschnittanalysen der Auswirkungen frühkindlicher und schulischer Bildungsqualität, Professionelle Kompetenzen von (früh-)pädagogischen Fachkräften, Umgang mit Diversität im Kindergarten und der Schule, Internationale Vergleichsanalysen, Evaluationsforschung, Quantitative Methoden der empirischen Sozialforschung

Kontakt: Habelschwerdter Allee 45, 14195 Berlin

e-mail: yvonne.anders@fu-berlin.de

Hardy, Ilonca, Prof. Dr. phil., Universität Frankfurt, Institut für Pädagogik der Elementar- und Primarstufe, Lehrstuhl für Grundschulpädagogik mit Schwerpunkt Empirische Bildungsforschung

Arbeitsschwerpunkte: Kognitive Strukturierung im Unterricht, Entwicklung und Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen, Lern- und Unterrichtsprozesse im Elementarbereich, Fremdsprachliches Lernen

Kontakt: Senckenberganlage 15, 60054 Frankfurt

e-mail: hardy@em.uni-frankfurt.de

Pauen, Sabina, Prof. Dr. phil. nat., Dipl. Psych., Inhaberin des Lehrstuhls für Entwicklungspsychologie und Biologische Psychologie, Universität Heidelberg

Arbeitsschwerpunkte: Zusammenhang von Gehirn- und Denkentwicklung, Entwicklung von Fortbildungskonzepten für Fachkräfte im Kita- und Krippenbereich.

Universität Heidelberg, Psychologisches Institut

Kontakt: Hauptstr. 47-51, 69117 Heidelberg

e-mail: sabina.pauen@psychologie.uni-heidelberg.de

Ramseger, Jörg, Prof. Dr. phil., Leitung der "Arbeitsstelle Bildungsforschung Primarstufe" Freie Universität Berlin, Internationale Akademie für innovative Pädagogik, Psychologie und Ökonomie, Institut für Schulentwicklung

Arbeitsschwerpunkte: Grundschulpädagogik, Naturwissenschaftsdidaktik in der Grundschule, Schulentwicklungsforschung

Kontakt: Habelschwerdter Allee 45, 14195 Berlin

e-mail: j.ramseger@fu-berlin.de

Sodian, Beate, Prof. Dr. phil., Dipl. Psych., Ludwig-Maximilians-Universität München, Department für Psychologie, Lehrstuhl für Entwicklungspsychologie

Arbeitsschwerpunkte: Wissenschaftliches Denken, Begriffliche Entwicklung (Conceptual Development), Theory of Mind

Kontakt: Leopoldstr. 13, 80802 München

e-mail: Sodian@psy.lmu.de

Steffensky, Mirjam, Prof. Dr. rer. nat., Dipl. Chem., Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik an der Universität Kiel (IPN), Abteilung Chemie-Didaktik

Arbeitsschwerpunkte: Modellierung und Förderung von naturwissenschaftlicher Kompetenz im Elementar- und Primarbereich, fachbezogenes Professionswissen, Entwicklung und Evaluation von Materialien für den Elementar- und Primarbereich

Kontakt: Olshausenstr.62, 24098 Kiel

e-mail: steffensky@ipn.uni-kiel.de



Einleitung

Janna Pahnke und Karen Bartling

Einleitung

Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ unterstützt mit der gleichnamigen Bildungsinitiative bundesweit Bildungseinrichtungen für Kinder im Kindergarten- und Grundschulalter dabei, die Begegnung mit Naturphänomenen, Technik und Mathematik nachhaltig in die alltägliche Arbeit zu integrieren. Hauptaktivitäten der Stiftung sind die Qualifizierung von Multiplikatoren, die pädagogische Fach- und Lehrkräfte vor Ort kontinuierlich fortbilden, die Bereitstellung von Materialien und Arbeitsunterlagen, der Aufbau starker lokaler Netzwerke und die Zertifizierung von Einrichtungen als „Haus der kleinen Forscher“. Mit Stand vom 31. März 2013 haben über 26.400 Kitas in allen Bundesländern die Möglichkeit zur aktiven Teilnahme an der Initiative¹. Aktuell gibt es 228 lokale Netzwerke, die zumeist unter Einbindung der Kommunen, freier Kita-Träger, von Wirtschaftsverbänden und Bildungsinstitutionen (z.B. Volkshochschulen) aufgebaut wurden; auch Science-Center, Museen, Unternehmen, Stiftungen und Vereine zählen zu den Netzwerkpartnern. Im Sinne von anschlussfähigen Bildungsketten wird das Angebot seit 2011 schrittweise auch für Kinder im Grundschulalter erweitert. Die Ausweitung der Stiftungsangebote für Sechs- bis Zehnjährige wird in einer bis Herbst 2013 andauernden Modellphase gemeinsam mit 52 lokalen Netzwerkpartnern getestet, bevor die Angebote zum Schuljahr 2013/14 allen interessierten Netzwerken in Deutschland zur Verfügung gestellt werden.

Hauptfokus der Bildungsinitiative ist die Weiterqualifizierung der Pädagoginnen und Pädagogen, die in Bildungseinrichtungen für die Bildung der Kinder in den Bereichen Naturwissenschaften, Mathematik und Technik verantwortlich sind. Diese sollen – anstelle von sporadischen Besuchen durch Externe oder reinen Materialangeboten – kontinuierlich fortgebildet und dauerhaft begleitet werden. Die Angebote der Stiftung werden pädagogischen Fach- und Lehrkräften über ein Multiplikatorenmodell zur Verfügung gestellt. Jedes Jahr werden mind. vier Fortbildungsthemen angeboten. Neben Basisfortbildungen zu den naturwissenschaftlichen Themen „Wasser“ und „Luft“, in denen ausführlich der pädagogische Ansatz der Stiftung für das gemeinsame Forschen mit Kindern thematisiert wird, können pädagogische Fach- und Lehrkräfte fortlaufend zwei Fortbildung pro Jahr besuchen; diese beinhalten weitere naturwissenschaftliche Themen (z.B. Sprudelgas, Strom & Energie u.a.) mit pädagogischen Vertiefungen (z.B. sprachliche Bildung, Bildungspartnerschaften mit Familien u.a.).

Um bundesweit kontinuierliche Fortbildungen für Pädagoginnen und Pädagogen aus allen interessierten Kitas, Horten und Grundschulen anbieten zu können, bildet die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ Multiplikatoren aus, die in ihrem jeweiligen Netzwerk die Fortbildungen durchführen. Diese über 600 sog. Trainerinnen und Trainer erhalten ihrerseits kontinuierliche Fortbildungen zu den inhaltlichen Themenschwerpunkten der Stiftung, Arbeitsun-

¹Ausführliche Informationen finden sich auf der Website der Stiftung unter www.haus-der-kleinen-forscher.de. Eine Darstellung der Stiftungsarbeit ist auch unter www.znl-mintatlas3-10.de verfügbar.

terlagen für ihre Aufgabe der Erwachsenenbildung und persönliches Feedback im Hospitationsprogramm der Stiftung.

Die inhaltlichen Angebote der Stiftung umfassen folgende Bereiche:²

- **Fortbildungen:** Präsenz-Fortbildungen für pädagogische Fach- und Lehrkräfte und für Trainerinnen und Trainer, sowie unterstützende E-Learning- und Blended Learning-Formate für Fachkräfte und Multiplikatoren.
- **Internetpräsenz:** Die umfangreiche Website www.haus-der-kleinen-forscher.de bietet Informationen für alle Interessierten.
- **Arbeitsunterlagen:** Für die Umsetzung stellt die Initiative den Einrichtungen hochwertige Arbeitsunterlagen wie z.B. Themenbroschüren, Forschungs- und Entdeckungskarten, didaktische Materialien und Filmbeispiele kostenlos zur Verfügung.
- **Zeitschrift „Forscht mit!“:** Pädagogische Fachkräfte erhalten praktische Tipps zum Forschen in der Einrichtung, Informationen zur Arbeit der Stiftung, Best-Practice-Berichte aus anderen Einrichtungen und Netzwerken, Kontaktdaten zu lokalen Ansprechpartnern sowie die aktuellen Fortbildungstermine.
- **„Tag der kleinen Forscher“:** Der jährliche Aktionstag zu einem aktuellen Thema gewinnt große Aufmerksamkeit für das überregionale Engagement aller Aktiven.
- **Anregungen zur Kooperation:** Interessierte Eltern, Paten und andere Bildungspartner unterstützen die Umsetzung in den Einrichtungen.
- **Zertifizierung:** Engagierte Einrichtungen werden anhand festgelegter Bewertungskriterien als „Haus der kleinen Forscher“ zertifiziert (Stand 31. März 2013: 3.194 Einrichtungen).

Alle Aktivitäten der Bildungsinitiative werden kontinuierlich wissenschaftlich begleitet und evaluiert. Die Evaluation und Begleitforschung zu den Aktivitäten der Bildungsinitiative folgt einem Mehrebenen- und Multi-Methoden-Ansatz. Seitens der Stiftung findet ein kontinuierliches Monitoring aller Aktivitäten statt, das der Qualitätssicherung und Weiterentwicklung jeder Maßnahme der Stiftung, insbesondere der qualifizierenden Angebote dient. Hierzu gehören die Feedbacksysteme zu den Fortbildungen und Materialien, die Auswahl und Akkreditierung der Multiplikatoren, Hospitationen u.a.m. Einen Schwerpunkt bildet die jährliche Frühjahrsbefragung aller beteiligten Netzwerkkoordinatorinnen und -koordinatoren, Trainerinnen und Trainer und pädagogischen Fach- und Lehrkräfte (vgl. Evaluationsberichte Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2009, 2010, 2011a, 2012a)³. Neben diesem umfassenden Qualitätsmoni-

² Mit dem Ausbau der Angebote für Kinder im Grundschulalter erprobt die Stiftung derzeit auch Formate, die sich direkt an die Kinder richten (z.B. Printmaterialien, Forscherfreizeiten, Kinder-Website).

³ Alle Evaluationsberichte der Stiftung sind als pdf verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de

⁴ Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.). Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“. Alle bisherigen Bände als pdf verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de.

Eine Zusammenfassung bisheriger Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung findet sich im pdf-Dokument „Zentrale Ergebnisse im Überblick“ unter www.haus-der-kleinen-forscher.de.

toring werden regelmäßig externe Studien zur Stiftungsarbeit durchgeführt, die in der vorliegenden wissenschaftlichen Schriftenreihe veröffentlicht werden⁴. Die Stiftung hat den Anspruch eines reflektierten und fundierten Handelns und versteht sich als Plattform für einen interdisziplinären Fachaustausch. Die kritische wissenschaftliche Begleitung und die transparente Ergebnisveröffentlichung sollen die Qualität der Angebote sichern und stetig weiter verbessern.

Um den zunehmenden Ausbau der Begleitforschungsaktivitäten der Stiftung auch in Bezug auf das hiermit befasste Gremium angemessen abzubilden, hat die Begleitforschung der Stiftung seit Anfang des Jahres 2011 einen erweiterten institutionellen Rahmen erhalten. In Kooperation mit acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften wurde ein Forschungslenkungskreis⁵ aus unabhängigen wissenschaftlichen Expertinnen und Experten unterschiedlicher Professionen eingerichtet (vgl. Abbildung 1).

Abbildung 1. Der Forschungslenkungskreis (FLK) besteht aus unabhängigen wissenschaftlichen Expertinnen und Experten unterschiedlicher Professionen: Prof. Dr. Dr. E. h. Henning Kagermann (acatech Präsident), Prof. Dr. Manfred Prenzel (TU München, acatech), Prof. Dr. Yvonne Anders (FU Berlin), Prof. Dr. Jürgen Baumert (Max-Planck-Gesellschaft), PD Dr. Fabienne Becker-Stoll/Dr. Bernhard Nagel (ifp München), Michael Fritz (ZNL Ulm), Dr. Gerd Hanekamp (Deutsche Telekom Stiftung), Prof. Dr. Ilonca Hardy (Goethe-Universität Frankfurt), Prof. Dr. Bernhard Kalicki (DJI München, Evangelische Hochschule Dresden), Dr. Andreas Paetz (Bundesministerium für Bildung und Forschung), Prof. Dr. Sabina Pauen (Universität Heidelberg), Prof. Dr. Ursula Rabe-Kleberg (Universität Halle-Wittenberg), Prof. Dr. Jörg Ramseger (FU Berlin), Prof. Dr. Dr. h.c. Ortwin Renn (Universität Stuttgart, acatech), Prof. Dr. Hans-Günther Roßbach (Universität Bamberg), Prof. Dr. C. Katharina Spieß (DIW Berlin, FU Berlin), Prof. Dr. Mirjam Steffensky (IPN Kiel), Prof. Dr. Wolfgang Tietze (FU Berlin), Prof. Dr. Manuela Welzel-Breuer (PH Heidelberg), Prof. Dr. Christian Wiesmüller (PH Karlsruhe).



Aufgabe des Forschungslenkungskreises ist – koordiniert von acatech – die Beratung und Begutachtung der wissenschaftlichen Begleitforschung zur Stiftungsarbeit sowie deren Evaluation. Zur Unterstützung der Arbeit des Forschungslenkungskreises wurde 2012 eine von acatech koordinierte Fach-Jury⁶ eingesetzt. Sie berät bei Studienausschreibungen zur Begleitforschung der Stiftungsarbeit, begutachtet Forschungsanträge und spricht Empfehlungen an die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ für die Förderung von Forschungsprojekten aus.

⁵ Mehr Informationen zu den einzelnen Mitglieder des Forschungslenkungskreises sind aufgeführt unter www.haus-der-kleinen-forscher.de.

⁶ Die einzelnen Mitglieder der Jury sind aufgeführt unter www.haus-der-kleinen-forscher.de.

Den Schwerpunkt der wissenschaftlichen Begleitung bildeten zunächst Implementierungsevaluationen, die den Fokus auf die Prozessqualität der Bildungsangebote (Konzeptorientierung, Durchführung) richteten. Dabei standen in der Aufbau- und ersten Expansionsphase der Stiftung vor allem die Akzeptanzmessung und kontinuierliche Prozessoptimierung der Bildungsangebote im Vordergrund. Inzwischen rückt die ergebnisorientierte Wirkungsevaluation ins Zentrum der Begleitforschung der Stiftungsarbeit. Ein wesentliches Ziel der wissenschaftlichen Begleitung ist es, Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie naturwissenschaftliche Bildungsangebote die frühen Lernprozesse von Kindern beeinflussen, und welche inhaltlichen Lern- und Entwicklungsziele sich durch frühe Bildungsangebote wie das der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ erreichen lassen. Für eine Erfassung, ob bzw. inwieweit die Ziele der Stiftung auf den verschiedenen Ebenen des Multiplikatorenmodells erreicht werden, braucht es zunächst eine klare, operationalisierbare Form der Beschreibung dieser Ziele. Gemeinsam mit Partnern aus der Wissenschaft und der praktischen Umsetzung ist die Stiftung dieser Frage seit 2010 in verschiedenen Arbeitsgruppen⁷ nachgegangen.

Als direktes Resultat der ersten wissenschaftlichen Expertisen zur Stiftungsarbeit, die in den ersten beiden Bänden der vorliegenden Schriftenreihe veröffentlicht wurden⁸, hat die Stiftung Anfang 2010 eine Arbeitsgruppe „Begleitforschung“ ins Leben gerufen, die sich aus Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Mitgliedern des Kuratoriums der Stiftung, Stiftungsmitarbeitern, sowie Beteiligten aus der Praxis – Erzieherinnen, Trainerinnen und Netzwerkkoordinatorinnen – zusammensetzte (vgl. Abbildung 2).



Abbildung 2. Die Arbeitsgruppe Begleitforschung 2010: Birgit Bey (Erzieherin und Kitaleiterin), Sabine Brückner (Fachberaterin in München, Netzwerkkoordinatorin und Trainerin in der Initiative Haus der kleinen Forscher), Maike Elias (Fachberaterin in Anklam, Netzwerkkoordinatorin und Trainerin), Marion Fischer (Erzieherin in Bad Döberan und Trainerin), Michael Fritz (ZNL Ulm), Patricia Hecker (Fachberaterin in Siegen, Netzwerkkoordinatorin und Trainerin), Katrin Lademann (Fachberaterin in Halle, Netzwerkkoordinatorin und Trainerin), Dr. Uwe Pfenning (Universität Stuttgart), Dr. Christa Preissing (INA Berlin), Prof. Dr. Ursula Rabe-Kleberg (Universität Halle-Wittenberg), Für die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“: Rainer Lentz, Florian Mannchen, Christina Mersch, Dr. Janna Pahnke, Dr. Peter Rösner, Anna Spindler.

⁷ Eine Übersicht der Arbeitsgruppen findet sich auch unter www.haus-der-kleinen-forscher.de.

⁸ Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (Hrsg.) (2011b, c). Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 1, Band 2. Köln: Bildungsverlag EINS. Pdf verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de

Die Arbeitsgruppe beschäftigte sich damit, Zieldefinitionen auf Ebene der Kinder, der Fachkräfte und der Trainerinnen und Trainer vorzuschlagen und damit auch die Messlatte für künftige wissenschaftliche Begleitung und Wirkungsforschung zu legen. Im Prozess dieser Zielbeschreibung für alle relevanten Ebenen wurde in der Arbeitsgruppe auch die Mission der Stiftung insgesamt reflektiert und angepasst (siehe Kasten unterhalb). Diese Neufassung der Mission, die im Spätsommer 2010 vom Vorstand der Stiftung verabschiedet wurde, findet sich auch auf der Website sowie in den Jahresberichten der Stiftung⁹.

Mission der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (Langfassung)*:

Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ erkennt das Recht aller Kinder auf naturwissenschaftliche, mathematische und technische Bildung an und fördert Bildungschancen für Mädchen und Jungen im Alter von null bis zehn Jahren.

Naturwissenschaften, Mathematik und Technik bestimmen unseren Alltag und entwickeln sich mit hoher Geschwindigkeit weiter. Unsere Gesellschaft muss es daher allen Bürgerinnen und Bürgern ermöglichen, ihre mathematischen und naturwissenschaftlichen Kompetenzen kontinuierlich weiterzuentwickeln und eine umfassende Technikmündigkeit zu erlangen. Dies zu fördern ist eine zentrale Aufgabe der Erziehungs- und Bildungsinstitutionen in unserem Land.

Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ unterstützt bundesweit die Umsetzung der Bildungspläne in den Bereichen Naturwissenschaften, Mathematik und Technik. Kinder gestalten Bildungsprozesse aktiv mit und erleben sie ganzheitlich und entwicklungsstärkend.

Das „Haus der kleinen Forscher“ nimmt Kinder als kompetente, aktiv lernende, neugierige und weltoffene Individuen ernst. Ihre Kompetenzen und Erfahrungswelt bilden die Grundlage einer ressourcenorientierten und entwicklungsangemessenen Förderung.

In einem praxisnahen Ansatz unterstützt die Stiftung pädagogische Fachkräfte dabei, Kinder beim Entdecken, Forschen und Lernen zu begleiten. Bei kontinuierlichen Fortbildungen in starken Bildungsnetzwerken, mit Materialien, Ideen und in einem lebendigen Erfahrungsaustausch erleben die Fachkräfte die Faszination eigenen Forschens für sich selbst. Sie erweitern ihre Kenntnisse und Kompetenzen und setzen diese in der alltäglichen Arbeit mit den Kindern ein. Eltern und weitere Bildungspartner werden einbezogen.

Gemeinsam erleben die Kinder mit ihren Bezugspersonen Freude am Entdecken und Verstehen dieser Welt. Die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Phänomenen und technischen Herausforderungen fördert die Neugier, Lern- und Denkfreude der Mädchen und Jungen und ihre sprachliche, soziale und motorische Kompetenz. Die Kinder erleben sich dabei als kompetent, selbstbewusst, anerkannt und stark.

Alle Mädchen und Jungen in diesem Land erhalten so schon in jungen Jahren die Chance, eigene Talente und Begabungen in den Bereichen Naturwissenschaften, Mathematik und Technik zu entdecken. Sie können diese im Verlauf ihrer Bildungsbiografie bis hin zur Berufswahl weiterentwickeln.

Die Zukunftsfähigkeit des Innovations- und Technologiestandorts Deutschland hängt in hohem Maße davon ab, dass es gelingt, kompetente junge Menschen für Berufe in Naturwissenschaften und Technik zu begeistern. Das „Haus der kleinen Forscher“ leistet daher langfristig einen Beitrag zur Nachwuchssicherung in diesen Berufsfeldern.

Zugleich stellt das „Haus der kleinen Forscher“ die gewonnenen Erfahrungen anderen Akteuren im Ausland zur Verfügung. Deutschland positioniert sich als Bildungs- und Wissenschaftsstandort.

* Beschluss von Kuratorium und Vorstand am 1. Juli 2010.

⁹ Als pdf verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de

Die im vorliegenden Band veröffentlichten Expertisen zu Zieldimensionen früher naturwissenschaftlicher Bildung basieren auf den Vorarbeiten der Arbeitsgruppe Begleitforschung. Die von dieser Arbeitsgruppe erarbeiteten Zieldimensionen wurden in der konstituierenden Sitzung des Forschungslenkungskreises am 13. Januar 2011 vorgestellt und in den Grunddimensionen als inhaltlich angemessen und für die naturwissenschaftliche Frühbildung relevant begrüßt. Die Beratungen des Forschungslenkungskreises betonten: Zur Messung der Wirksamkeit des Multiplikatorenmodells müssen neben der Kompetenzmessung bei Kindern insbesondere die konkreten Interaktionsprozesse in den Kitas untersucht werden. Allerdings sei die Verfügbarkeit valider und zugleich praktikabler Mess- und Fremdbeobachtungsverfahren speziell für naturwissenschaftliche Kompetenzen im frühpädagogischen Bereich – national wie international – noch äußerst eingeschränkt. Hierzu bedürfe es weiterer Forschungsanstrengungen. Zur Vorbereitung einer empirischen Überprüfung der Zieldimensionen der Stiftung empfahl der Kreis, diese Dimensionen in Bezug auf ihre Struktur und Benennung theoretisch weiter zu unterfüttern und zu priorisieren, sie in Richtung auf Kompetenzmodelle für Kinder und Lernbegleitung weiterzuentwickeln sowie mögliche Instrumente zur Erfassung zu sichten und vorschlagen.

Zur Umsetzung dieser Empfehlung des Forschungslenkungskreises rief die Stiftung im Februar 2011 die wissenschaftliche Expertengruppe *„Zieldimensionen früher naturwissenschaftlicher Bildung im Kita-Alter und ihre Messung“* ins Leben, welche die erste der vorliegenden Expertisen erarbeitete. Die Expertise von Yvonne Anders, Ilonca Hardy, Sabina Pauen und Mirjam Steffensky enthält eine detaillierte theoretische Beschreibung der Zieldimensionen für Kinder und pädagogische Fachkräfte sowie Angaben zu ihrer empirischen Messung (ein Überblick findet sich im Anhang des Bandes). Eine erste Fassung dieser Kita-Expertise wurde auf der zweiten Sitzung des Forschungslenkungskreises am 6. Oktober 2011 vorgestellt und diskutiert. Dabei wurden die herausgearbeiteten Zielkomponenten und ihre theoretische Begründung von den Mitgliedern des Forschungslenkungskreises befürwortet. Weiterhin wurde eine Priorisierung im Hinblick auf inhaltliche Relevanz, Erwartung spezifischer Effekte und Aufwand der Messung (Verfügbarkeit von Instrumenten) empfohlen. Diese Empfehlungen zur Priorisierung sind im Fazit der Expertise von Anders, Hardy, Pauen und Steffensky dargestellt, die in der dritten Sitzung des Forschungslenkungskreises am 22. März 2012 diskutiert und befürwortet wurde.

Aufbauend auf der Expertise für den Kita-Bereich initiierte die Stiftung eine Arbeitsgruppe zur Formulierung von Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung im Grundschulalter. Yvonne Anders, Ilonca Hardy, Beate Sodian und Mirjam Steffensky erarbeiteten die zweite Expertise dieses Bandes *„Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung im Grundschulalter und ihre Messung“*. Auch diese Expertise wurde in ihrer Entstehung vom Forschungslenkungskreis begleitet und in dessen vierten Sitzung vom 5. November 2012 befürwortet.

Die dritte Expertise *„Prozessbezogene Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht“* in diesem Band thematisiert die pädagogische Umsetzung angestrebter Ziele und formuliert zehn Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Während Anders, Hardy, Pauen, Sodian und Steffensky

in erster Linie personenbezogene Ziele und Kompetenzen auf Ebene der Kinder und der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte beschreiben, fokussiert Jörg Ramseger auf das prozessbezogene Unterrichtsgeschehen zwischen den Personen, d.h. auf die Prozessqualität naturwissenschaftlicher Bildung in der Lehr-Lern-Situation. Diese Expertise wurde auf der fünften Sitzung des Forschungslenkungskreises am 10. April 2013 vorgestellt und von den Mitgliedern des Kreises begrüßt.



**Zusammenfassung
wichtiger Ergebnisse
der Expertisen**

Zusammenfassung wichtiger Ergebnisse der Expertisen

Der fünfte Band der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung ‚Haus der kleinen Forscher‘“ umfasst detaillierte theoretische Ausarbeitungen der Zieldimensionen und Qualitätskriterien im Bereich der frühen naturwissenschaftlichen Bildung für die Arbeit der Stiftung. Es werden drei Expertisen vorgestellt, die die theoretische Grundlage für (Weiter-)Entwicklung der verschiedenen inhaltlichen Angebote der Stiftung (z.B. Fortbildungsformate, Handreichungen) darstellen.

Die ersten beiden Expertisen erörtern Zieldimensionen früher naturwissenschaftlicher Bildung im Kita- und Grundschulalter. Sie beschreiben den theoretischen Rahmen und operationalisierbare Zielkriterien für die Messung von naturwissenschaftlichen Bildungswirkungen bei Kindern und pädagogischen Fach- und Lehrkräften. Die dritte Expertise fokussiert auf den Prozess der pädagogischen Umsetzung und beschreibt zehn Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

In der Expertise *„Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung im Kita-Alter und ihre Messung“* spezifizieren Yvonne Anders, Ilonca Hardy, Sabina Pauen und Mirjam Steffensky pädagogisch-inhaltliche Zieldimensionen für die frühe naturwissenschaftliche Bildung. Die fachspezifischen Zieldimensionen leiten sich aus den inhaltlichen Vorarbeiten der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ und aus dem aktuellen theoretischen und empirischen Forschungsstand ab. Die Autorinnen priorisieren Zieldimensionen für Kinder und für Pädagoginnen und Pädagogen, und erörtern existierende Messinstrumente bzw. die Notwendigkeit der Instrumentenentwicklung für die definierten Zielbereiche.

Auf Ebene der Kinder und ihrer Entwicklung empfehlen die Autorinnen folgende Zielbereiche:

- Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit im Umgang mit Naturphänomenen
- Wissenschaftliches Denken und Vorgehen im Umgang mit Naturphänomenen
- Naturwissenschaftliches Wissen

Auf Ebene der Pädagoginnen und Pädagogen sind folgende Zieldimensionen priorisiert:

- Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit im Umgang mit Naturphänomenen
- Wissenschaftliches Denken und Vorgehen im Umgang mit Naturphänomenen, Methodenkompetenz und Wissenschaftsverständnis
- Naturwissenschaftliches Fachwissen
- Fachdidaktisches Wissen
- Aspekte des professionellen Rollen- und Selbstverständnisses (v.a. Kooperationsfähigkeit)
- Epistemologische Einstellungen und Überzeugungen in Bezug auf naturwissenschaftliche Bildung

Die Expertise *„Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung im Grundschulalter und ihre Messung“* von Yvonne Anders, Ilonca Hardy, Beate Sodian und Mirjam Steffensky knüpft an die Expertise zu den Zieldimensionen im Elementarbereich an und fokussiert auf die Kinder und pädagogisch tätigen Kräfte in Horten und Grundschulen. Da im Sinne der Stiftung kumulative Lernwege über die Bildungsstufen hinweg angestrebt werden, werden in der zweiten Expertise die gleichen Zieldimensionen beschrieben, die bereits in der Expertise zum Elementarbereich im Mittelpunkt stehen. Diese sind aufgrund des höheren Alters der Kinder oder der anderen Art von Institutionen (Hort bzw. Grundschule) im Detail etwas anders ausgeprägt.

In Erweiterung der Ziele für Kita-Kinder wird für Kinder im Grundschulalter auch ein allgemeines Wissenschaftsverständnis auf der Meta-Ebene angestrebt, ähnlich wie für die Pädagoginnen und Pädagogen. Für die Pädagoginnen und Pädagogen in Hort und Grundschule werden die Zieldimensionen im Bereich des fachdidaktischen Wissens um ein Wissen über schulisches Lernen (inkl. Curricula, Bildungsziele, angestrebte Kompetenzen) ergänzt, sowie um die Fähigkeit zur Gestaltung einer effektiven Lernumgebung im Rahmen dieser Strukturen.

Die für Kinder und pädagogische Fachkräfte im Kita- und Grundschulbereich empfohlenen Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung sind grafisch in den Abbildungen in Anhang I und II zusammengefasst.

Die Expertise *„Prozessbezogene Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht“* von Jörg Ramseger richtet sich direkt an die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte, um diese bei Unterrichtsplanung sowie der Selbstevaluation der naturwissenschaftlichen Angebote zu unterstützen. Dazu werden in der Expertise folgende zehn Kriterien für die pädagogische Umsetzung beschrieben, die den Unterrichtserfolg im Hinblick auf die übergeordneten Bildungsziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts ausmachen: (1) „die Natur fragwürdig machen“, (2) „Vorwissen einbeziehen“, (3) „Experimente mit den Kindern entwickeln“, (4) „präzises Arbeiten einüben“, (5) „den wissenschaftlichen Diskurs pflegen“, (6) „Modelle und Repräsentationen nutzen“, (7) „die historisch-gesellschaftliche Einbettung berücksichtigen“, (8) „die Offenheit der Wissenschaft aufzeigen“, (9) „Lernzuwachs sichern“, und (10) „Selbstwirksamkeitserfahrung ermöglichen“.

Als besonders relevant für die frühe naturwissenschaftliche Bildung im Kita- und Grundschulalter schätzt Jörg Ramseger die Kriterien (1), (2), (4), (5), (6) und (9) ein. Zentral sei insbesondere das zehnte Qualitätskriterium, das auf die Entwicklung des Selbstwirksamkeitsempfindens der Kinder durch das Forschen abzielt.



A

Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung im Kita-Alter und ihre Messung

Yvonne Anders, Ilonca Hardy, Sabina Pauen und Mirjam Steffensky

- 1 Theoretische Vorannahmen
- 2 Zieldimensionen Kinder
- 3 Zieldimensionen pädagogische Fachkräfte
- 4 Fazit und Empfehlungen

1. Theoretische Vorannahmen

Yvonne Anders

Die Bedeutung naturwissenschaftlicher Bildung wächst in unserer technologieorientierten Gesellschaft. Die gemeinnützige Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ engagiert sich daher mit einer bundesweiten Initiative für die naturwissenschaftliche Bildung von Kindern im Kita- und Grundschulalter in den Bereichen Naturwissenschaften, Mathematik und Technik. Pädagogische Fachkräfte werden mit Fortbildungsangeboten und Materialien dabei unterstützt, Lernangebote für Jungen und Mädchen zu machen, und ihre naturwissenschaftlichen Bildungsprozesse zu begleiten und zu unterstützen.

Die Aktivitäten der Stiftung werden mithilfe der wissenschaftlichen Begleitforschung in Bezug auf ihre Zielerreichung und Wirksamkeit hin überprüft. In dieser Expertise werden die pädagogisch-inhaltlichen Zieldimensionen der Initiative der Stiftung spezifiziert, so dass sie im Rahmen von Begleitstudien zur Zielerreichung und Wirksamkeit hin operationalisiert werden können. Darüber hinaus wird die Priorisierung einzelner Zieldimensionen erörtert, und es werden Angaben zu existierenden Instrumenten bzw. der Notwendigkeit der Instrumentenentwicklung für die definierten Zieldimensionen gemacht.

Die Expertise stellt einen zentralen Schritt für die Entwicklung einer umfassenden Begleitforschung der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ dar. Inhaltlich fokussieren die Beschreibungen der Zieldimensionen auf den Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung in Kindertagesstätten, die zurzeit den Kern der Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ darstellt. Die Weiterentwicklung der Stiftungsangebote für sechs- bis zehnjährige Kinder und pädagogische Fachkräfte im Nachmittagsbereich an Grundschulen hat 2011 begonnen. Die hier beschriebenen Zieldimensionen können als inhaltlich relevante Dimensionen prinzipiell auch auf Grundschulkinder und -fachkräfte übertragen werden, teilweise wurden sie aus dem Forschungsstand zum Primar- und Sekundarbereich abgeleitet. Die spezifische Ausgestaltung der Dimensionen insbesondere in Bezug auf die jeweiligen Ausgangskompetenzen und das angestrebte Niveau im Grundschulbereich – sowohl in Bezug auf die Kinder als auch in Bezug auf die pädagogischen Fachkräfte – steht jedoch noch aus¹⁰.

In Bezug auf verschiedene Akteure bzw. Adressaten der Initiative werden in dieser Expertise zunächst Zieldimensionen für Kinder und pädagogische Fachkräfte im Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung definiert. Zusätzliche inhaltliche Bereiche (z.B. technische oder mathematische Bildung) oder Akteure (z.B. Trainerinnen und Trainer) sollen in weiteren Schritten mit einbezogen werden.

Die Zieldimensionen leiten sich aus den Materialien bzw. den Inhalten der Angebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, vor allem aber aus dem aktuellen theoretischen und empirischen Forschungsstand ab. Es finden Priori-

¹⁰ Die zweite Expertise in diesem Band von Anders, Hardy, Sodian und Steffensky behandelt die „Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung im Grundschulalter“.

sierungen, Spezifikationen und Abgrenzungen statt, die eine spätere Operationalisierung der Zieldimensionen in wissenschaftlichen Studien ermöglichen sollen. Es wird ein interdisziplinärer Zugang gewählt. Berücksichtigt werden unter anderem Perspektiven der (Entwicklungs-)psychologie, der (Elementar-)pädagogik, der empirischen Bildungsforschung, der Naturwissenschaftsdidaktik, der Professionswissenschaften und der Lehr-Lernforschung. Die Spezifikation der Zieldimensionen wurde durch theoretische Vorannahmen geleitet, die sich einerseits auf den (früh-)kindlichen Kompetenzerwerb, andererseits auf Struktur, Genese und Auswirkungen professioneller Kompetenzen pädagogischer Fachkräfte beziehen. Diese theoretischen Annahmen bilden den Rahmen für die Entwicklung und fachliche Einbettung der Zieldimensionen. Es soll jedoch betont werden, dass insbesondere die Forschung zu professionellen Kompetenzen pädagogischer Fachkräfte noch am Anfang steht und eine empirische Fundierung der theoretischen Annahmen größtenteils noch aussteht. Aus diesem Grund sind die beschriebenen Annahmen als Heuristik, nicht aber als formales Modell zu verstehen. Im Folgenden wird zunächst das Kompetenzverständnis skizziert, das den hier dargestellten Überlegungen zu Grunde liegt. Dann werden die Annahmen beschrieben, die sich auf den kindlichen Kompetenzerwerb beziehen. Im Anschluss werden die Vorannahmen bezüglich der professionellen Kompetenzen der pädagogischen Fachkräfte dargestellt.

1.1 Der Begriff der Kompetenz

Bei den Zieldimensionen auf Seiten der Kinder und der pädagogischen Fachkräfte gehen die Autorinnen dieser Expertise von einem Kompetenzbegriff aus, wie er von Weinert (1999, 2001) differenziert beschrieben wurde. Kompetenzen lassen sich demzufolge am besten durch die Anforderungen und Aufgaben beschreiben, die eine Person in dem jeweiligen inhaltlichen Bereich zu bewältigen hat. Kompetenzen werden hierbei als mehrdimensionale Fähigkeitskomplexe verstanden, die sich in verschiedene Facetten differenzieren lassen. Kompetenzen im weiteren Sinne – im Sinne der Handlungskompetenz – beschreiben das Zusammenspiel von kognitiven Kompetenzen, metakognitiven Fähigkeiten, Wertorientierungen, Überzeugungen und motivationalen Orientierungen. Dieses Verständnis von Kompetenzen bildet die Basis für die weiteren Überlegungen.¹¹

¹¹ Bei der gewählten Kompetenzdefinition handelt es sich um ein allgemeines Verständnis von Kompetenz, das von vielen Wissenschaftlern im interdisziplinären Feld der Bildungsforschung geteilt wird. Diese Definition bietet den Vorteil der Anwendbarkeit auf professionelle und kindliche Kompetenzen. Sie steht nicht im Widerspruch zum Verständnis professioneller Kompetenzen, wie es beispielsweise in den Qualifikationsrahmen EQR und DQR, bzw. den Qualifikationsrahmen für die Frühpädagogik vertreten wird (vgl. Robert-Bosch-Stiftung, 2011). Vielmehr sind Kompetenzen die Grundlage zur Erlangung von professionellen Qualifikationen.

1.2 Vorannahmen über den frühkindlichen Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen

Bezug nehmend auf den entwicklungspsychologischen Forschungsstand gehen die Autorinnen dieser Expertise davon aus, dass naturwissenschaftliche Kompetenzen ebenso wie andere bildungsrelevante Fähigkeiten und Fertigkeiten ab der Geburt, und nicht erst in der Schule erworben werden (vgl. Weinert, Doil & Frevert, 2008, S.89). Diese Vorannahme scheint trivial, stellt jedoch eine wichtige Begründung für die Initiative der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ dar. Ferner ist diese Annahme Grundvoraussetzung für die Messung der Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen im vorschulischen Alter.

Die Autorinnen der Expertise fassen Kinder als aktive Lerner und Gestalter des Erwerbs naturwissenschaftlicher Kompetenzen auf. Der Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen verläuft kumulativ. Neben dem aktiven Erwerb finden auch passive Lern- und Reifungsprozesse statt. Der Umwelt kommt bei der Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen eine entscheidende Bedeutung zu. Die Umwelt stellt durch Anregungen, Material, aktives Einwirken von Lernbegleiter/-innen die Lerngelegenheiten für den Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen dar. Die Kinder nutzen und gestalten diese Lerngelegenheiten aktiv und passiv. Vor diesem Hintergrund ist die Passung zwischen kindlichen Voraussetzungen und der Umwelt als außerordentlich wichtig anzusehen (Siegler, DeLoache & Eisenberg, 2005; vgl. Weinert, Doil & Frevert, 2008).

Der Erwerb von Kompetenzen in unterschiedlichen Inhaltsbereichen (z.B. Motorik, Sprache, allgemeine kognitive Fähigkeiten, Naturwissenschaften) stellt das Kind vor unterschiedliche Herausforderungen. Bezugnehmend auf entwicklungspsychologische Forschung (z.B. Karmiloff-Smith, 1992; Weinert, 2000) gehen die Autorinnen der Expertise davon aus, dass der Kompetenzerwerb bereichs- und inhaltsspezifisch verläuft. Mit anderen Worten: Ein Kind kann sich z.B. sprachlich altersangemessen entwickeln, aber beim Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen Defizite zeigen. Weiterhin kann es innerhalb eines bestimmten Bereiches (z.B. innerhalb des naturwissenschaftlichen Denkens) Schwierigkeiten mit der Entwicklung allgemeiner geistiger Funktionen (z.B. Problemlösen) oder mit dem Aufbau von konkretem Wissen über die Natur haben (Sodian, 2002; vgl. Weinert; Doil & Frevert, 2008).

Bei der Lösung spezifischer Aufgaben wirken stets Kompetenzbereiche auf verschiedenen Ebenen (z.B. sprachliche Fähigkeiten, Problemlösefähigkeiten, Naturwissen) zusammen. Darüber hinaus können Kompetenzen in einem bestimmten Bereich die Voraussetzung für den Erwerb von Kompetenzen im anderen Bereich darstellen. Sind beispielsweise nur geringe sprachliche Kompetenzen gegeben, so hat dies mit hoher Wahrscheinlichkeit Auswirkungen auf den Aufbau von Naturwissen. Ferner nehmen die Autorinnen der Expertise an, dass sich kognitive Fähigkeiten in Wechselwirkung mit emotionalen und sozialen Kompetenzen entwickeln (Jerusalem & Klein-Hessling, 2002; Raver, 2002; Zins, Bloodworth, Weissberg, & Walberg, 2004) und dass Handlungskompetenz immer ein Zusammenspiel von kognitiven, metakognitiven und motivational-emotionalen Kompetenzen

widerspiegelt (siehe oben). Aus diesem Grund erscheint eine umfassende Sichtweise auf das Kind bei der Untersuchung des naturwissenschaftlichen Kompetenzerwerbs sinnvoll. Diese Grundannahmen haben die Systematik der vorgeschlagenen Zieldimensionen für die inhaltliche Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ auf der Ebene des Kindes auf unterschiedliche Weise beeinflusst.

National wie international gibt es einen relativ breiten Konsens über die Orientierung an dem Bildungskonzept „**Scientific Literacy**“ für das naturwissenschaftliche Lernen in den verschiedenen Bildungsstufen (für den Elementarbereich, z.B. Fthenakis, 2009; French, 2004; Gelman & Brenneman, 2004, den Primarbereich z.B. GDSU, 2002, QCA, 2000 und den Sekundarbereich z.B. KMK, 2004; Bybee, McCrae & Laurie, 2009). Naturwissenschaftliche Kompetenz im Sinne von Scientific Literacy umfasst Wissenskomponenten - einerseits naturwissenschaftliches Wissen über Konzepte, Theorien und Wissen, andererseits Wissen über Naturwissenschaften, über Denk- und Arbeitsweisen (Nature of Science) - sowie die Fähigkeit zur Anwendung dieses Wissens in lebensnahen Kontexten, aber auch nicht-kognitive Komponenten, z.B. Einstellungen, Interesse, Freude an der Auseinandersetzung mit Naturwissenschaften (Bybee et al., 2009).

Hieraus folgt, dass emotionale, **motivationale Aspekte sowie die Selbstwirksamkeitserwartung** als Zielgrößen von zentraler Bedeutung sind. Sie werden bereichs- und inhaltspezifisch definiert und in Kapitel 2.1 ausgeführt.

Ferner differenzieren die Autorinnen der Expertise innerhalb der **naturwissenschaftlichen Kompetenzen** zwischen funktionsbezogenen und wissensbezogenen Kompetenzen. Damit ist einerseits gemeint, wie Kinder sich Erkenntnisse über Naturphänomene aneignen und andererseits, was sie über Phänomene, Konzeptwissen wissen.

Die zugehörigen Überschriften lauten

- (a) *wissenschaftliches Denken und Vorgehen im Umgang mit Naturphänomenen* (Kapitel 2.2)
- und
- (b) *naturwissenschaftliches Wissen* (Kapitel 2.3).

Aus der Annahme der Domänenspezifität folgt außerdem, dass die Dimension des naturwissenschaftlichen Wissens exemplarisch an einzelnen Inhalten beschrieben wird. Dies hat Konsequenzen für die spätere Operationalisierung bzw. Instrumentenentwicklung.

Neben den genannten naturwissenschaftlichen Kompetenzen beschreiben die Autorinnen der Expertise auch **Basiskompetenzen** (Kapitel 2.4), worunter allgemeine Fähigkeiten wie *kognitive, sprachliche, mathematische, feinmotorische und soziale Kompetenzen* zusammenfasst werden, von denen angenommen wird, dass sie die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen moderierend beeinflussen. Auch wenn nicht alle Bereiche als prioritäre Zieldimensionen für die Messung eingestuft werden, erscheint es sinnvoll, allgemeinkognitive Fähigkeiten bei späteren Erhebungen zu berücksichtigen.

Diese Systematik erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. So gehen die Autorinnen davon aus, dass metakognitive Fähigkeiten wie beispielsweise Strategien der Kontrolle von Lernprozessen, Entwicklung einer „Theory of Mind“ (Sodian & Frith, 2008) ebenfalls im Kontext des Erwerbs naturwissenschaftlicher Kompetenzen eine große Rolle spielen. Sie werden in den entsprechenden Kapiteln zum naturwissenschaftlichen Wissen, Denken und Verstehen auch berührt. Gleichwohl hätte eine detaillierte Beschreibung und Definition der relevanten metakognitiven Kompetenzen den Rahmen dieser Expertise gesprengt, so dass an dieser Stelle eine Lücke besteht. Darüber hinaus sind prioritär solche Kompetenzen als Zieldimension in die Expertise eingegangen, für die Messkonzepte vorliegen bzw. sich in einem realistischen Zeitrahmen entwickeln lassen.

Die skizzierten Kompetenzen und Aspekte kindlichen Erlebens sind im zweiten Teil dieser Expertise (Kapitel 2.1 bis 2.4) ausführlich beschrieben und im Anhang I grafisch illustriert.

1.3 Vorannahmen über professionelle Kompetenzen pädagogischer Fachkräfte

Neben den Zieldimensionen auf der Ebene des Kindes definiert und spezifiziert diese Expertise Zieldimensionen auf Seiten der pädagogischen Fachkräfte. Für die Ableitung der Dimensionen wird zunächst von den kindlichen Zielkompetenzen ausgegangen. Es wird entsprechend nach den professionellen Kompetenzen auf Seiten der pädagogischen Fachkräfte gefragt, die die Voraussetzung für eine erfolgreiche Begleitung der Lernprozesse der Kinder sind. Die Initiative „Haus der kleinen Forscher“ versucht die professionellen Kompetenzen pädagogischer Fachkräfte durch die Fortbildungsangebote zu wecken und weiter zu entwickeln. In die Definition und Spezifizierung der Zieldimensionen für pädagogische Fachkräfte sind ebenfalls der aktuelle Theorie- und Forschungsstand eingeflossen, die die Systematik der entstandenen Klassifikation geleitet haben. Entsprechende Grundannahmen werden nachfolgend vorgestellt:

Eine wichtige Vorannahme besteht darin, dass Kindertagesstätten (Kitas) neben der Familie als zentrale Lernumgebung angesehen werden, in denen Kinder einen nicht unerheblichen Teil ihrer Zeit verbringen. Die Autorinnen der Expertise gehen davon aus, dass die Erfahrungen in der Kita die kognitive und soziale Entwicklung von Kindern entscheidend beeinflussen können. International haben sich bereits mehrere große Längsschnittstudien mit den potenziellen Wirkungen des Besuchs einer vorschulischen Einrichtung auf die weitere Entwicklung von Kindern beschäftigt. Diese Studien haben zunehmend empirische Evidenz für mögliche positive Effekte des Besuchs von vorschulischen Bildungseinrichtungen produziert (ECCE Study Group, 1999; NICHD ECCRN, 2002a, 2005; Roßbach, 2005; Sammons et al., 2004). Die angeführten Studien weisen aber auch darauf hin, dass das Ausmaß und die Persistenz der positiven Effekte in hohem Maße von der Anregungsqualität, insbesondere der Qualität der pädagogischen Prozesse abhängig zu sein scheinen. Die Bedeutung einer hohen Prozessqualität für einen positiven Einfluss auf die kindliche Kompetenzentwicklung wurde kürzlich auch für Deutschland empirisch

belegt (Anders, Große et al., 2012; Anders, Roßbach et al., 2012; Roßbach, Sechtig & Freund, 2010).

Pädagogische Fachkräfte in Kindertagesstätten gestalten die Lerngelegenheiten für Kinder und die frühpädagogischen Prozesse. Sie nehmen daher eine zentrale Rolle bei der Erzeugung einer hohen Anregungsqualität im Kindergarten ein. Die Frage nach den professionellen Kompetenzen pädagogischer Fachkräfte ist demnach eng verknüpft mit der Frage nach den Voraussetzungen für eine hohe Anregungsqualität.

Zur Beschreibung des Zusammenspiels von professionellen Kompetenzen und professionellem Handeln stellen Fröhlich-Gildhoff, Nentwig-Gesemann und Pietsch (2011) ein Kompetenzmodell vor, das Struktur- und Prozessmodelle vereinen soll (vgl. Abbildung 3). Situationen und Handlungsanforderungen

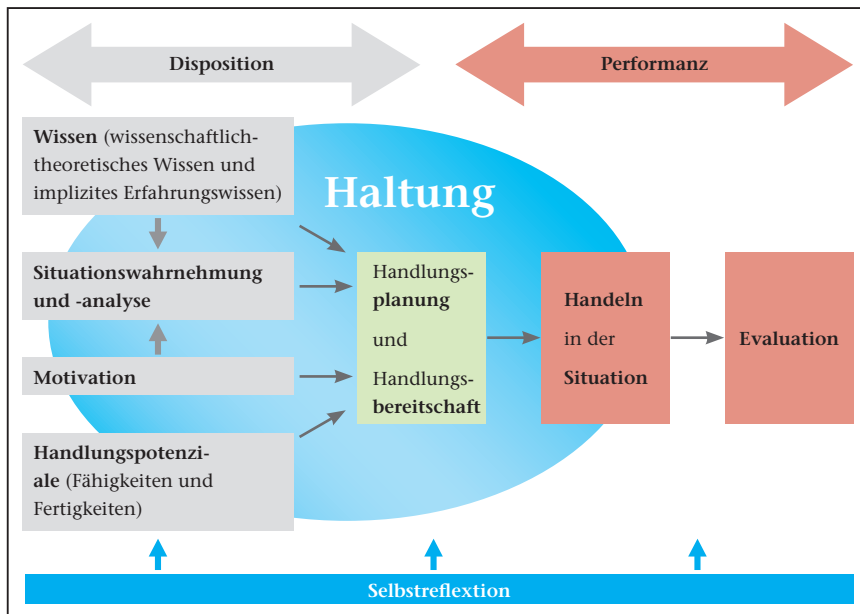


Abbildung 3. Kompetenzmodell für pädagogische Fachkräfte (Fröhlich-Gildhoff, Nentwig-Gesemann & Pietsch, 2011).

im frühpädagogischen Alltag werden zunächst als hochkomplex, mehrdeutig und nicht standardisierbar charakterisiert. Die professionellen Kompetenzen pädagogischer Fachkräfte kennzeichnen sich dadurch, dass sie es der Fachkraft ermöglichen, in diesen komplexen Situationen selbstorganisiert, kreativ und reflexiv zu handeln und neue Herausforderungen zu bewältigen (Fröhlich-Gildhoff et al., 2011).

In ihrem Modell zur Beschreibung und Analyse der Handlungskompetenz frühpädagogischer Fachkräfte differenzieren Fröhlich-Gildhoff, Nentwig-Gesemann und Pietsch zwischen Handlungsgrundlagen, Handlungsbereitschaft und Handlungsrealisierung. Nach diesem Modell wird das Denken und Handeln pädagogischer Fachkräfte von handlungsleitenden Orientierungen, Wert-

haltungen und Einstellungen geprägt. Diese Aspekte bilden die professionelle Haltung und beeinflussen als Grundstruktur jegliches professionelles Denken und Handeln. Die Grundlagen der Handlungsfähigkeit resultieren aus dem wechselseitigem Zusammenspiel von explizitem, wissenschaftlich-theoretischem Wissen, implizitem Erfahrungswissen, Fertigkeiten (z.B. methodischer oder didaktischer Art), Motivation und der jeweiligen Wahrnehmung und Analyse der pädagogischen Situation. Die genannten Aspekte beeinflussen die Planung und Bereitschaft zur Handlung. Schließlich resultiert die Handlung in einer spezifischen Situation, die evaluiert und reflektiert werden und so wiederum die Voraussetzungen für weitere Handlungen beeinflussen kann.

Die Autorinnen gehen davon aus, dass die Grundlagen der Handlungsfähigkeit, also die strukturellen Voraussetzungen für professionelle Handlungskompetenz frühpädagogischer Fachkräfte, grundsätzlich veränderbar und erlernbar sind (z.B. durch die Fortbildungsangebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“).

In Anlehnung an internationale Theorie- und Forschungsansätze unterscheiden die Autorinnen der Expertise verschiedene Facetten professioneller Handlungskompetenz und differenzieren so die von Fröhlich-Gildhoff und Kollegen (2011) skizzierten Handlungsvoraussetzungen (a) Motivation, (b) Wissen und (c) Haltung im Kontext der Initiative der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ weiter aus.

Motivationale und emotionale Aspekte werden in diesem Zusammenhang als zentrale Facetten professioneller Handlungskompetenz von pädagogischen Fachkräften angesehen (Baumert & Kunter, 2006). Sie umfassen Berufswahlmotive, Emotionen bei der Ausübung der professionellen Tätigkeit, die emotionale Haltung den beruflichen Inhalten gegenüber etc. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit fokussieren die Autorinnen in Kapitel 6 auf drei Facetten: (a) *die emotionale Haltung und das Interesse für Naturwissenschaften*, (b) *den Enthusiasmus in Bezug auf die Gestaltung von Lernprozessen im Bereich der Naturwissenschaften* sowie (c) *die Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf die Begleitung naturwissenschaftlicher Lernprozesse als Teilkomponente der motivationalen und emotionalen Aspekte*.

Darüber hinaus wird dem **Professionswissen pädagogischer Fachkräfte** besondere Bedeutung zugewiesen. Die entsprechenden theoretischen Ansätze sind in der Professionstheorie zur Handlungskompetenz von Lehrkräften im Primar- und Sekundarbereich verankert, wurde aber auch auf frühpädagogische Fachkräfte übertragen (Aubrey, 1997; Siraj-Blatchford et al., 2002). Das professionelle Wissen einer Lehrperson wurde von Shulman (1986, 1987) in verschiedene Wissenskategorien unterteilt: Fachwissen, Wissen über das Fachcurriculum, fachdidaktisches Wissen, allgemeines pädagogisches Wissen, Wissen über die Psychologie des Lernenden, Organisationswissen und bildungshistorisches Wissen. In den letzten Jahren hat sich in der Bildungsforschung eine Fokussierung auf die grundlegenden Kategorien Fachwissen („content knowledge“ = CK), fachdidaktisches Wissen („pedagogical content knowledge“ = PCK) und allgemeines pädagogisches Wissen („pedagogical knowledge“ = PK) durchgesetzt. Einzelne Aspekte der anderen Wissensbereiche wurden in diese Facetten allerdings mit aufgenommen.

Unter *Fachwissen* (CK) versteht man hierbei das vertiefte, konzeptuelle Hintergrundwissen und vertieftes Verständnis der Inhalte im jeweiligen Bereich (z.B. Naturwissenschaften, Mathematik).

Das *fachdidaktische Wissen* (PCK) bezieht sich auf das Wissen darüber, wie Fachinhalte Lernenden verfügbar gemacht werden können, also beispielsweise das Wissen über typische fachbezogene Kognitionen von Kindern (z.B. Wissen über Vorstellungen von Kindern, Wissen über typische Denkfehler), das Wissen über das Potenzial von Alltagssituationen und Lernmaterialien für die Lernprozesse sowie das Wissen über effektive Instruktionsstrategien zur Begleitung des Lernprozesses im jeweiligen inhaltlichen Bereich.

Das *allgemeine pädagogische Wissen* (PK) bezieht sich auf die fachübergreifenden Wissensfacetten, welche zur Gestaltung der Lernangebote und der pädagogischen Interaktion notwendig sind. Beispielhaft sind hier zu nennen: Wissen über Lernformen, Wissen über Strategien der Gruppenführung, entwicklungspsychologisches Wissen, Wissen über Beziehungsgestaltung. Gerade in Bezug auf Fachkräfte im frühpädagogischen Bereich wird eine Debatte über die Gewichtung einzelner Wissensfacetten geführt. Bislang gibt es kaum empirisch-fundierte Erkenntnisse über Struktur und Bedeutung des Professionswissens. Aus theoretisch-konzeptionellen Überlegungen heraus werden jedoch die fachspezifischen Wissensfacetten (CK und PCK) im Kontext der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ als notwendige Voraussetzung für die Bereitstellung aktivierender Lerngelegenheiten angenommen.

In Kapitel 3.3.1 und 3.3.2 werden die Überlegungen zum **fachlichen und fachdidaktischen Wissen** pädagogischer Fachkräfte in den Naturwissenschaften spezifiziert. Die Systematik auf Fachkräfteebene orientiert sich dabei an den angestrebten Kompetenzen auf der Kindebene und überträgt diese auf Anforderungen in einem pädagogisch-didaktischen Kontext.

Auf die Komponente des allgemeinen, pädagogischen Wissens (PK) wird in diesem Text nicht weiter eingegangen. Hier stellt sich der Forschungsstand – zumindest aus Perspektive der Autorinnen – noch als zu unübersichtlich dar, als dass eine Sichtung und Spezifizierung im Rahmen dieser Expertise möglich wäre. Zudem werden Kompetenzfacetten der allgemeinen Elementardidaktik derzeit in Expertengruppen z.B. der Robert-Bosch-Stiftung oder der Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte (WiFF) behandelt (vgl. Deutsches Jugendinstitut e. V., 2011; Robert-Bosch-Stiftung, 2011). Darüber hinaus werden zentrale allgemein-pädagogische Kompetenzen bei ausgebildeten pädagogischen Fachkräften vorausgesetzt und nicht als Zieldimension der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ fokussiert.

Eng verwandt mit den motivationalen und emotionalen Aspekten aber auch mit einzelnen Wissenskomponenten ist die **professionelle Haltung**, verstanden als handlungsleitende Grundstruktur. Ihr wird eine hohe Wichtigkeit bei der Entwicklung professioneller Handlungskompetenz beigemessen (Fröhlich-Gildhoff et al., 2011). Die professionelle Haltung ist in der Frühpädagogik ein sehr breit angelegtes Konstrukt und umfasst sowohl pädagogische Orientierungen, Werthaltungen und Einstellungen als auch Aspekte des professionellen Selbst- und Rollenverständnisses. Aus dieser Konzeption folgt,

dass eine indirekte Wirkung auf die Entwicklung der Kinder angenommen wird, die über die Prozessqualität vermittelt wird (Kluczniok, Anders & Ebert, 2011). Die Autorinnen konzentrieren sich in Kapitel 9 dieser Expertise auf einzelne Aspekte der professionellen Haltung, die sich aus den Zielen der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ und der Spiegelung an den Zieldimensionen bei Kindern ergeben. Es wird auf *pädagogische Orientierungen und Einstellungen hinsichtlich der Förderung naturwissenschaftlicher Förderung im Elementarbereich*, sowie einzelne domänenübergreifende Aspekte des *professionellen Selbst- und Rollenverständnisses* eingegangen (z.B. Forschende Haltung, Reflexionsfähigkeit). Dabei wurde an dieser Stelle eine Reduktion auf prioritäre und potenziell messbare Aspekte vorgenommen.

Die skizzierten Kompetenzbereiche der pädagogischen Fachkräfte sind im dritten Teil dieser Expertise (Kapitel 3.1 bis 3.4) ausführlich beschrieben und im Anhang II grafisch illustriert.

Die Kompetenzbereiche für die pädagogischen Fachkräfte überschneiden sich teilweise, aber nicht vollständig mit den Qualitätskriterien, die die Stiftung im Rahmen ihres Zertifizierungsverfahrens entwickelt hat. Für die Zertifizierung als „Haus der kleinen Forscher“ müssen die pädagogischen Einrichtungen dokumentieren, dass das gemeinsame Forschen mit den Kindern fester Bestandteil des pädagogischen Alltags ist und die Fachkräfte regelmäßig an entsprechenden Fortbildungen teilnehmen. Für dieses Verfahren wurde ein Ansatz in Anlehnung an das Deutsche Kindergartengütesiegel (Tietze & Förster, 2005) gewählt, bei dem strukturelle Qualitätsmerkmale der Einrichtung sowie Aspekte der Orientierungsqualität, der Prozessqualität und der Öffnung nach außen unterschieden werden¹². Hierbei wird ein stärkerer Fokus auf das System der Einrichtung gelegt, während in dieser Expertise ausschließlich die Voraussetzungen auf Seiten der pädagogischen Fachkräfte betrachtet werden.

2. Zieldimensionen Kinder

2.1 Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit im Umgang mit Naturphänomenen

Yvonne Anders

2.1.1 Motivation und Lernfreude im Umgang mit Naturphänomenen

Beim Lernen und Wissenserwerb spielen neben den kognitiven Voraussetzungen vor allem auch emotionale und motivationale Aspekte eine bedeutende Rolle. Es wird angenommen, dass Kinder effektiver lernen, wenn ihr Lernen intrinsisch motiviert und von positiven Emotionen begleitet ist (vgl. Deci & Ryan, 1993). Die Angebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ sollen Lust auf Naturwissenschaften machen, Kinder an die Naturwissenschaften

¹² Nähere Informationen zum Zertifizierungsverfahren und den Bewertungskriterien finden sich auf der Website der Stiftung unter www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/mitmachen/plakette/infos-zur-zertifizierung

heranführen und ihnen die schönen und interessanten Seiten im Umgang mit Naturphänomenen aufzeigen. An diesen Bereich schließt sich direkt die Lernfreude für den Bereich der Naturwissenschaften an. Während sich die beschriebenen motivationalen Aspekte eher auf die situationsspezifische Emotion beim Handeln beziehen, geht es bei der Lernfreude um die Freude am Wissenserwerb.

Eine offene positiv gefärbte Haltung gegenüber Naturwissenschaften, eine intrinsische Motivation, sich mit Naturphänomenen und naturwissenschaftlichen Fragestellungen zu beschäftigen, sowie eine hohe Lernfreude für den Bereich der Naturwissenschaften, können als zentrale Zieldimensionen des Hauses der kleinen Forscher angesehen werden. Die Motivation und Lernfreude sollten sich idealerweise bis in die Grundschule hineinragen.

Messung:

Je nach methodischem Ansatz und Alter der Kinder lassen sich motivationale Aspekte sowohl durch Beobachtungsverfahren als auch durch Ratingverfahren (Fremd- und Selbsteinschätzung (basal) erfassen. Es existieren bereits einzelne Verfahren. So handelt es sich bei PICSES (Puppet Interview Scales of Competence in and Enjoyment of Science) um ein Instrument zur Erfassung des naturwissenschaftlichen Selbstkonzeptes und der Freude an Naturwissenschaften durch Selbsteinschätzung (Mantzicopoulos, Patrick, & Samarapungavan, 2008). Auch im SNaKE-Projekt ist ein Fragebogen entwickelt worden, in dem die Interessiertheit an Naturwissenschaften im Sinne von Offenheit, Neugierde erfasst wird. In Bezug auf die Lernfreude steht eine genauere Recherche existierender Verfahren noch aus. Im Projekt „Kindergarten der Zukunft in Bayern – KiDZ“ (Roßbach et al., 2010) wurden für die Bereiche Mathematik und Sprache ratingbasierte Skalen zur Erfassung der Lernfreude eingesetzt. Diese haben sich als sensibel für Programmeffekte erwiesen und lassen sich ggf. auf den Bereich der Naturwissenschaften, wie er durch die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ umgesetzt wird, übertragen. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Instrumente, die spezifisch auf die Inhalte für die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ angepasst sind, noch entwickelt werden müssen.

2.1.2 Interesse an Naturwissenschaften

„Interesse“ wird im Sinne des aktiven Bemühens um Kompetenzerweiterung (Muckenfuß, 1995) definiert. Ein so verstandenes Interesse ist Bestandteil des Selbstkonzeptes und gekennzeichnet von aktiver Handlung, kognitiver Auseinandersetzung mit dem Objektfeld sowie selektiver Bewertung. Man kann davon ausgehen, dass das Interesse an und die Freude bei der Beschäftigung mit spezifischen Inhalten eng miteinander zusammenhängen. Kinder soll-



ten neben der Freude an der Tätigkeit auch ein tieferes, langfristiges Interesse am Fach entwickeln. Dieses soll eine intrinsisch geprägte Lernmotivation fördern. Ob jüngere Kinder Interessen im Sinne einer spezifischen Person-Gegenstand-Beziehung (pädagogischen Interessentheorie, Krapp, 2002) entwickeln, ist umstritten, es wird angenommen, dass Interesse bei Kindern anders ausgeprägt ist als bei Erwachsenen, aber nach ähnlichen Prinzipien funktioniert (vgl. Prenzel, Lankes & Minsel, 2000).

Messung:

Typische Instrumente zur Erfassung des Interesses bei Grundschulkindern basierend auf der Selbsteinschätzung mit Rating-Skalen, wie z.B. in der IGLU-E Studie verwendet (Bos, Hornberg, Arnold, Faust, Fried, Lankes, Schwipper & Valtin, 2008), sind für Kindergartenkinder weniger geeignet, da die Kinder in diesem Alter häufig alles als interessant wahrnehmen, so dass es schwierig ist, normalverteilte Daten zu erhalten. Zum Einsatz kommen, neben den unter 2.1 genannten Instrumenten (eine klare Abgrenzung zwischen Interesse und Begeisterung/Interessiertheit ist in diesem Alter schwierig zu treffen), vor allem strukturierte Interviews, z.B. Upmeyer zu Belzen, Vogt, Wieder, & Christen 2002; Wieder, 2009. Für die Erfassung im Rahmen der Begleitforschung zur Initiative „Haus der kleinen Forscher“ müssten existierende Verfahren spezifisch angepasst werden.

2.1.3 Selbstwirksamkeitserwartung

Selbstwirksamkeitserwartungen beschreiben den Glauben einer Person in ihre eigene Fähigkeit, Anforderungen bewältigen zu können (vgl. Bandura, 1997). Hervorzuheben ist, dass Selbstwirksamkeitserwartungen immer an den spezifischen Kontext gebunden sind. Kinder sollen durch die Lernangebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ eine positiv gefärbte Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren, im Umgang mit Naturphänomenen, in Bezug auf den Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen und das naturwissenschaftliche Lernen erwerben (Zielwert „Ich kann“-Empfinden).

Messung:

Für die Erfassung der allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung in Anlehnung an Bandura (1997) existiert Selbstbeurteilungsverfahren von Schwarzer und Jerusalem (1995), das bereits in zahlreichen Studien eingesetzt wurde. Es enthält zehn Items zur Erfassung von allgemeinen optimistischen Selbstüberzeugungen (z.B. „Die Lösung schwieriger Probleme gelingt mir immer, wenn ich mich darum bemühe“). Darüber hinaus sind auch bereichsspezifische Varianten publiziert wie z.B. die schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung (Jerusalem & Mittag, 1999; Jerusalem & Satow, 1999). Die naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartung von Schülerinnen und Schülern in der Sekundarstufe wurde z.B. in der dritten internationalen Schulvergleichsstudie PISA 2006 untersucht (Prenzel et al., 2007). Martinelli, Bartholomeu, Caliatto und Sassi (2009) entwickelten ein Verfahren zur Erfassung von schulbezogener Selbstwirksamkeit von Kindern im Grundschulalter. Die verschiedenen Verfahren eignen sich als Ausgangspunkt, um ein Verfahren zur Erfassung der naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen von Kindern im Vorschulalter zu entwickeln, das spezifisch auf die Angebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ angepasst ist.

2.2 Wissenschaftliches Denken und Vorgehen im Umgang mit Naturphänomenen

Sabina Pauen

In der Öffentlichkeit werden Kinder heute immer öfter als „kleine Wissenschaftler“ bezeichnet (Gopnik, Kuhl & Meltzoff, 2001; Elschenbroich, 2005). Damit kommt zum Ausdruck, dass Kinder neugierige und wissbegierige Wesen sind, die durchaus gezielt vorgehen, um neue Erkenntnisse zu gewinnen (Wilkening & Sodian, 2005). Gleichzeitig darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass ihre Denkfähigkeiten in der Phase zwischen 3 und 6 Jahren bedeutsamen Veränderungen unterliegen (z.B. Goswami, 2008). Folglich gilt es zu klären, welche Fortschritte im wissenschaftlichen Denken über Naturphänomene für die angegebene Altersphase typisch sind und woran man sie gegebenenfalls erkennen kann. Vor diesem Hintergrund lassen sich relevante Zieldimensionen für die Frühförderung formulieren.

Wissenschaftliches Denken und Vorgehen im Umgang mit Naturphänomenen wird dabei definiert als *kognitiver Prozess der aktiven Erweiterung von Wissen über natürliche Einheiten und Prozesse* (Erwerb von Wissen über Stoffe, Dinge und Prozesse natürlicher Art, z.B. Elemente oder Naturgesetze). In diesem Zusammenhang lassen sich acht Kernaspekte unterscheiden, die gleichzeitig als kindbezogene Zieldimensionen vorgeschlagen werden. Bei ihrer Auswahl haben sich die Autorinnen an typischen Schritten im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess orientiert:

1. *Bewusst erfahren und beobachten*
2. *Erfahrungen beschreiben und festhalten*
3. *Erfahrungen vergleichen und diskutieren*
4. *Erwartungen bilden und Vermutungen aussprechen*
5. *Ausprobieren und Experimentieren*
6. *Erfahrungen bewerten und begründen*
7. *Erfahrungen integrieren und Abstraktionen bilden*
8. *Weiterführende Überlegungen anstellen*

Im Rahmen des vorliegenden Abschnitts nicht thematisiert wird das *Wissen und Verstehen von Naturphänomenen*, das Gegenstand der Ausarbeitungen von Steffensky und Hardy ist, sowie das *Metawissen über Techniken naturwissenschaftlichen Testens*, das normalerweise erst ab dem Schulalter zu beobachten ist.

Es folgen Ausführungen zu den acht oben genannten Zieldimensionen. Konkret wird erläutert, was mit jeder einzelnen Überschrift gemeint ist, über welche Kompetenzen Kinder im Alter zwischen 3 und 6 Jahren typischerweise verfügen und woran man Fortschritte in ihrer Entwicklung festmachen kann.

2.2.1 Bewusst erfahren und beobachten

Ausgangspunkt jeder Erfahrung ist die *Wahrnehmung* bestimmter Gegebenheiten. Wie bereits zuvor dargelegt, konzentrieren sich die Autorinnen im vorliegenden Fall auf die Wahrnehmung von Sachverhalten oder Vorgängen in

der Natur. Dabei können alle Sinnesmodalitäten relevant sein. *Beobachtung* ist eine zielgerichtete, besonders aufmerksame Form der Wahrnehmung von Objekten oder Vorgängen. Sie beschränkt sich streng genommen nur auf das Sehen. Auch wenn in der bestehenden Literatur zur Elementarpädagogik der Begriff „Beobachtung“ oft wesentlich weiter gefasst wird, soll er im vorliegenden Zusammenhang durch das übergreifende Konzept der *bewussten Erfahrung* ergänzt werden.

Kinder erfahren Natur mit allen Sinnen. Durch den Zusatz *bewusst* wird zugleich betont, dass das Kind sich aktiv mit dem wahrgenommenen Sachverhalt auseinandersetzt. „Beobachtung“ wird als eine besonders typische Form von bewusster Erfahrung benannt.

Bewusste Erfahrungen im Umgang mit Naturphänomenen zu vermitteln, stellt zweifellos den Grundstein und Ausgangspunkt der Frühbildung naturwissenschaftlichen Denkens dar. Die Erfassung dieser Zieldimension anhand von objektivierbaren Parametern ist in allen Altersgruppen möglich. Dabei können folgende Arten von Differenzierung vorgenommen werden:

- a) Art der Sinneserfahrung (Sehen, Hören, Fühlen, Schmecken, Riechen)
- b) Grad der Konzentration auf ein Naturphänomen
- c) Grad der aktiven Beteiligung an der „Erforschung“ des Phänomens
- d) Ausrichtung der Aufmerksamkeit (ganzheitlich oder analytisch) auf das Phänomen
- e) Interesse an Wiederholungen

Zu 1a) Art der Sinneserfahrung (Sehen, Hören, Fühlen, Schmecken, Riechen)

Aus der Säuglingsforschung ist bekannt, dass die Exploration von Gegenständen mit dem Mund eher bei jüngeren Kindern zu finden ist und ab einem Alter von ca. 9 Monaten zugunsten der visuell-manuellen Exploration in den Hintergrund tritt (z.B. Chen, Reid & Striano, 2006).

Unabhängig vom Alter gibt es unterschiedliche Typen im Umgang mit den Sinnen: Während die einen stets möglichst nahe am Geschehen sein wollen und ein Phänomen mit möglichst vielen Sinnen gleichzeitig wahrnehmen möchten, halten andere lieber Distanz, sind generell vorsichtiger und setzen zunächst vor allem ihre Fernsinnen ein, um einen Gegenstand oder ein Phänomen zu erkunden. Zudem hat jedes Kind seine ganz individuellen Präferenzen bei der Wahrnehmung. Während die einen vor allem schauen, wollen die anderen auch fühlen, schmecken und riechen. Schließlich hängt die Art der möglichen Sinneserfahrung auch vom Gegenstand der Erfahrung ab: Wer etwas über den Regenbogen lernen will, ist auf das Sehen angewiesen. Wer etwas über Musikinstrumente lernt, wird vor allem das Hören benötigen.

Trotz (oder gerade wegen) solcher Unterschiede schafft die Ansprache unterschiedlicher Sinne aus pädagogischer Sicht die beste Voraussetzung dafür, möglichst vielen Kindern einen Zugang zu bewusster Erfahrung zu vermitteln. Gleichzeitig lässt sich argumentieren, dass die zunehmende Öffnung eines Kindes für Sinneserfahrungen unterschiedlicher Art einen Beleg für seine Bereitschaft zur aktiven Auseinandersetzung mit der Natur darstellt.

Ein Instrument zur Erfassung der Ganzheitlichkeit der Sinneserfahrung im Rahmen naturwissenschaftlicher Erfahrungen liegt bislang nicht vor. Erfassen ließe sich dieser Aspekt prinzipiell am ehesten im Rahmen von konkreten Verhaltensbeobachtungen, wobei sichergestellt sein muss, dass (1) die Situation den Einsatz unterschiedlicher Sinne prinzipiell ermöglicht und (2) das Kind die freie Wahl hat, sich dem gegebenen Naturphänomen auf unterschiedliche Weise zu nähern.

Zu 1b) Grad der Konzentration auf / Aufmerksamkeit für ein Naturphänomen

Relevant für die Erfassung der Bewusstheit der Erfahrung ist jedoch nicht nur die Öffnung der Sinne, sondern auch die Konzentration /Aufmerksamkeit des Kindes in der Auseinandersetzung mit dem Phänomen. Sie lässt sich an verschiedenen Verhaltensparametern festmachen: Konzentration zeigt sich in der Mimik und lässt sich an Veränderungen des Herzschlags physiologisch nachweisen (Elsner, Jeschonek & Pauen, 2006; Richards & Cronise, 2000). Mangelnde Ablenkbarkeit gilt ebenfalls als Indiz für Konzentration (z.B. Richards, 1998). Vor allem aber spiegelt sie sich in der Dauer der aktiven Beschäftigung mit einem Phänomen wider.

Ein ökonomisch erfassbares und psychologisch bedeutsames Maß für den Fortschritt im wissenschaftlichen Denken wäre daher die Erfassung der Dauer von Aufmerksamkeit in der Auseinandersetzung mit einem Naturphänomen bzw. das Ausmaß der Konzentration bei der Beschäftigung mit der Natur. Auch dieser Parameter lässt sich am ehesten im Rahmen einer standardisierten Verhaltensbeobachtung realisieren.

Zu 1c) Grad der aktiven Beteiligung an der „Erforschung“ des Phänomens

Phasen der aktiven Handlungsbeteiligung steigern die Vernetzung unterschiedlicher Sinneseindrücke, während Phasen der Erfahrung ohne aktive Handlungsbeteiligung die Reflexion unterstützen. Das Verhältnis von aktiver und passiver Handlungsbeteiligung dürfte mit dem Alter variieren. Während Kinder im Säuglingsalter aufgrund ihrer noch fehlenden motorischen Kompetenzen eher in der Beobachterrolle sind, erweisen sich die 3- bis 4-jährigen normalerweise als besonders aktiv. Sie haben aufgrund ihrer begrenzten exekutiven Kontrolle (Garon, Bryson & Smith, 2008) Schwierigkeiten, sich zu bremsen und „nur“ eine Beobachterrolle einzunehmen. Dies gelingt Kindern im Alter zwischen 4 und 6 Jahren schon eher. Aufgrund ihrer weiter entwickelten selbstregulatorischen Kompetenzen können sie sich im Allgemeinen etwas besser zurückhalten (insbesondere, wenn sie dazu aufgefordert werden). Hier wechseln sich im Idealfall Phasen der aktiven Handlung und der Beobachterperspektive ab.

Wollte man von dieser Beschreibung ausgehend ein Maß für den Fortschritt im wissenschaftlichen Denken und Vorgehens ableiten, so könnte man die Ausgewogenheit zwischen Phasen aktiver und passiver Partizipation am spielerischen Experimentieren mit Naturphänomenen benennen. Dabei gilt es allerdings zu beachten, dass die Fähigkeit zur Selbstregulation nicht primär von der Art der Förderung naturwissenschaftlichen Denkens in der Kita abhängt, sondern auch vom Temperament des Kindes, vom Umgang mit seinen

Impulsen durch Erziehungspersonen und von Reifungsprozessen. Dennoch kann als ein wichtiges Erziehungsziel im Umgang mit Naturphänomenen definiert werden, dass Kinder mit beiden Rollen: der des Wahrnehmenden einerseits und der des aktiv in das Geschehen eingreifenden andererseits, vertraut gemacht werden. Entsprechend ließe sich im Rahmen einer standardisierten Verhaltensbeobachtung ein Quotient aus den kumulierten Zeiten der aktiven und der passiven Partizipation bilden, dessen Bedeutung für den Erwerb von Wissen und Verstehen von Naturphänomenen zunächst untersucht werden müsste.

Zu 1d) Ausrichtung der Aufmerksamkeit (ganzheitlich oder analytisch) auf das Phänomen

Bei der Beobachtung ist weiterhin interessant, ob sich die Aufmerksamkeit der Kinder auf globale Aspekte eines Gegenstandes / einer Situation bezieht, oder ob die Kinder auf ganz bestimmte Details besonders achten. Experten sprechen von einer eher holistischen oder eher analytischen Wahrnehmung (Kemler, 1983). Auch wenn man nicht generell sagen kann, eine Form der Erfahrung sei besser als die andere, gibt die analytische Beobachtung / Wahrnehmung einen Hinweis darauf, dass sich das Kind bewusst und intensiv mit einem ganz bestimmten Aspekt des Phänomens beschäftigt (Schwarzer, 2000). Dieses Interesse an Einzelheiten entsteht normalerweise erst, wenn das Kind bereits zu einem gewissen Grad vertraut mit einem Gegenstand oder Phänomen ist. Zuvor dominiert das „ganzheitliche Staunen“. Insofern könnte man als Ziel definieren, dass Kinder in Auseinandersetzung mit Naturphänomenen einen Prozess durchlaufen, der beim ganzheitlichen Staunen beginnt und der gezielten Exploration einzelner Aspekte enden mag. Dabei ist allerdings sicherzustellen, dass die Fokussierung der Aufmerksamkeit nicht zu einem Tunnelblick führt, bei dem wichtige andere Aspekte ausgeblendet werden.

Auch hier fehlt es bislang an Verfahren, diesen Aspekt im Rahmen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses selbst zu erfassen. Denkbar wäre, dass während einer standardisierten Verhaltensbeobachtung mit erfasst wird, auf wie viele unterschiedliche Teilaspekte einer Situation sich ein Kind in Worten oder mit Handlungen explizit bezieht.

Zu 1e) Interesse an Wiederholungen

Wenn ein Kind einen bestimmten Vorgang häufig von sich aus wiederholt oder immer wieder sehen möchte, ist dies ein klares Indiz dafür, dass es sich gedanklich intensiv mit dem Vorgang beschäftigt. Insofern kann die Anzahl der Wiederholungen einer Erfahrung als positiver Indikator (entweder im Sinne von „Interesse an der Wahrnehmung des Phänomens“ oder im Sinne von im Sinne von „gedanklicher Auseinandersetzung mit dem Phänomen“) für naturwissenschaftliches Denken gewertet werden, wobei Stereotypen auszuschließen sind. Die Anzahl an Wiederholung des gleichen (oder eines sehr ähnlichen) Vorgangs im Rahmen einer standardisierten Beobachtungssituation mit Möglichkeiten zur aktiven Exploration eines Phänomens lässt sich in einfacher Weise numerisch auswerten, wobei eine klare Definition, unter welchen Umständen von einer Wiederholung zu sprechen ist, eine notwendige Voraussetzung dafür darstellt.

Messung:

Zusammenfassend wird festgestellt, dass in Bezug auf die Zieldimension **Bewusste Erfahrung** folgende Maße Hinweise auf Fortschritte liefern können:

- Öffnung für unterschiedliche Sinneserfahrungen im Umgang mit der Natur
- Dauer der Aufmerksamkeit und die Tiefe der Konzentration des Kindes bei der Beschäftigung mit einem gegebenen Phänomen,
- Ausgewogenheit des Verhältnisses von aktiver und passiver Teilhabe beim Ausprobieren und Experimentieren im Umgang mit Naturphänomenen
- Ergänzung des ganzheitlichen Staunens durch eine Fokussierung der Aufmerksamkeit auf bedeutsame Teilaspekte
- Interesse an Wiederholungen

Standardisierte Instrumente zur Erfassung dieser Aspekte der Bewussten Erfahrung von Naturphänomenen liegen bislang noch nicht vor. Bei der Entwicklung eines entsprechenden Verfahrens scheint eine standardisierten Verhaltensbeobachtung besonders geeignet, wobei eine Experimentiersituation, in der die Kinder ein Phänomen zunächst präsentiert bekommen und anschließend selber explorieren dürfen, am ehesten die Gelegenheit bietet, alle bislang genannten Aspekte parallel zu erfassen. Diese Situation müsste auf Video aufgezeichnet und nach zuvor definierten Beobachtungskriterien offline ausgewertet werden.

2.2.2 Erfahrungen beschreiben und festhalten

Bewusste Erfahrung ist eine zentrale Voraussetzung für die Schaffung neuen Wissens, aber sie ist noch nicht mit damit gleichzusetzen. Erst wenn eine entsprechende Erfahrung auch mit bestehenden geistigen Schemata und bereits vorhandenem Vorwissen in Verbindung gebracht wird, kann dieser Prozess als eine erste Form von *Erkennen* (z.B. „Wiedererkennen“) interpretiert werden. Jean Piaget würde in diesem Fall von „Assimilation“ an bestehende kognitive Strukturen sprechen.

Indikatoren für die Verknüpfung von Erfahrungen können unterschiedlicher Art sein. Im Prinzip ist jede Wiedergabe dessen, was das Kind erlebt, ein Hinweis auf die Verknüpfung mit bestehenden Strukturen. Eine Möglichkeit der Wiedergabe ist das Sprechen über Erfahrung.

Wenn ein Kind über Erlebtes spricht oder sich in anderer Weise darüber äußert (z.B. in Form einer Zeichnung), belegt dies, dass es sich gedanklich mit seinen Erfahrungen beschäftigt. Interessant ist also, ob überhaupt eine bewusste Erinnerung



erkennbar ist und wenn ja, wie die Beschreibung ausfällt. Konkret kann es als positives Indiz für Wissensaufbau gewertet werden, wenn das Kind Vorgänge richtig abbildet und zum Beispiel in zeitlich und kausal korrekter Reihenfolge beschreibt, wobei es unterschiedliche relevante Teilaspekte explizit benennt oder abbildet. Bei sprachlich formulierten Erinnerungen liefert die Wortwahl wichtige Aufschlüsse über sein Verständnis der Thematik. So mag das Kind Begriffe verwenden, die (a) bereits vorher in seinem Wortschatz verfügbar waren und das Objekt / den Vorgang zutreffend beschreiben, (b) aus einem anderen Kontext auf die vorliegende Situation übertragen werden, (c) Neuschöpfungen darstellen oder (d) von der Fachkraft neu eingeführt und vom Kind aufgegriffen wurden (z.B. Fachtermini).

Hier ergeben sich Überschneidungen sowohl mit Kapitel 2.3, in dem es explizit um das Wissen und Verstehen des Kindes geht, sowie mit Kapitel 2.4, in dem allgemeine sprachliche Fähigkeiten als Basiskompetenzen, die den Wissensaufbau beeinflussen, thematisiert werden.

Bei zeichnerischer Ausdrucksweise gilt es zu beachten, dass die graphomotorischen Fertigkeiten von 3- bis 4-jährigen noch sehr begrenzt sind (Pauen, 2011) und sich die entsprechenden Verhaltensweisen vermutlich erst bei den 5- bis 6-jährigen in größerem Umfang erfassen lassen.

Unabhängig von der Qualität der sprachlichen oder zeichnerischen Beschreibung dessen, was das Kind erlebt hat, lässt sich festhalten, dass jeder Versuch, mit anderen Menschen über Naturphänomene zu kommunizieren, einen Hinweis auf die gedankliche Beschäftigung mit der Thematik gibt. Im vorliegenden Kontext bedeutsam sind vor allem das Timing und der Kontext, in dem das Kind eine Beschreibung abgibt:

- a) Beschreibung erfolgt in der Situation, in der das Kind die Erfahrung macht
- b) Beschreibung erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt
- c) Beschreibung erfolgt spontan
- d) Beschreibung erfolgt in Reaktion auf Ansprache

Erfolgt die Beschreibung in der Situation, in der das Kind die Erfahrung macht, handelt es sich um *Kommentare*, die andeuten, dass die Erfahrung im Moment des Erlebens bewusst verarbeitet wird. Erfolgt die Beschreibung zu einem späteren Zeitpunkt, belegt dies, dass das Kind eine *Erinnerung* davon aufgebaut hat.

Interessant ist darüber hinaus, ob die Beschreibung *spontan* erfolgt oder auf *Ansprache*. Vor allem im erstgenannten Fall lässt sich auf eine nachhaltige gedankliche Beschäftigung mit dem Erlebten schließen, die eine Vernetzung mit bestehenden Strukturen unterstützt.

Fortschritte im naturwissenschaftlichen Denken lassen sich demnach feststellen an

- vermehrten spontanen Beschreibungen (in Wort, Bild oder einem anderen Format)
- in der Situation selbst (z.B. während des Experimentierens) sowie
- zu einem späteren Zeitpunkt (z.B. Bericht im Stuhlkreis oder zuhause).

Messung:

Um diese Aspekte zu operationalisieren, scheint es erforderlich, über einen

gewissen Zeitraum im Anschluss an die Auseinandersetzung mit einem gegebenen Naturphänomen systematisch zu erfassen bzw. zu erfragen, ob bzw. wie das Kind sich mit dem Erlebten auseinandersetzt. Hierbei sind Berichte der Fachkraft in der Kita genauso relevant wie Berichte der Eltern. Ein Beispiel für ein standardisiertes und überprüftes Verfahren zur Erfassung des kindlichen Naturwissens (über Schmetterling) stellt der Scientific-Literacy-Test dar (Samarapungavan, Mantzicopoulos, Patrick & French, 2009). Vergleichbare Verfahren für andere Inhaltsbereiche liegen nicht vor. Ebenso fehlt ein Verfahren, das inhaltsübergreifend eine Erfassung der kindlichen Fähigkeit zum Erfahrungs beschreiben und festhalten erlauben würde.

2.2.3 Erfahrungen vergleichen und diskutieren

Eine besondere Form der Auseinandersetzung mit eigenen Erfahrungen bieten Vergleiche. Dabei sind folgende Unterarten zu differenzieren:

- a) Vergleiche von Zuständen in derselben Situation
(vorher-nachher-Vergleich)
- b) Vergleiche zwischen manipulierten Bedingungen
(experimenteller Vergleich)
- c) Vergleiche mit Zuständen oder Vorgängen äußerlich ähnlicher Art
(Transfer)
- d) Vergleiche mit Zuständen oder Vorgängen, die nur strukturell ähnlich sind,
aber aus anderen Bereichen stammen (Analogie)

Weiterhin kann man unterscheiden zwischen:

- e) Quantitativen Vergleichen
- f) Qualitativen Vergleichen

Allen genannten Arten von Vergleichen ist gemeinsam, dass sie einen Denkakt voraussetzen, bei dem das Kind über die einfache Beschreibung dessen, was es erlebt oder erlebt hat, hinausgeht. Konkret repräsentiert es im Geiste mindestens zwei Gegenstände, Zustände oder Abläufe parallel und setzt sie aktiv in Beziehung zueinander. Nur durch das systematische Bestimmen von Ähnlichkeiten und Unterschieden lassen sich Erwartungen und Vorhersagen ableiten.

Vorher-Nachher Vergleiche sind dabei vor allem wichtig für das Verständnis von kausalen oder funktionalen Beziehungen. Ebenfalls bedeutsam sind experimentelle Vergleiche, die Rückschlüsse auf potentiell bedeutsame Wirkfaktoren zulassen.

Häufig spielt gerade für diese beiden Arten von Vergleichen die Beurteilung von Quantitäten eine Rolle. Kindergartenkinder sind prinzipiell durchaus schon in der Lage zu beurteilen, ob eine Entität länger oder kürzer ist als die andere, größer oder kleiner, schwerer oder leichter (sofern die Unterschiede deutlich genug sind). Allerdings hängt diese Fähigkeit auch vom Sprachverständnis mit ab, so dass es wichtig ist, diesen Aspekt als Kovariate mit zu erfassen.

Ebenso sind Kindergartenkinder prinzipiell in der Lage zu bewerten, ob sich durch eine bestimmte Manipulation quantitative Veränderungen bezüglich der abhängigen Variablen ergeben haben (z.B. ob etwas mehr oder weniger bzw. wärmer oder kälter geworden ist). Hier spielt jedoch auch die Kurzzeitgedächtniskapazität eine wichtige Rolle.

Begrenzt sind dagegen ihre Möglichkeiten, Messinstrumente zur Beurteilung heranzuziehen. Dies setzt nämlich nicht nur Kenntnisse über den Zweck unterschiedlicher Instrumente (z.B. Waage, Uhr, Thermometer) sondern auch Routine im Umgang mit Ziffern, dem Zahlenstrang und der Ordinalskala voraus. Solche Kompetenzen werden den Kindern normalerweise erst mit Eintritt in die Grundschule vermittelt und sind daher unter 3- bis 6-jährigen eher selten zu finden (Pauen & Pahnke, 2008).

Werden mehr als zwei Einheiten oder Ereignisse der gleichen Art berücksichtigt und in einen Vergleich einbezogen, der sich sowohl auf quantitative Dimensionen als auch auf qualitative Merkmale beziehen mag, so kommt die Fähigkeit von Kindern, *korrelative Strukturen und Kovarianzen* zu erkennen ins Spiel. Diese Kompetenzen sind von entscheidender Bedeutung für die Kategorienbildung, die Generalisierung, Regelbildung und damit auch für Transferleistungen. Sie sind in Grundzügen bereits bei Säuglingen zu beobachten, hier allerdings zunächst nur im Rahmen impliziter Lernprozesse. Entsprechende Zusammenhänge explizit benennen zu können oder/und darüber nachzudenken, ist eine Fähigkeit, die sich erst im Vorschul- und Grundschulalter entwickelt. Sie kann jedoch bereits im Kindergarten gefördert werden.

Vergleiche mit Erfahrungen aus anderen Bereichen (z.B. mit Gegebenheiten in anderen Kontexten, über die das Kind schon etwas weiß) können helfen, einen Zugang zum Verständnis von Naturphänomenen zu finden, über die noch kein Wissen vorliegt. Hier spricht man in bestimmten Fällen von *Analogiebildung*. Bezüglich ihrer Fähigkeit, qualitative Vergleiche zwischen unterschiedlichen Gegebenheiten anzustellen, kann man bei Kindergartenkindern sehr widersprüchliche Beobachtungen machen: Einerseits neigen sie dazu, spielerisch und frei Assoziationen zwischen Gegebenheiten zu bilden, auf die Erwachsene nie kommen würden. Andererseits sind ihre Fähigkeiten, sich ganz gezielt und systematisch auf Ähnlichkeiten in Relationen zu beziehen und oberflächliche Ähnlichkeiten zu ignorieren, noch sehr begrenzt (Goswami, 2008).

Ein wichtiges Ziel naturwissenschaftlicher Frühbildung dürfte zweifelsohne darin bestehen, Kinder dazu anzuregen, Vergleiche unterschiedlicher Art anzustellen. Hieraus ergibt sich die Frage, woran man festmachen kann, ob es auf dieser Zieldimension Fortschritte gibt. Die Antwort auf diese Frage variiert mit der Art der Vergleiche, um die es geht: Häufige Wiederholungen eines Vorgangs liefern indirekte Hinweise darauf, dass das Kind an Vorher-Nachher-Vergleichen interessiert ist. Wenn es beim Experimentieren spontan systematisch Variationen vornimmt, ist dies ein klares Indiz dafür, dass es sich besonders für experimentelle Vergleiche interessiert. Ob Transfer oder Analogiebildung stattfindet, lässt sich normalerweise nicht so leicht feststellen. Gelegentlich stellt das Kind sprachlich Bezüge zu anderen Erlebnissen und Erfahrungen her, die als Analogie oder Transfer gewertet werden können. Wer-

den entsprechende Aktivitäten nachgewiesen, zeigt sich hieran eine vertiefte geistige Verarbeitung der Inhalte und eine gut Vernetzung neu aufgebauter Wissensstrukturen.

Messung:

Standardisierte Verfahren zur Erfassung der Fähigkeit, Vergleiche herzustellen oder zu vertiefen, liegen nicht vor. Wollte man ein entsprechendes Instrument entwickeln, wäre es sicher sinnvoll, im Rahmen von standardisierten Verhaltensbeobachtungen zu registrieren, (a) wie häufig ein Kind Wiederholungen einer Handlung mit leichten Zielvariationen durchführt, (b) wie häufig es sich sprachlich auf Veränderungen durch das eigene Handeln bezieht oder (c) spontan (sinnvolle) Vergleiche mit anderen Situationen herstellt.

2.2.4 Erwartungen bilden und Vermutungen aussprechen

Ausgehend von Vergleichen mit früheren Erfahrungen bildet das Kind *implizite Erwartungen* aus. Erwartungsbildung ist schon bei Neugeborenen zu finden und stellt die Voraussetzung für jedes Kontingenzlernen dar. Man erkennt es zum Beispiel am „Antizipatorischen Schauen“. Sieht das Baby, wie ein Objekt auf einer Seite hinter einer Verdeckung verschwindet, wandern seine Augen rasch zum anderen Ende der Verdeckung, wo sie auf das Wiedererscheinen des Objektes warten. Werden Erwartungen verletzt (zum Beispiel, wenn sich Objekte nicht so verhalten wie zunächst antizipiert), reagieren schon Babys mit Erstaunen und vermehrter Aufmerksamkeit. Das gilt auch für ältere Kinder: Zeigt ein Kindergartenkind Erstaunen, Überraschung oder Irritation, wenn es ein Naturphänomen oder den Ausgang eines Experimentes beobachtet, so dokumentiert es dadurch, dass es etwas anderes erwartet hat. Zeigt es dagegen Stolz, Vorfriede, Zufriedenheit, so belegen entsprechende Reaktionen, dass sich seine Erwartungen bestätigt haben. Emotionale Reaktionen sind deutliche Indikatoren der Wichtigkeit, die die Erwartungsbildung für das Kind hat.

Im Verlauf der ersten Lebensjahre differenziert das Kind seine Erwartungen zunehmend aus und beginnt mit wachsender Sprachfähigkeit auch, *explizite Erwartungen* zu formulieren (Sodian, Körber & Thörmer, 2004). Damit erreichen seine Vorhersagen einen Bewusstseinsgrad, der sowohl die Regelbildung als auch die Kommunikation über Naturphänomene erleichtert und damit die Vernetzung mit Vorwissen befördert.

Existiert bereits Regelwissen (Körber, Sodian & Thörmer, 2005) oder sogar Vorwissen in Form einer naiven Theorie zu einem gegebenen Naturphänomen, so ist der nächste Entwicklungsschritt möglich: aus expliziten Erwartungen werden *Hypothesen*. Im Kindergartenalter spielt vor allem die Entwicklung von impliziten zu expliziten Erwartungen eine zentrale Rolle.

Dabei interessiert weniger, ob die Erwartungen, die das Kind bildet, in Einklang mit der naturgesetzlichen Realität stehen, als vielmehr, ob es sich dieser Erwartung bewusst wird und sie auch benennen kann. Für kleine Kinder stellt das Denken vor dem Handeln eine große Herausforderung dar. Sie sind es noch nicht gewohnt, sich erst Zeit zu nehmen, um zu überlegen, was passieren könnte, wenn sie etwas Bestimmtes tun. Und sie müssen lernen, ihre

Überlegungen zu kommunizieren. Wird eine Erwartung bestätigt, NACHDEM sie verbal formuliert wurde, so wird das Kind in seinem Verständnis der Situation abgesichert. Trifft das Erwartete nicht ein, so motiviert dies zur Beantwortung der Frage „Warum?“ und zum weiteren Nachforschen.

Während man die Bildung von Erwartungen bei Babys und Kleinkindern vor allem an ihren emotionalen Reaktionen auf den Ausgang von Ereignissen erkennt, sind etwas ältere Kinder schon in der Lage, Erwartungen auf Nachfrage zu formulieren. Besonders Fortgeschrittene gehen dazu über, ihre Erwartungen sogar spontan zu formulieren und zeigen auf diese Weise, dass sie Freude daran entwickelt haben, erst zu denken und dann zu handeln.

Messung:

Bislang liegen nur experimentelle Verfahren vor, die an etwas älteren Kindern die Hypothesenbildung untersuchen. Im Rahmen einer standardisierten Verhaltensbeobachtung wäre es jedoch durchaus möglich, spontane oder auf Nachfrage formulierte Erwartungen zu erfassen. Das Ki-Ta-Nawi (Kita-Tagebuch-Naturwissenschaften) von Pauen (2009) gibt ein Beispiel für ein solches Verfahren.

2.2.5 Ausprobieren und Experimentieren

Die Kunst des Experimentierens zu beherrschen, gehört zum Handwerkszeug jedes guten Naturwissenschaftlers. Darunter versteht man die systematische Manipulation potentiell relevanter Einflussfaktoren unter Konstanzhaltung anderer potentiell einflussreicher Faktoren (Körber, Sodian & Thörmer, 2005).

Nur indem einzelne kritische Dimensionen isoliert variiert werden, kann ihre Bedeutung genauer geklärt werden. Auch wenn jüngste Arbeiten der Säuglingsforschung dafür sprechen, dass Kinder ihr physikalisches Wissen differenzieren, indem sie zunächst relevante Einflussfaktoren identifizieren, weiß jeder, der häufig mit Kindergartenkindern zu tun hat, dass das systematische Experimentieren die Ausnahme und nicht die Regel darstellt.

Das Experimentieren ist ein hoch komplexer Akt, bei dem verschiedene andere Teilfähigkeiten integriert werden müssen, die im vorliegenden Zusammen-

hang eigene Zieldimensionen darstellen. Hier plant das Kind aktiv eine eigene Handlungssequenz, die auf Erwartungen basiert. Es verarbeitet seine Erfahrungen bewusst und stellt Vergleiche an. Auch wenn kaum ein Kindergartenkind spontan systematisches Experimentieren zeigen wird, begegnet man im Kindergartenalltag durchaus Situationen, in denen die Kinder „etwas gezielt ausprobieren“ (ihre Erwartungen überprüfen) und dabei Variationen einführen. Ein typisches Verhalten wäre das Ausprobieren, welche Objekte schwimmen können oder welche Objekte magnetisch sind.



Will man für das naturwissenschaftliche Denken im Elementarbereich eine Zieldimension definieren, scheint es sinnvoll, nicht von reinen Experten-Definitionen auszugehen, sondern den Begriff etwas weiter zu fassen. Stellt man sich konkret ein Kontinuum vor, auf dem am einen Ende das ziellose „Ausprobieren“ steht und am anderen Ende das systematische Manipulieren einzelner Faktoren, so scheint es für Kinder angemessen zu sein, Experimentier-Verhalten dazwischen anzusiedeln: Wenn ein Kind in einer konkreten Situation unterschiedliche Möglichkeiten ausprobiert, die alle im gleichen Zielzusammenhang stehen (z.B. hören, wie etwas klingt, prüfen, was schwimmt etc.), wobei dieses Ausprobieren über eine einfache Wiederholung hinausgeht, fällt dieses Verhalten unter die Beschreibung Experimentieren. Voraussetzung wäre, dass mehr als eine Variation ausprobiert wird.

Messung:

Für die Erfassung / Operationalisierung wäre denkbar, die Häufigkeit, mit der entsprechende Verhaltensweisen beobachtet werden, in die Bewertung des Zielverhaltens einzubeziehen oder unterschiedliche Kategorien von Experimentier-Verhalten zu definieren, die aufeinander aufbauen und damit Fortschritte im wissenschaftliches Denken einzelner Kinder indizieren. Dies könnte z.B. wie folgt aussehen:

- a) Kind beschäftigt sich mit gegebenem Material und versucht gezielt, bestimmte Effekte zu erzeugen.
- b) Kind probiert mehr als eine Variante aus, um einen bestimmten Effekt zu erzeugen. Es berücksichtigt nicht, welche Rahmenvariablen noch variiert werden.
- c) Kind achtet darauf, dass Rahmenbedingungen konstant bleiben und nur ein Faktor variiert.
- d) Kind probiert gezielt mehr als zwei Varianten aus, um einen bestimmten Effekt zu erzeugen und achtet dabei stets darauf, dass andere Rahmenbedingungen konstant bleiben.

Experimentieren muss nicht immer an eigenes Handeln gebunden sein. Es liegt auch vor, wenn ein Kind Fragen stellt, bei denen es wissen möchte, was anders ist, wenn eine bestimmte Voraussetzung sich ändert. So etwa, wenn es erst fragt: „Was passiert, wenn ich Salz in Sprudelwasser tue?“ und anschließend eine weitere Frage nachschiebt: „Und was ist, wenn ich Zucker nehme?“ Auch hier ist das entscheidende Merkmal, dass systematisch nach der Bedeutung einer ganz bestimmten Variation gefragt wird. Unterschieden werden könnte außerdem, ob das Kind ein kontrolliertes Experiment aus verschiedenen Möglichkeiten auswählt (Selektionsaufgabe), auch wenn es noch nicht in der Lage ist, diese Bedingungen selbst herzustellen.

Die Erfassung des erstgenannten Aspektes auf Handlungsebene ist am ehesten im Rahmen standardisierter Verhaltensbeobachtungen möglich, wie sie etwa das Ki-Ta-Nawi von Pauen (2009) oder der Scientific Literacy Test von Samarpungavan, Mantzicopoulos, Patrick & French (2009) vorsieht.

Die zusätzliche (oder parallele) Erfassung verbaler Äußerungen setzt den Dialog mit anderen voraus. Ein geeignetes Instrument zu Messung beider Aspekte liegt noch nicht vor und müsste erst entwickelt werden.

2.2.6 Erfahrungen bewerten und begründen

Hat das Kind zuvor eine Erwartung ausgebildet oder eine Vermutung geäußert und durch Experimentieren erfahren, ob seine Vorstellung mit der Realität übereinstimmt, so geht es im nächsten Schritt darum, diese Erfahrung anzuerkennen. Passt der Ausgang zur eigenen Erwartung, macht die Bewertung in aller Regel keine Probleme. Die Erfahrung wird als Bestätigung der eigenen Überlegungen gedeutet. Anders sieht es aus, wenn die Bewertung nicht mit den eigenen Erwartungen übereinstimmt:

Gerade Kinder im Elementarbereich tun sich oft schwer damit, diesen Umstand anzuerkennen. Lieber wiederholen sie das gleiche Experiment immer wieder, um zu sehen, ob nicht doch irgendwann passiert, was sie sich vorgestellt haben. Nicht selten findet man auch die Tendenz, gegenteilige Evidenz schlichtweg zu leugnen oder einfach zu ignorieren.

Ein erster wichtiger Fortschritt im wissenschaftlichen Denken besteht darin, anzuerkennen, ob eine gegebene Erfahrung zu den eigenen Erwartungen passt oder nicht (Sodian, Körber & Thörmer, 2005).

Das Falsifizieren der eigenen Erwartung durch Gegenevidenz stellt sicherlich eine große Herausforderung dar, da hier eine Reihe anspruchsvoller Denkprozesse nötig sind, die der Deduktion von möglichen Zuständen bei einer gegebenen Erwartung entsprechen. Zudem neigen Kindergartenkinder (wie auch Erwachsene) dazu, ihre Erfahrungen bestätigen zu wollen und sie nicht zu falsifizieren (Karmiloff-Smith & Inhelder, 1974). Die Einsicht, dass Falsifikationen bedeutsam sind, um wissenschaftliche Erkenntnisse zu erlangen, ist im Kindergartenalter noch nicht ausgebildet.

Neben der einfachen Feststellung, ob eine gegebene Beobachtung zu den eigenen Erwartungen passt oder nicht, spielt auch die Begründung dieser Tatsache eine wichtige Rolle. Das Begründen von Aussagen unter der Nutzung empirischer Evidenz stellt ein wesentliches Merkmal wissenschaftlicher Argumente dar (siehe Tytler & Peterson, 2005; Furtak, Hardy, Beinbrech, Shemwell & Shavelson, 2010). Wird die eigene Erwartung / Vermutung bestätigt, ist es normalerweise schwer, vom Kind etwas anderes zu hören als den Hinweis darauf, dass es eben so sei wie es ist. Dabei handelt es sich nicht um eine wirkliche Begründung. Wesentlich gewinnbringender für Fortschritte im wissenschaftlichen Denken sind daher Erfahrungen, die frühere Beobachtungen widerlegen. Sie können Anstoß dazu geben, sich vertieft Gedanken über mögliche Ursachen zu machen, weil ein Verweis auf die Evidenz nicht sinnvoll scheint. Schon Jean Piaget sah in solchen Situationen des Ungleichgewichts (*deséquilibre*) einen wichtigen Motor für die weitere geistige Entwicklung. Unter Berücksichtigung der Arbeiten von Tytler & Peterson (2005) sowie Furtak et al. (2000) und Jean Piaget wird nachfolgende unterschieden zwischen

- a) *Zirkulären Begründungen*: Es ist so, weil es so ist.
(keine Begründung im strengen Sinne).
- b) *Funktionalistische Begründungen*: Es ist so, weil es so sein soll (bzw. weil ich es so will).
(Rekurs auf Sinn / Nutzen einer Situation)

- c) *Fokussierende Begründung*: Es ist so, weil X so ist.
(auch „phänomenologische Begründung“ genannt; Rekurs auf einen bestimmten Aspekt / ein bestimmtes Merkmal der gegebenen Situation)
- d) *Vergleichende Begründungen*: Es ist so, weil es da auch so war / anders war.
(auch „relationale Begründung“ genannt; Rekurs auf eine bestimmte andere Situation)
- e) *Regelhafte Begründungen*: Immer wenn... ist es so.
(auch „formale Begründung“ genannt; Rekurs auf allgemeine Regel, verschiedene Situationen)
- f) *Erklärende Begründungen*: Es ist so, weil...
(Rekurs auf nicht unmittelbar wahrnehmbare erklärende Konstrukte)

Von Fortschritten im naturwissenschaftlichen Denken bei Kindergartenkindern kann man sprechen, wenn Begründungen gegeben werden, die über (a) und (b) und (c) hinausgehen. Während fokussierende oder vergleichende Beobachtungen und gelegentlich auch regelhafte Begründungen im Kindergartenalter vorkommen, sind erklärende Begründungen eher die Ausnahme und stellen eine besonders fortgeschrittene Form der Anwendung von Naturwissen dar.

Messung:

Operational kann man am ehesten im Rahmen eines Gespräches über einen überraschenden oder unerwarteten Ausgang eines Vorgangs feststellen, ob ein Kind bereits nach Begründungen für ein beobachtetes Phänomen sucht und wenn ja, welche Art der Begründung es bevorzugt. Standardisierte Verfahren, die gezielt auf die Erfassung von Begründungen Wert legen, liegen nur vereinzelt vor und sind inhaltlich an bestimmte Themengebiete gebunden (z.B. Samarapungavan, Mantzicopoulos, Patrick & French, 2009; Furtak et al., 2010; Tytler & Peterson, 2005). Sie geben wichtige Anregungen, um weitere Instrumente, die sich auf andere Inhalte beziehen und für Kinder im Kindergarten- und Vorschulalter geeignet sind, zu konzipieren.

2.2.7 Erfahrungen integrieren und Abstraktionen bilden

Ein Grund, warum junge Kinder es lieben, interessante Effekte häufig zu wiederholen, ist der, dass sie zunächst ein Gefühl für die Zuverlässigkeit des Zusammenhangs zwischen Ursache und Effekt entwickeln müssen. Die Wiederholungen dienen also letztlich der Bestimmung des statistischen Zusammenhangs zwischen potentieller Ursache und Effekt.

Wird eine Beobachtung anerkannt, geht es im nächsten Schritt darum, sie in bestehende Wissensstrukturen zu integrieren. Erst diese Integration führt zu einer dauerhaften Wissenserweiterung. Die Einordnung von neuen Erfahrungen in existierende Wissensstrukturen schließt sowohl die Anreicherung von bestehendem Wissen (Enrichment sensu, Spelke et al., 1992; 2009) als auch die Umstrukturierung bestehender Konzepte (Conceptual Change sensu, Carey, 1985; 1993) ein. Weil es uns vor allem um jüngere Kinder im Alter zwischen 3 und 6 Jahren geht, die in der Literatur gerne als „universale Novizen“ bezeichnet werden (Brown & DeLoache, 1978), von denen wir aber gleichzeitig wissen, dass sie nicht als „Tabula Rasa“ (Locke, 1872), sondern vermutlich

mit angeborenem „Kernwissen“ (Spelke, 2007) zu Welt kommen, stehen primär Prozesse der Anreicherung im Vordergrund der Betrachtung.

Bei der *einfachen Anreicherung* wird die neue Beobachtung dem bestehenden Wissensstand additiv hinzugefügt. Entweder, sie stellt eine Bestätigung bereits etablierter Vorstellungen dar, oder sie ergänzt diese um einen neuen Aspekt. In beiden Fällen gibt es keine Konflikte mit bereits existierendem Wissen. Das Kind registriert die neue Information mit Interesse, aber ohne besondere Aufregung oder tiefere Involviertheit. Anders verhält es sich, wenn eine neue Erfahrung bestehende Wissensstruktur in Frage stellt. Das Kind kann dieser Situation auf unterschiedliche Weise begegnen und folgendes tun:

- a) Korrektur im Sinne einer *Elimination* einer bestehenden (falschen) Überzeugung,
- b) einer *Spezifizierung*, in welchem Kontext das bestehende Wissen gilt, und
- c) einer *Zusammenfassung* unterschiedlicher Wissens Elemente (z.B. in Form der Abstraktion einer allgemeinen Regel).

Jede Art der Integration kann als Hinweis auf wissenschaftliches Denken verstanden werden, wobei die Spezifizierung und die Zusammenfassung besonders bedeutsamen Fortschritten im Denken entsprechen.

Messung:

Erfassen lässt sich diese Kompetenz nur durch systematische Befragung im Rahmen standardisierter Interviews mit etwas älteren Kindergartenkindern. Die klinische Interviewtechnik von Piaget, die von Kindern sehr häufig eine Begründung für einen Effekt oder einen physikalischen Tatbestand fordert, kann hier als Modell dienen. Ein entsprechendes Verfahren müsste noch entwickelt werden.

2.2.8 Weiterführende Überlegungen anstellen

Bei der ursprünglichen Definition von Zieldimensionen war von „Schlussfolgerungen“ die Rede. Wer schlussfolgert, geht über die einfache Integration von neuen Erfahrungen in bestehende Wissenssysteme hinaus. Logische Schlussfolgerungen findet man im Kleinkind- und Vorschulalter allerdings kaum. Dennoch gibt es Studien, die zeigen, dass deduktives und induktives Schließen bei kontextueller Anreicherung und Unterstützung möglich ist. Zudem kommt es durchaus vor, dass ein Kind aktuelle Erfahrungen mit früheren Erfahrungen oder bereits existierenden Wissensbeständen verknüpft und auf diese Weise zu neuen Einsichten gelangt, die bislang noch nicht durch Erfahrung verifiziert oder falsifiziert werden konnten. Im vorliegenden Zusammenhang scheint es sinnvoll, solche Prozesse als *Weiterführende Überlegungen* zu bezeichnen, weil es sich in der Regel nicht um echte Schlussfolgerungen im Sinne des logischen Denkens handelt.

Zu weiterführenden Überlegungen würde auch die Formulierung neuer Fragen gehören, die Anlass für weitere Experimente sein können. An dieser Stelle schließt sich der Kreis des naturwissenschaftlichen Denkens und es kommen erneut Erwartungen und Vermutungen ins Spiel. Basieren diese unmittelbar auf

Beobachtungen im Rahmen des eigenen Handelns im Umgang mit einem Naturphänomen, so sind sie als *Weiterführende Überlegungen* zu identifizieren. Auch vergleichende oder erklärende Begründungen sowie die Integration von Erfahrungen und die Abstraktionsbildung können zu weiterführenden Überlegungen gezählt werden, sofern das Kind spontan entsprechende Äußerungen macht.

Bei der Bewertung von Fortschritten wissenschaftlichen Denkens über Naturphänomene spielen weiterführende Überlegungen eine zentrale Rolle, weil sie dokumentieren, dass das Kind aktiv mit den neuen Erfahrungen umgeht und – davon ausgehend – spontan eigene Gedanken formuliert.

Messung:

Operational ließe sich feststellen, wie häufig solche Überlegungen im Rahmen von Gesprächen über ein beobachtetes Phänomen vorkommen. Ein entsprechendes Instrument liegt noch nicht vor.

2.3 Naturwissenschaftliches Wissen

Mirjam Steffensky und Ilonca Hardy

In diesem Abschnitt steht das fachliche, **naturwissenschaftliche Wissen** von Kindergartenkindern im Mittelpunkt. Dazu sollen zunächst knapp einige Forschungsbefunde zum Wissen jüngerer Kinder dargestellt werden. In einem folgenden Schritt beschreiben die Autorinnen der Expertise das naturwissenschaftliche Wissen, das beim naturwissenschaftlichen Lernen im Elementarbereich angestrebt werden sollte und konkretisieren die Beschreibung mit inhaltspezifischen Beispielen zu gängigen naturwissenschaftlichen Themen des Elementarbereichs. Dabei orientieren sich die Autorinnen an einem wünschenswerten Basiswissen für alle Kinder, welches Bedingungen wie den typischen Ausbildungsgrad von Personal und die existierende Praxis im Kindergarten berücksichtigt; es wird aber davon ausgegangen, dass unter günstigen individuellen Lernvoraussetzungen und Unterstützungsangeboten dieses Basiswissen mit fortgeschrittenen Konzepten und Arbeitsweisen, wie sie im Anfangsunterricht der Grundschule angestrebt werden, erweitert werden kann.

Der Begriff **Wissen** wird hier in einem sehr breiten Sinne verwendet; man könnte dieses Wissen im Anschluss an die Konzeptwechselforschung auch als Vorstellungen bezeichnen. Damit ist also nicht nur von der Scientific Community geteiltes Wissen gemeint, sondern es werden auch subjektive Vorstellungen einbezogen. Weiterhin wird der Begriff Wissen hier im Sinne von *verstandenem, zusammenhängendem und anwendbarem Wissen* verwendet.

Forschungsbefunde zum naturwissenschaftlichen Wissen jüngerer Kinder

In vielen Studien konnte gezeigt werden, dass jüngere Kinder in der Lage sind, anschlussfähige Vorstellungen über naturwissenschaftliche Sachverhalte zu entwickeln (Carey, 2009; Gopnik & Schulz, 2007). Als anschlussfähig wird dabei das wahrnehmungsgeleitete Erfassen, Differenzieren und Versprachlichen von grundlegenden naturwissenschaftlichen Konzepten verstanden, nicht jedoch das Verständnis von Konzepten oder Vorgängen, welche die Modellierung von



nicht-beobachtbaren Zusammenhängen erfordern. Unter Modellierung wird hier die Konstruktion mentaler Modelle verstanden, die essentielle, häufig nicht wahrnehmbare Strukturen eines Sachverhalts abbilden und zur Erklärung von natürlichen Phänomenen herangezogen werden. Beispielsweise würde die Modellierung eines Lösungsprozesses (z.B. Zucker in Wasser) eine Teilchenvorstellung erfordern, die im Vorschulalter noch nicht zu leisten ist. Unterschiedliche Konzepte sind jedoch bereits von Kindern im Kindergartenalter zu erfassen; beispielsweise wissen Kinder mit

drei bis vier Jahren, dass Pflanzen und Tiere, nicht aber Autos und Fahrräder, wachsen können; sie können bei geeigneter Unterstützung erste materialbezogene Vorstellungen als ursächlich für das Schwimmen und Sinken von Gegenständen oder anschlussfähige Vorstellungen zur Luft und zum Magnetismus entwickeln (z.B. Leuchter, Saalbach & Hardy, 2011). Diese Vorstellungen stellen wiederum die Basis für spätere, differenzierte Konzepte wie Dichte oder Luftdruck dar. Auch im Bereich des Wissens über Naturwissenschaften zeigen sich vergleichbare positive Befunde. So können Vorschulkinder zum Beispiel in Ansätzen zwischen Vermutungen und Daten unterscheiden, was grundlegend für das wissenschaftliche Begründen ist (Koerber, Sodian, Thoermer & Nett, 2005).

Die Entwicklung dieser Vorstellungen erfolgt in einem graduellen und durch soziokulturelle Faktoren beeinflussten Prozess, der durch Umstrukturierung, Differenzierung und Integration von Wissen geprägt ist. Kinder entwickeln dabei sukzessive aus bereits bestehenden, naiven Vorstellungen neue Vorstellungen über Phänomene der Welt. Im anfänglichen Wissensstadium ist davon auszugehen, dass Wissen fragmentiert auftritt und auch inkompatible Vorstellungen simultan vertreten werden; erst im Laufe der Zeit, und v.a. durch die gezielte Auseinandersetzung in entsprechenden Lernumgebungen, werden stärker integrierte und kohärente Vorstellungen entwickelt (diSessa, Gillespie & Esterly, 2004).

Naturwissenschaftliches Wissen in den Bildungsplänen

In allen aktuellen Bildungsplänen für den Elementarbereich wird der Bildungsschwerpunkt Naturwissenschaften erwähnt. Eine vergleichende Analyse der Bildungspläne (Fthenakis 2009, S. 14ff) zeigt, dass folgende thematische Aspekte genannt werden:

- Materialien, Eigenschaften und Aggregatzustände von Stoffen bzw. Stoffgemischen (z.B. Wasser, Luft).
- Wachstum, Pflege und Versorgung von Pflanzen und Tieren.
- Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen wie Beobachten, Beschreiben, Kommunizieren, Vergleichen, Klassifizieren, Messen und Experimentieren.

Weiterhin wird in allen Bildungsplänen ein ökologisches Verantwortungsbewusstsein als Ziel der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen In-

halten genannt (Bildung für eine nachhaltige Entwicklung); zudem werden affektiv-motivationale Komponenten wie die Entwicklung von Interesse und intrinsischer Motivation im Hinblick auf die Beschäftigung mit Naturwissenschaften hervorgehoben. Es herrscht aber keine Klarheit darüber, in welcher Tiefe und Breite naturwissenschaftliches Wissen im Elementarbereich angestrebt werden soll. Die Bildungspläne z.B. sind sehr offen formuliert, auch in Angeboten zum frühen naturwissenschaftlichen Lernen gehen die Meinungen über den Erwartungshorizont weit auseinander (Giest & Steffensky, 2010).

Merkmale des frühen naturwissenschaftlichen Wissens

In Anlehnung an Forschungsbefunde und internationale Curricula, aber auch unter der Berücksichtigung des sich anschließenden Lernens in der Grundschule, wird im Folgenden das anzustrebende Wissen von Kindern am Ende der Kindergartenzeit beschrieben. Dabei geht es zunächst nicht darum, Kompetenzen für spezifische Inhaltsbereiche festzulegen, sondern die Art des Wissens im Sinne eines Basiswissens zu charakterisieren.

Naturwissenschaftliches Lernen im Elementarbereich wird hier nicht als Vorverlegung der schulischen Inhalte verstanden; vielmehr sollen Kinder grundlegende Erfahrungen in naturwissenschaftlich relevanten Alltagssituationen machen und ein Basiswissen aufbauen, indem sie z.B. Phänomene wahrnehmen, ihre Beobachtungen und Vorstellungen mit eigenen, altersgemäßen Fach- und Alltagsbegriffen beschreiben und Vergleiche mit ähnlichen Erfahrungen und Phänomenen anstellen. Auf diese Weise erweitern Kinder ihr Wissen und lernen, dieses auf vielfältige Alltagserfahrungen anzuwenden und Zusammenhänge zu anderen Situationen herzustellen.

Ziel ist es also, ein erfahrungsbasiertes, anschlussfähiges und alltagsnahes Wissen über grundlegende Konzepte zu entwickeln (Fthenakis, 2009; Gelman & Brenneman, 2004; French, 2004; Eshach, 2006; Möller & Steffensky, 2010). Es wird nicht erwartet, dass die Kinder Konzeptwechsel von naivem Wissen zu fortgeschrittenen wissenschaftlichen Vorstellungen vollziehen, allerdings sollen diese späteren konzeptuellen Entwicklungen vorbereitet werden, indem die naiven Vorstellungen produktiv hinterfragt und auf ein anschlussfähiges, alltagstaugliches Niveau gebracht werden.

2.3.1 Grundlegende und strukturierte Erfahrungen

Grundlegend für die Entwicklung eines Basiswissens sind alltägliche Erfahrungen der Kinder in naturwissenschaftlich-relevanten Situationen. Hinweise zur weiteren Rolle von Erfahrungen im Kontext des wissenschaftlichen Denkens finden sich im Kapitel 2.2 in den Abschnitten 2.2.1-2.2.3.

Die Autorinnen der Expertise differenzieren hier zwischen **grundlegenden Erfahrungen** und **strukturierten Erfahrungen**:

Grundlegende Erfahrungen sind Erfahrungen im ersten Umgang und Kontakt mit naturwissenschaftlichen Sachverhalten, Situationen oder Phänomenen. Diese Erfahrungen werden häufig eher beiläufig und in spielerischen Kon-

texten erworben und auch von Erwachsenen nicht als naturwissenschaftliche Erfahrungen wahrgenommen. Im Vordergrund steht dabei die handelnde Auseinandersetzung und körperliche Wahrnehmung von Naturphänomenen, z.B. von Luft, Wasser oder Gewicht. Dies bedeutet, dass Erfahrungen zur grundlegenden Kategorisierung von Objekten (in belebt, unbelebt sowie in Eigenschaften der Materie, siehe Wisner & Smith, 2008) vorausgesetzt werden, um eine weitere Differenzierung von naturwissenschaftlichen Konzepten vornehmen zu können. Auch die besondere Rolle der Mathematik für die Differenzierung von Konzepten wird an einigen Stellen diskutiert (Wisner & Smith, 2008; Lehrer et al., 2005).

Bevor Kinder zum Beispiel anfangen, erste Vorstellungen zum Schwimmen und Sinken zu entwickeln, benötigen sie Erfahrungen mit Wasser; sie müssen es als nicht direkt greifbar, als weich, als gießbar etc. wahrnehmen, auch wenn sie den Begriff flüssig noch gar nicht kennen. Diese Eigenschaften des Wassers sind so augenscheinlich, dass zunächst vielfältige Erfahrungen hiermit benötigt werden, bevor Kinder weitere, weniger offensichtliche Eigenschaften des Wassers bemerken. Zum Beispiel, wenn sie in der Badewanne spielend bemerken, dass manche Gegenstände im Wasser schwimmen und andere untergehen oder wenn sie spüren, dass manche Gegenstände vom Wasser hochgedrückt werden. Ein anderes Beispiel solcher grundlegender spielerischer Erfahrungen ist z.B. das Umkippen von Sand oder Wasser in unterschiedlich große Behälter. Hierbei können sie beispielsweise bemerken, dass ein kleinerer Becher überläuft, wenn man den gesamten Sand aus einem größeren Becher hinein gießt. Solche Erfahrungen sind vermutlich eine Voraussetzung für ein Verständnis von Größen, aber auch für den Prozess des Vergleichens beispielsweise bei Versuchsanordnungen.

Strukturierte Erfahrungen sind Erfahrungen, in denen Sachverhalte nicht nur handelnd erfahren werden, sondern auch reflektiert werden. Somit werden Bedingungen geschaffen, in denen das Zustandekommen von Naturphänomenen erkannt werden kann. Der Übergang zwischen solchen Erfahrungen und Wissen im oben beschriebenen Sinne ist fließend. Ein zentrales Element einer solchen strukturierten Erfahrung ist das Herstellen von Vergleichen zwischen Situationen, in denen das gleiche Phänomen zu beobachten ist (siehe Namy & Gentner, 2002). Dies führt dazu, dass strukturelle Gemeinsamkeiten zwischen äußerlich unähnlichen Situationen erkannt werden können und erste regelhafte Zusammenhänge hergestellt werden können. Zum Beispiel schmilzt die Butter in der Pfanne, auf dem Toast, die Schokolade im Auto, der Eiswürfel im Getränk, der zugefrorene See in der Sonne. Auch wenn die Situationen unterschiedlich sind, können wir eine Veränderung von fest nach flüssig beobachten, selbst wenn der hier relevante Begriff Schmelzen noch unbekannt ist.

2.3.2 Sprachliche Formulierungen und Begriffe

Kinder sollten in der Lage dazu sein, relevante Alltagssprachliche Begriffe und Formulierungen zur Beschreibung von Naturphänomenen zu verwenden. In den Zieldimensionen des wissenschaftlichen Denkens und Vorgehens ergibt sich damit ein Bezug zum Ziel „*Erfahrungen beschreiben und festhalten*“ (Kapitel

2.2.2). Es wird dabei die Verwendung von alltagsnahen Begriffen angestrebt, die gleichzeitig in wissenschaftlichen Zusammenhängen verwendet werden, wie den Begriffen fest, flüssig, heiß, kalt, schmelzen, schwimmen, sinken, Luft, Magneten. Eine Schwierigkeit besteht darin, dass viele Begriffe alltagssprachlich anders verwendet werden als im naturwissenschaftlichen Sinne. Beispiele hierfür sind Dampf oder Gewicht. Ein Umlernen vom alltagssprachlichen Sinn in den wissenschaftlichen Sinn ist oftmals problematisch, weil die Kinder viel häufiger mit dem alltagssprachlichen Sinn konfrontiert werden und wenige Gelegenheiten dazu haben, die wissenschaftlich korrekten Begriffe anzuwenden. Möglich erscheint es jedoch, die unterschiedlichen Bedeutungen der Begriffe in Alltagssprache und wissenschaftlicher Sprache im Gespräch zu thematisieren. In vielen Fällen können zur Darstellung und Beschreibung von Sachverhalten allerdings auch alltagsnahe Umschreibungen ausreichend sein, z.B. wenn statt des Begriffe verdunsten/verdampfen Begriffe wie trocknen verwendet werden (vgl. auch Kapitel 2.4.4 sprachliche Basiskompetenzen).

2.3.3 Grundlegende Konzepte

Ziel ist der Aufbau und die Differenzierung grundlegender Konzepte, die nicht unbedingt den wissenschaftlichen Konzepten entsprechen müssen, aber anschlussfähig sind. Anschlussfähige Konzepte beinhalten in vielen Fällen die Aufgabe von naiven, nicht belastbaren Vorstellungen und setzen somit eine konzeptuelle Umstrukturierung bzw. Ausdifferenzierung bestehender Konzepte voraus. Insofern ergibt sich eine Verbindung zu den Zieldimensionen *„Erfahrungen vergleichen und diskutieren“* und *„Erfahrungen integrieren und Abstraktionen bilden“* der Zieldimensionen im Bereich Wissenschaftliches Denken und Vorgehen. Beispielsweise wird bei den Kindern der Materialaspekt anstelle des Gewichtskonzeptes beim Schwimmen und Sinken von Gegenständen genannt.

Sicherlich ist die Erfassung von Konzepten nicht eindeutig zu trennen von der Fähigkeit zu deren sprachlicher Beschreibung. Beschreibt ein Kind den Vorgang des Schmelzens, so muss es einerseits die Begriffe „schmelzen“ und/oder „fest“ und „flüssig“ kennen, es muss aber gleichzeitig eine Vorstellung des Konzeptes Schmelzen im Sinne des Schmelzvorgangs (ein fester Gegenstand wird flüssig) besitzen. Insofern kann die Versprachlichung als eine Hilfe beim Aufbau und beim Ausdruck des jeweiligen Konzepts gesehen werden. Gleichzeitig ergibt sich die Frage der Erfassung von Konzepten: so kann ein Unterschied erwartet werden zwischen der Darbietung von Konzepten, z.B. in Selektionsaufgaben, und der eigenen Produktion von Erklärungen in Interviews, wobei die Reaktion auf dargebotene Konzepte als einfacher einzustufen ist (Pollmeier, Hardy, Koerber & Möller, 2011).

Konzepte können insbesondere auf einem fortgeschrittenen Alltags- und wissenschaftlichen Niveau verstanden werden als Zusammenhangswissen, welches die Formulierung von Beziehungen zwischen Zuständen erlaubt im Sinne von Wenn-Dann- oder Je-Desto-Beziehungen, z.B. „Wenn die Sonne scheint, trocknet die Wäsche schneller; Je dicker das Eis auf der Pfütze ist, desto langsamer schmilzt es“. Bei der Formulierung von Zusammenhängen ist ein unterschiedlicher Grad an Situiertheit des Wissens anzunehmen: So kön-

nen manche Kinder entsprechende Aussagen bereits generalisierter formulieren, z.B. „Je wärmer es ist, desto schneller schmilzt etwas“; andere beziehen sich stärker auf konkrete Situationen. Der Grad der Generalisierung bezieht sich also auf den Grad der Annäherung an naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten.

Ein wichtiger Aspekt des naturwissenschaftlichen Wissens ist die Art und Weise, wie Begründungen für natürliche Sachverhalte formuliert werden. Im Bereich der Naturwissenschaften wird dabei insbesondere beachtet, wie Personen mit empirischer Evidenz umgehen und welche Bedeutung diese für ihre Erklärungen spielt (siehe auch Beinbrech, Kleickmann, Tröbst & Möller, 2009; Furtak et al., 2010). Es gibt Annahmen zu unterschiedlichen Niveaus des wissenschaftlichen Begründens, welche in Kapitel 2.2.6 zum „wissenschaftlichen Denken und Vorgehen“ beschrieben werden. Häufig werden Aussagen über Naturphänomene als Behauptungen formuliert. Ziel einer frühen Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen ist es, die Bedeutung der Begründung von Aussagen durch Beobachtungen (aus Alltag oder aus Experimenten) herauszustellen. Das Begründen von Aussagen, insbesondere unter der Nutzung empirischer Evidenz, stellt ein wesentliches Merkmal wissenschaftlicher Argumente dar. Dabei kann, wie in Kapitel 2.2.6 ausgeführt, z.B. unterschieden werden, auf welchem Begründungsniveau Aussagen gestützt werden: keine Begründung, auf phänomenologischer Ebene (es wird nur ein Merkmal/ Beobachtung genannt), auf relationaler Ebene (mehrere Datenpunkte werden zusammengefasst) oder auf formaler Ebene (Begründung wird aufgrund einer Regel gegeben).

Exemplarische Konkretion am Inhaltsbereich Wasser

In der folgenden Tabelle 1 werden an zwei Themen des Inhaltsbereichs Wasser – Aggregatzustände von Wasser sowie Schwimmen und Sinken – die oben beschriebenen Wissenskomponenten altersangemessen konkretisiert. Beschrieben wird ein mittleres Niveau, das Kinder in der Regel erreichen können.

Erfahrungen werden differenziert in grundlegende spielerische Erfahrungen und strukturierte Erfahrungen, in denen das Erfahrene reflektiert wird. Bei den *Formulierungen und Begriffen* werden mögliche alltagsnahe, naturwissenschaftlich relevante Begriffe und Umschreibungen von Kindern im Kindergartenalter aufgeführt. Unter *Konzepten* verstehen die Autorinnen der Expertise anschlussfähige Vorstellungen, welche ein unterschiedliches Niveau bzw. Ausprägung haben können. Ein Konzeptwissen, welches Zusammenhänge beinhaltet, ist dabei auf einer höheren Stufe des konzeptuellen Verständnisses anzusiedeln als ein Einzelkonzeptwissen. Es beschreibt also erste Ansätze der Generalisierung im Sinne von Je-Desto- oder Wenn-Dann-Beziehungen.

¹³ Es wird nicht zwischen den Begriffen Verdunsten und Verdampfen differenziert.

¹⁴ Der Begriff gefrieren ist nicht allen Kindern vertraut.

¹⁵ Es wird nicht zwischen Dampf im alltagssprachlichen Sinne und im wissenschaftlichen Sinne, also gasförmiges Wasser, differenziert.

Tabelle 1: Wissen über die Konzepte Schmelzen und Gefrieren und Verdunsten/Verdampfen und Kondensieren (z.T. in Anlehnung an die Konzeption und Ergebnisse aus dem DFG-Projekt SNaKE; Lankes, Steffensky & Carstensen).

	Schmelzen und Gefrieren	Verdunsten/Verdampfen ¹³ und Kondensieren
Erfahrungen Grundlegende Strukturierte	mit Wasser spielen, z.B. umschütten, gießen, anfassen, versuchen zu greifen, plantschen mit Schnee und Eis spielen, z.B. mit Schnee bauen, formen Eiswürfel in der Hand, im Mund, Eiswürfel im Getränk schmelzen lassen Wasser einfrieren, auf zugefrorenen Pfützen spielen	Dampf über dem kochenden Wasser beobachten, Atemluft im Winter auf dem beschlagenen Spiegel malen Wäsche trocknen, Waserfarben trocknen, Haare föhnen
Formulierungen und Begriffe (Die Kinder verwenden diese Begriffe und Formulierungen, um Phänomene und Sachverhalte zu benennen und beschreiben.)	<i>Eigenschaften von Wasser und Eis:</i> fest, hart, kalt, flüssig, weich, warm, kann man gießen, umschütten, <i>Übergänge zw. den Zuständen:</i> flüssig werden, zu Wasser werden, schmelzen, (auf) tauen fest werden, zu Eis werden (ein)frieren, (gefrieren) ¹⁴	<i>Eigenschaften von Dampf¹⁵:</i> unsichtbar, wie Luft, kann man nicht greifen/anfassen <i>Übergänge zw. den Zuständen:</i> in die Luft gehen, zu Luft werden, zu Dampf/Nebel werden, trocknen, kochen (im Sinne von sieden) beschlagen, wieder zu Wasser werden
Grundlegende Konzepte (Die Kinder können diese Konzepte benennen und beschreiben sowie zum vorhersagen alltagsnaher Situationen nutzen. Sie stellen Zusammenhänge her zwischen Eigenschaften einer Situation und Effekten / Beobachtungen und formulieren diese i.d.R. als wenn-dann Beziehungen)	aus Eis kann Wasser werden und umgekehrt in der Sonne, auf der Heizung... schmilzt Eis im Eisfach, Winter... friert Wasser zu Eis Wenn es warm ist, dann schmilzt Eis Je wärmer es ist, desto schneller schmilzt Eis. Auch andere Sachen können schmelzen, z.B. Schokolade, Käse, Wachs Wenn es kalt ist, dann wird Eis zu Wasser Je kälter es ist, desto schneller gefriert Wasser	aus Wasser kann Dampf werden und umgekehrt in der Sonne trocknet Dinge, beim Kochen wird das flüssige Wasser zu Dampf kalte Scheibe, Spiegel... beschlägt und Wasser wird wieder sichtbar Wenn es sehr warm/heiß ist, geht Wasser in die Luft (kocht Wasser) Je wärmer es ist, desto schneller wird Wasser zu Luft/ desto schneller trocknet etwas Nasses. Das Konzept des Kondensierens ist deutlich schwieriger, da es weniger gut beobachtbar ist (aus dem unsichtbaren entsteht flüssiges Wasser). Deswegen wird ein stärker generalisiertes Wissen hier nicht erwartet und beschrieben.)

Tabelle 2: Wissen über die Konzepte Material und Auftrieb und Verdrängung im Kontext von „Schwimmen und Sinken“ (in Anlehnung an Konzeptionen des BIQUA DFG-Projekts: Möller, Stern, Hardy & Jone).

	Material / Dichte	Auftrieb	Verdrängung
Erfahrungen Grundlegende	mit Wasser spielen, z.B. umschütten, gießen, anfassen, versuchen zu greifen, plantschen mit Schiffen spielen, Gegenstände aus Holz als Floß verwenden, unterschiedliche Gegenstände ins Wasser werfen und Schwimmverhalten beobachten	Erfahrungen im Schwimmbad mit dem eigenen Körper machen: andere Kinder hochheben, sich treiben lassen, versuchen, tief zu tauchen...	Gegenstände eintauchen und wieder aus dem Wasser nehmen, Glas mit Wasser zum Überlaufen bringen
Strukturierte	vergleichen, welche Gegenstände schwimmen und welche untergehen: jeweils Alltagsgegenstände der gleichen Form, Gewicht, Größe und Material vergleichen erproben, ob Gegenstände mit Luft immer schwimmen	aus sinkenden Gegenständen versuchen, schwimmende zu formen (z.B. Knetmasse) verschiedene Beladungen für Schiffe erproben verschiedene Formen von Schiffen erproben	vergleichen, wo das Wasser höher steigt (bei Gegenständen gleicher Form, Material etc.)
Formulierungen und Begriffe (Die Kinder verwenden diese Begriffe und Formulierungen, um Phänomene und Sachverhalte zu benennen und beschreiben)	Beschreibung von Material: Materialbezeichnungen: Holz, Styropor, Metall / Eisen, Plastik, Stein... Schweres Material, leichtes Material, leichter als..., schwerer als..., fühlt sich schwer / leicht an Schwimmen und Sinken: auftauchen, schwimmen, nach oben kommen, untergehen, sinken, schweben / nicht richtig untergehen	Beschreibung von Auftrieb: Wasser drückt (nach oben), drückt dagegen	Beschreibung von Verdrängung: Wasser braucht Platz, Wasser steigt

	Material / Dichte	Auftrieb	Verdrängung
Grundlegende Konzepte (Die Kinder können diese Konzepte benennen und beschreiben. Sie stellen Zusammenhänge her zwischen Eigenschaften einer Situation und Effekten / Beobachtungen und formulieren diese i.d.R. als wenn-dann Beziehungen)	Es liegt am Material, ob etwas schwimmt oder untergeht. Das Schwimmen und Sinken von Gegenständen ist nicht abhängig davon wie sie aussehen: von ihrer Größe, ihrem Gewicht oder davon, ob sie Löcher haben. Leichte Materialien schwimmen: Holz, Styropor, Kork, Wachs, manches Plastik. Schwere Materialien sinken: Eisen / Metall, Stein, Porzellan, Ton... Schwere Materialien sinken: Eisen / Metall, Stein, Porzellan, Ton... Wenn etwas aus einem schwereren Material ist (schwerer als Wasser), dann sinkt es. Wenn etwas aus einem leichteren Material ist (leichter als Wasser), dann schwimmt es.	Das Wasser drückt (gegen mich, gegen Dinge im Wasser) Größere, hohle Gegenstände schwimmen häufig Hohle Gegenstände schwimmen besser als solche ohne Hohlform Wenn etwas ins Wasser gesetzt wird, dann drückt das Wasser dagegen. Je größer etwas ist, desto stärker drückt das Wasser dagegen.	Bei größeren Gegenständen steigt das Wasser höher als bei kleineren.

Messung:

Valide und standardisierte Instrumente des naturwissenschaftlichen Wissens von Kindern im Vorschulalter gibt es bislang nur wenige. Im Rahmen des Nationalen Bildungspanels wird ein Test für die Erfassung naturwissenschaftlicher Kompetenzen vierjähriger Kinder entwickelt, der die Themen Gesundheit, Umwelt und Technik aufgreift (Weinert, Artelt, Prenzel, Senkbeil, Ehmke & Carstensen, 2011). Stärker auf spezifische Fachinhalte bezogen ist z.B. der so genannte Scientific-Literacy-Test. Dieser stellt ein standardisiertes und überprüftes Instrument dar, mit dem sowohl Bestandteile des naturwissenschaftlichen Wissens in einem Inhaltsgebiet der belebten Natur (Lebenszyklus von Schmetterlingen) als Wissen über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung erfasst werden können (Samarapungavan, Mantzicopoulos, Patrick & French, 2009).

Im Bereich der unbelebten Natur kann auf den Test aus dem SNaKE-Projekt verwiesen werden, mit dem Begriffe und Konzepte im Inhaltsbereich Aggregatzustände und Lösungen erfasst werden können (vgl. Tabelle 1, Carstensen,

Lankes & Steffensky, 2011; Steffensky, Lankes, Carstensen & Nölke, 2012). Zusätzlich umfasst der Test einige Items, mit denen ausgewählte Aspekte der Denk- und Arbeitsweisen (Beobachten/Messen und das (systematische) Vergleichen) bezogen auf die genannten inhaltlichen Aspekte erhoben werden können; der Test hat aufgrund der geringen Anzahl an Items in diesem Bereich aber einen eher explorativen Charakter.

Zur Erfassung des konzeptuellen Wissens von jungen Kindern im Bereich Schwimmen und Sinken wurden bisher im Kindergarten hauptsächlich strukturierte Interviews mit offenem Antwortformat eingesetzt (z.B. Leuchter, Saalbach & Hardy, 2011), welche aufgrund der geringen Item- und Stichprobenzahlen nicht systematisch auf Testgütekriterien geprüft wurden. Es ist jedoch denkbar, auch im Kindergartenalter an Tests aus dem Grundschulbereich zum Inhalt Schwimmen und Sinken anzuknüpfen, die kindliche Vorstellungen auf unterschiedlichen Verständnisebenen anhand von Multiple-Select bzw. Multiple-Choice Verfahren erfassen (z.B. Kleickmann, Hardy, Möller, Pollmeier & Tröbst, 2010).

2.4 Basiskompetenzen

Yvonne Anders

Neben den naturwissenschaftlichen, domänenspezifischen Kompetenzen sind auch allgemeine Kompetenzen Zieldimensionen des Bildungsangebots der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“. Hierbei handelt es sich um allgemeine kognitive Kompetenzen, sprachliche Kompetenzen, soziale Kompetenzen, feinmotorische Kompetenzen und mathematische Kompetenzen. Es wird davon ausgegangen, dass die Wirkung der Bildungsangebote auf diese Kompetenzen indirekt und weniger zielgerichtet und spezifisch erfolgt. Ein Beispiel mag dies verdeutlichen: Über das Experimentieren lernen die Kinder im sozialen Verbund und machen gemeinsame Erfahrungen. Hierdurch werden auch soziale Kompetenzen angesprochen. Allerdings ist anzunehmen, dass diese Kompetenzen auch durch andere Gruppenaktivitäten, die nicht im Zusammenhang mit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ stehen angesprochen werden. Aus diesem Grund werden diese Zieldimensionen von der Expertengruppe als zunächst nicht prioritär für die Messung eingestuft.

Auch wenn die Basiskompetenzen im Rahmen einer Messung der Wirkungen der Initiative nicht als prioritär eingestuft werden, wird es notwendig sein, einzelne Aspekte zumindest im Sinne einer Kontrollvariable mitzuerheben. Im Folgenden werden die Basiskompetenzen beschrieben und zu ihrem Stellenwert für die Wirkungsmessung Stellung genommen. Darüber hinaus werden Möglichkeiten der Erfassung erörtert.

2.4.1 Kognitive Kompetenzen

Unter allgemeinen kognitiven Kompetenzen versteht man verschiedene verbale und non-verbale Fähigkeiten wie Problemlösestrategien, Gedächtniskapazität, die Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung, Konzentrationsfähigkeit, visuell-räumliche Wahrnehmung und metakognitive Fähigkeiten

(z.B. Zimbardo, 1995). Es ist unstrittig, dass allgemeine kognitive Kompetenzen auch einen Einfluss auf den domänenspezifischen Wissens- und Strategieerwerb haben. Vor diesem Hintergrund kommt ihnen auch im Kontext der Angebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ eine Bedeutung zu. Einerseits erscheint es sinnvoll, die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten der Kinder mitzuerheben, um deren Einfluss zu kontrollieren. Außerdem wird davon ausgegangen, dass die Auseinandersetzung mit Naturphänomenen und das Experimentieren auch allgemeine kognitive Fähigkeiten (z.B. Problemlösestrategien) positiv beeinflussen können.

Messung:

Es gibt bereits eine Reihe von Verfahren, die es erlauben, allgemeine kognitive Kompetenzen von Kindern ab einem Alter von drei Jahren zu erfassen (Roßbach & Weinert, 2008). So lassen sich z.B. der Entwicklungsstand in den Bereichen räumliches Denken, induktives Denken, analoges Denken, Orientierung in der Lebenswelt, visuell-räumliches Merken und die phonologische Speicherkapazität mit dem Wiener Entwicklungstest von Kastner-Koller und Deimann (2002) erfassen. Dieser allgemeine Entwicklungstest bietet den Vorteil, dass er z.B. auch Skalen zur Erfassung des Entwicklungsstands im Bereich der Motorik und der sozialen Entwicklung enthält. Neben allgemeinen Entwicklungstests existieren auch Verfahren, die ausschließlich auf die kognitiven Kompetenzen fokussieren wie z.B. die Kaufman-Assessment Battery for Children (K-ABC), die auch in einer deutschen Fassung existiert (Melchers & Preuss, 2009). Hiermit lassen sich sowohl die Gesamtintelligenz als auch die nonverbale Intelligenz gut ermitteln.

2.4.2 Soziale Kompetenzen

Soziale Kompetenzen fassen verschiedene Facetten zusammen, die sich in der Regel einerseits auf die Anpassung an soziale Normen und Regeln, andererseits auf die Durchsetzung eigener Bedürfnisse beziehen (vgl. Kanning, 2001). Caldarella und Merrell (1997) unterscheiden folgende Bereiche: Bildung positiver Sozialbeziehungen zu Gleichaltrigen, Selbstmanagement, kooperative Kompetenzen, soziale Durchsetzungsfähigkeit sowie Fertigkeiten im Kontext schulischen Lernens (z.B. gut zuhören können). Darüber hinaus stellt sozial auffälliges oder sozial problematisches Verhalten einen eigenen Bereich dar, der allerdings gerade für den vorschulischen Bereich besondere Relevanz hat, da früh auftretende Verhaltensprobleme dem Risiko unterliegen, sich im Laufe der Entwicklung zu verschlimmern (Campbell et al., 1996). Bei sozialen kindlichen Verhaltensauffälligkeiten lassen sich internalisierende und externalisierende Symptome unterscheiden (vgl. Achenbach & Rescorla, 2000). Internalisierende Symptome beziehen sich überwiegend auf übermäßig sozial zurückgezogenes und ängstliches Verhalten, wohingegen externalisierende Symptome aggressive und delinquente Verhaltensweisen zusammenfassen. Es liegt auf der Hand, dass Delinquenz im Vorschulalter noch keine Rolle spielt.

Soziale Kompetenzen stellen für das Angebot der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ keine prioritäre Zieldimension für die Messung dar, sind jedoch unter vielerlei Hinsicht relevant. Einerseits stehen soziale Kompetenzen in Zusammenhang mit der kognitiven Leistungsentwicklung (Jerusalem & Klein-

Heßling, 2002). Ferner lässt sich vermuten, dass Kinder mit stärker ausgeprägtem prosozialem Verhalten bessere Voraussetzungen für die Nutzung der Lernangebote im Kontext des „Hauses der kleinen Forscher“ haben. Hieraus erklärt sich der Status als Kontrollvariable in einer Studie, die die Wirkung auf Kindebene untersuchen möchte. Darüber hinaus kann man jedoch annehmen, dass die durch die Initiative unterstützten Lernangebote und Lernformen (gemeinsam Phänomene entdecken, experimentieren) auch prosoziales Verhalten bzw. kooperative Kompetenzen fördern.

Ein weiterer Grund, soziale Kompetenzen in einer Wirkungsstudie zu berücksichtigen ergibt sich daraus, dass in Deutschland der Förderung schulischer Vorläuferkompetenzen im Kindergarten an vielen Stellen noch immer mit Skepsis und Vorbehalten begegnet wird. Eine häufig geäußerte Vermutung bezieht sich in diesem Kontext darauf, dass die Förderung kognitiver Fähigkeiten auf Kosten der Förderung der sozialen Entwicklung umgesetzt wird. Auch vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, den Bereich der sozialen Kompetenzen in die Messung mit einzubeziehen. Auf diese Weise kann belegt werden, dass keine Negativauswirkungen im Sozialverhalten der Kinder durch die Initiative „Haus der kleinen Forscher“ zu beanstanden sind.

Messung:

Zur Erfassung sozialer Kompetenzen bzw. sozialer Verhaltensauffälligkeiten im Vorschulalter existieren bereits verschiedene bewährte Verfahren (Weinert, Doil & Frevert, 2008). Hierbei handelt es sich größtenteils um Ratingverfahren, bei denen die Einschätzungen der Eltern, der pädagogischen Fachkräfte oder anderer Erwachsener im Umfeld des Kindes genutzt werden. Darüber hinaus existieren beobachtungsbasierte Verfahren.

Zu nennen sind an dieser Stelle z.B. die Child Behaviour Checklist (CBCL), die sich auf die sogenannten Achenbach-Skalen (z.B. sozialer Rückzug, Aufmerksamkeitsstörungen, aggressives Verhalten) bezieht (Achenbach, 1991; Arbeitsgruppe Deutsche Child Behaviour Checklist, 1998). Bewährt hat sich auch der Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ) für Kinder ab 4 Jahren (Goodman, 1997). Dieser erfasst folgende Aspekte: Emotionale Probleme, Verhaltensprobleme, Hyperaktivität, Verhaltensprobleme mit Gleichaltrigen sowie prosoziales Verhalten. Es existieren weitere Instrumente mit ähnlichen Konzeptualisierungen bzw. allgemeine Entwicklungstests enthalten teilweise auch Skalen zur Erfassung des Stands der sozialen Entwicklung.

2.4.3 Feinmotorische Kompetenzen

Unter Motorik wird in Anlehnung an Bös und Mechling (1983) die Gesamtheit aller Steuerungs- und Funktionsprozesse verstanden, die der Haltung und Bewegung zugrunde liegen. Die Grobmotorik umfasst Bewegungen und Haltung des Rumpfes, der Beine, der Arme und des Kopfes. Die Feinmotorik bezieht sich auf alle feineren Bewegungs- und Koordinationsvorgänge (Finger bewegen, greifen, Handgeschicklichkeit).

In Bezug auf die Angebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ gehen die Autorinnen der Expertise davon aus, dass die verschiedenen Aktivitäten z.B. beim Experimentieren auch die Entwicklung der Motorik, insbesondere der

Feinmotorik anregen. Im Gegensatz zu anderen Zieldimensionen ist bei den motorischen Kompetenzen aber davon auszugehen, dass sie weniger Einfluss auf die gesamte kognitive und spätere schulische Entwicklung haben. Aus diesem Grund wird sie nicht prioritär eingestuft.

Messung:

Zur Erfassung der motorischen Kompetenzen im Vorschulalter existieren bereits validierte Verfahren, bei denen noch die Passung mit dem Angebot der Stiftung zu überprüfen wäre. Zu nennen ist an dieser Stelle der Motoriktest für 4-6jährige (MOT 4-6; Zimmer & Volkammer, 1987). Hierbei handelt es sich um einen sportmotorischen Entwicklungstest, der ganz auf die Bewegungsbedürfnisse von Vorschulkindern abgestimmt ist und verschiedene Aspekte der kindlichen Motorik erfasst. Unter anderem werden auch die feinmotorische Geschicklichkeit, die Reaktionsfähigkeit und Koordinationsfähigkeit erfasst. Darüber hinaus enthält auch z.B. der Wiener Entwicklungstest (Kastner-Koller & Deimann, 2002, siehe oben) Skalen zur Erfassung der Grob- und Feinmotorik.

2.4.4 Sprachliche Kompetenzen (domänenübergreifend)

Es ist vielfach dokumentiert, dass dem Erwerb von Sprache eine besondere Bedeutung für die kindliche Entwicklung zukommt (vgl. Weinert, Doil & Frevert, 2008). Die Fähigkeiten, Sprache zu verstehen, zu produzieren und zu gebrauchen, sind sehr bedeutsam für die kognitive Entwicklung, kognitive Leistungen, aber auch für die soziale Entwicklung. Sprache ist die Voraussetzung für die Teilhabe an einer sprechenden Welt.

Sprachliche Fähigkeiten und Fertigkeiten setzen sich aus einer Reihe unterschiedlicher, nur teilweise trennbarer Komponenten zusammen. Hierzu gehören die rhythmisch-prosodische Komponente (Betonungen, Dehnungen, Intonation), die phonologische Komponente (bedeutungsdifferierende Lautkategorien), die morphologische Komponente (Wortbildung), die syntaktische Komponente (Wortordnung), die lexikalisch-semantiche Komponente (Bedeutungsstruktur) und die pragmatische Komponente (Regeln der Sprachverwendung) (Grimm & Weinert, 2002).

Die Relevanz sprachlicher Kompetenzen als Zieldimension für die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ erklärt sich durch die Relevanz sprachlicher Kompetenzen für die gesamte kognitive Entwicklung. Hierdurch scheint die Erfassung sprachlicher Kompetenzen im Rahmen einer Wirkungsmessung als Kontrollvariable absolut notwendig.

Ferner wird davon ausgegangen, dass die Auseinandersetzung mit der Umwelt, wie sie durch die Initiative „Haus der kleinen Forscher“ gefördert wird, auch die sprachliche Kompetenzen der Kinder positiv beeinflussen kann. Die potenzielle Wirkung der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ auf die allgemeinen sprachlichen Kompetenzen wird jedoch im Vergleich zum Einfluss auf naturwissenschaftsspezifische sprachliche Begriffe (vgl. Kapitel 2.1.2 und 2.2.2) als sekundär angenommen.

Messung:

Auch im deutschen Sprachraum liegen mittlerweile Instrumente vor, die ab dem Säuglingsalter eine reliable und valide Erfassung sprachlicher Fähigkeiten und Fertigkeiten erlauben. Diese sind allerdings teilweise als Screening-Instrumente zur frühen Identifikation von Spracherwerbsproblemen entwickelt worden und differenzieren deshalb vor allem im unteren Leistungsbereich. Zu unterscheiden sind:

- (a) allgemeine Sprachtests, die rezeptive und produktive Aspekte verschiedener Sprachkomponenten erfassen,
- (b) Sprachtests, in denen spezielle Fähigkeiten und Fertigkeiten überprüft werden (z.B. produktiver oder rezeptiver Wortschatz), sowie
- (c) sprachbezogene Subtests im Rahmen von Entwicklungstests oder von Tests zur Erfassung allgemeiner kognitiver Fähigkeiten (vgl. auch Fried, 2004 für einen kritischen Überblick).

Als Maß für die sprachlichen Fähigkeiten von Kindern im Vorschulalter wird in großen Längsschnittstudien besonders häufig auf die Erhebung des rezeptiven Wortschatzes zurückgegriffen (z.B. durch Rückgriff auf den Untertest der K-ABC, der auch in einer deutschsprachigen Fassung vorliegt; Melchers & Preuss, 2009).

Der rezeptive Wortschatz gilt auch als Maß für die kristalline Intelligenz und wäre dementsprechend ein sehr effizienter Kontrollfaktor. Ihm kommt eine prädiktive Funktion sowohl für das Lesen als auch für das Sprachverständnis zu. Hieraus erklärt sich auch die Bedeutsamkeit für die spätere schulische Karriere. Dementsprechend scheint die Erfassung des allgemeinen rezeptiven Wortschatzes zur Kontrolle der sprachlichen Kompetenzen auch bei einer Wirkungsmessung der Stiftungsangebote sinnvoll.

2.4.5 Mathematische Kompetenzen



Der Erwerb von frühen mathematischen Kompetenzen gilt ebenso wie der Erwerb sprachlicher Kompetenzen als ausschlaggebend für die kognitive und schulische Entwicklung (e.g. Duncan et al., 2007). Zu den frühen mathematischen Fähigkeiten und Fertigkeiten gehören beispielsweise Zahlenwissen, zählen, Mengenverständnis, vergleichen, klassifizieren, rechnen, mathematikbezogenes Sprachverständnis (vgl. Roßbach & Weinert, 2008). Die konzeptuelle Nähe einzelner Fähigkeiten und Fertigkeiten zu den naturwissenschaftlichen Kompetenzen liegt auf der Hand. Hierdurch erklärt sich, dass angenommen werden kann, dass die Lernangebote der Initiative auch die mathematischen Kompetenzen positiv beeinflussen und umgekehrt mathematische Kompetenzen den Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen. Deshalb werden sie als Zieldimension mit aufgenommen. Ein Forschungskonzept benötigt aber immer auch eine nötige Fokussierung; eine gleichwertige Behandlung der

mathematischen Kompetenzen mit den rein naturwissenschaftlichen Kompetenzen würde schnell zu einer Überforderung des Modells führen, da gleichzeitig auch die Kompetenzen auf Seite der pädagogischen Fachkräfte (Wissen, Einstellungen, etc.) entsprechend erweitert und erfasst werden müssten. Daher werden mathematische Kompetenzen zu diesem Zeitpunkt als sekundär im Vergleich zu den rein naturwissenschaftlichen Kompetenzen definiert.

Mathematische Kompetenzen sollten in einer Studie zur Erfassung der naturwissenschaftlichen Kompetenzdimensionen als Kontroll- und Moderatorvariable miteinbezogen werden. Einerseits wegen möglicher Überschneidungen mit naturwissenschaftlicher Kompetenzentwicklung, zum Anderen, da zurzeit auch diverse Programme zur Förderung mathematischer Kompetenzen im Kindergarten implementiert werden und mögliche Effekte von den Effekten der Arbeit der Stiftung abgegrenzt werden sollten.

Messung:

Auch für die Erfassung früher mathematischer Fähigkeiten liegen mittlerweile im deutschsprachigen Raum verschiedene Tests vor. Als rein mathematikbezogene Tests sind an dieser Stelle die Neuropsychologische Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen bei Kindern (von Aster, Weinhold, Zulauf & Horn, 2006), der Osnabrücker Test zur Zahlbegriffsentwicklung (van Luit, van de Rijt & Hasemann, 2001) sowie der Test zur vorschulischen Zahlen- und Mengenkompetenz (Krajewski, 2003) zu nennen. In internationalen Studien wird besonders oft auf die Subtests der Kaufman-Assessment-Batterie zurückgegriffen, die auch in einer deutschsprachigen Fassung vorliegt. Die Subskala Rechenfertigkeiten hat sich in besonderem Maße als sensitiv für Fördereffekte erwiesen (vgl. Anders, Große et al., 2012; Anders, Roßbach et al., 2012; Roßbach et al., 2010).

3. Zieldimensionen pädagogische Fachkräfte

3.1 Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit im Umgang mit Naturphänomenen

Yvonne Anders

Motivationale und emotionale Aspekte des professionellen Handelns spielen bei der Vermittlung naturwissenschaftlicher Kompetenzen eine ebenso zentrale Rolle, wie sie bei den Kindern als Zieldimension anzusehen sind (vgl. Kapitel 1). Obgleich sie mit einzelnen Facetten der professionellen Haltung, vor allem den pädagogischen Orientierungen und Einstellungen verwandt sind (vgl. Kapitel 9) gelten sie als eigenständige Facette professioneller Handlungskompetenz von pädagogischen Fachkräften (z.B. Baumert & Kunter, 2006; Fröhlich-Gildhoff et al., 2010). Es wird hier auf drei Aspekte eingegangen, die für die Umsetzung der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ als besonders bedeutsam erachtet werden und demzufolge Zieldimensionen darstellen.

3.1.1 Emotionale Haltung und Interesse an Naturwissenschaften

Die *emotionale Haltung zu Naturwissenschaften* stellt eine affektive Einstellungskomponente dar und ist eng mit den pädagogischen Einstellungen verwandt.

Emotionen gegenüber einem Fach, können sich sowohl wenn sie positiv (z.B. Naturwissenschaften werden als etwas Schönes und Freude Bereitendes erlebt), als auch wenn sie negativ gefärbt sind (z.B. Angst vor Naturwissenschaften oder Abneigung gegen Naturwissenschaften) auf die Kinder übertragen. Negative Emotionen gegenüber einem Fach können offensichtlich außerdem dazu führen, die Vermittlung naturwissenschaftlicher Kompetenzen zu umgehen (Erden & Sönmez, 2011).

Das *Interesse* an einem Bereich hängt hiermit eng zusammen. „Interesse“ im Sinne einer psychischen Disposition beschreibt aktives Bemühen um Kompetenzerweiterung (Muckenfuß, 1995). Ein so verstandenes Interesse ist Bestandteil des Selbstkonzepts und gekennzeichnet von aktiver Handlung, kognitiver Auseinandersetzung mit dem Objektfeld sowie selektiver Bewertung. Man kann davon ausgehen, dass das Interesse an und die Freude bei der Beschäftigung mit spezifischen Inhalten eng miteinander zusammenhängen. Erzieher/-innen, die naturwissenschaftliche Förderung in vorschulischen Einrichtungen umsetzen, sollen dementsprechend auch selbst ein tiefes Interesse und Freude bei der Auseinandersetzung mit Naturwissenschaften entwickeln. Zum einen ist davon auszugehen, dass sich das Interesse und die Freude auch im Enthusiasmus bei der Gestaltung von Lernprozessen im Bereich der Naturwissenschaften niederschlagen (vgl. Abschnitt 3.3.2) und so auf die Kompetenzentwicklung der Kinder wirken. Ferner können sich Interesse und Freude auch direkt auf die Kinder übertragen und eine intrinsisch geprägte Lernmotivation fördern.

Als Zieldimension für im Rahmen der Initiative weitergebildete Fachkräfte kann eine offene, positiv gefärbte emotionale Haltung gegenüber Naturwissenschaften und ein großes Interesse für das Fach angesehen werden.

3.1.2 Enthusiasmus in Bezug auf die Gestaltung von naturwissenschaftlichen Lernprozessen

In Anlehnung an die Motivationsforschung wird unter „Enthusiasmus“ im Arbeitskontext das stabile positive Erleben der beruflichen Tätigkeit verstanden. In diesem Sinne bezeichnet der Enthusiasmus von Lehrkräften den Grad des positiven emotionalen Erlebens während der Ausübung der Lehrtätigkeit (Kunter, 2011, S.44). Es hat sich gezeigt, dass der fachbezogene Enthusiasmus von Lehrkräften in Zusammenhang mit der Unterrichtsqualität steht. Vor diesem Hintergrund erklärt sich die Relevanz des fachbezogenen Enthusiasmus auch für pädagogische Fachkräfte in Kindertagesstätten, wenn sie einen Bildungsauftrag umsetzen. Bezogen auf die Gestaltung naturwissenschaftlicher Lernprozesse in vorschulischen Einrichtungen bezeichnet Enthusiasmus dementsprechend, wie positiv pädagogische Fachkräfte die Gestaltung naturwissenschaftlichen Lernens im Kindergarten bzw. in der Kindertagesstätte wahrnehmen. Es kann angenommen werden, dass der Enthusiasmus eines Erziehers oder einer Erzieherin einerseits mit den emotionalen Einstellungen und Überzeugungen zum Stellenwert naturwissenschaftlichen Lernens im Kindergarten assoziiert ist. Ferner wird angenommen, dass der Enthusiasmus der pädagogischen Fachkraft einen Einfluss auf die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen von Kindern sowie der Entwicklung ihrer Motivation, Lernfreude und dem Interesse für Naturwissenschaften.

3.1.3 Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf die Begleitung naturwissenschaftlicher Lernprozesse bei Kindern

Selbstwirksamkeitserwartungen beschreiben den Glauben einer Person in ihre eigene Fähigkeit, Anforderungen bewältigen zu können (vgl. Bandura, 1997). Tschannen-Moran und Kollegen definieren Selbstwirksamkeitserwartungen von Lehrkräften als „a teacher's belief in her or his ability to organize and execute the course of action required to successfully accomplish a specific teaching task in a particular context“ (Tschannen-Moran & Woolfolk-Hoy, 2001, S. 117). Es handelt sich demnach um eine Überzeugung in Bezug auf das eigene Handeln. Hervorzuheben ist bei dieser Definition, dass Selbstwirksamkeitserwartungen immer an den spezifischen Kontext gebunden sind. In Bezug auf pädagogische Fachkräfte in vorschulischen Bildungseinrichtungen lässt sich im Kontext „Haus der kleinen Forscher“ die Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf die Begleitung naturwissenschaftlicher Lernprozesse von Kindern hervorheben.

Messung:

Einzelne Aspekte der beschriebenen Facetten werden zum Beispiel durch die „Early Childhood Teachers Attitudes toward Science Teaching Scale“ (Cho et al., 2003) erfasst. Dieses oder ähnliche Instrumente (z.B. Kuhn, Lankes & Steffensky, 2012) müssten in Bezug auf die konkreten Inhalte einer Wirkungsstudie hin angepasst werden. Ferner ist festzustellen, dass für andere Inhaltsbereiche oder für Lehrkräfte im Primar- und Sekundarbereich ebenfalls Instrumente existieren, die für eine Neu- oder Weiterentwicklung genutzt werden könnten (z.B. Kunter, 2011; Pauen, 2006).

3.2 Wissenschaftliches Denken und Vorgehen im Umgang mit Naturphänomenen

Ilonca Hardy und Mirjam Steffensky

Neben dem fachlichen und fachdidaktischen Wissen benötigen pädagogische Fachkräfte auch das Wissen über die Naturwissenschaften. Dieses betrifft das *Wissenschaftsverständnis* (*Nature of Science*) sowie das *Methodenwissen* (*naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen*) in Bezug auf Verfahren, die im Elementarbereich häufig angewendet und in Bildungsplänen und didaktischen Materialien erwähnt werden (z.B. Hardy et al., 2010), z.B. Beobachten, Vergleichen, Ordnen, Überprüfen, Messen und Dokumentieren. Pädagogische Fachkräfte müssen dabei nicht nur diese Denk- und Arbeitsweisen anwenden können, sondern auch ein übergeordnetes Verständnis dieser Arbeitsweisen haben, z.B. ein Verständnis dafür, dass jegliche Art der Messung immer der Vergleich mit einer Standardeinheit bedeutet, mit dem Ziel objektivere und quantifizierbare Aussagen machen zu können oder ein Verständnis dafür, warum Messfehler bei Interpretationen berücksichtigt werden müssen. Gleichmaßen kann die Fähigkeit zur Produktion und Interpretation von einfachen Versuchsanordnungen bei pädagogischen Fachkräften erwartet werden sowie die Fähigkeit zur Interpretation und Konstruktion einfacher in den Naturwissenschaften verwendeten Darstellungsformen wie Tabellen, Balkendiagrammen und Koordinatensystemen.

In Anlehnung an die Zieldimensionen zum wissenschaftlichen Denken und Vorgehen auf Kinderebene (Kapitel 2.2) werden folgende Konkretisierungen der angesprochenen Bereiche vorgenommen:

Bei den ersten beiden Komponenten **„Bewusst erfahren und beobachten“** sowie **„Erfahrungen beschreiben und festhalten“** handelt es sich um grundlegende Anforderungen an die kognitive Verarbeitung von Sinneseindrücken, die bei pädagogische Fachkräften auf einem angemessen hohem Niveau vorausgesetzt werden können: So sollten sie dazu in der Lage sein, Naturphänomene konzentriert und fokussiert zu beobachten und ihre Beobachtungen in angemessener sprachlicher Form wiederzugeben, d.h. naturwissenschaftlich relevante Begrifflichkeiten zu verwenden.

Die Verankerung des Beobachteten in bereits Gelerntem oder Erfahrenem, indem **relevante Vergleiche oder Analogien** hergestellt werden, hängt eng mit der Beschaffenheit der konzeptuellen Wissensbasis zusammen (vgl. Kapitel 3.3). So kann man davon ausgehen, dass neue Erfahrungen in einem Inhaltsgebiet, zu dem die Person bereits Vorstellungen auf einem wissenschaftlichen konzeptuellen Niveau aufgebaut hat, deutlich häufiger mit Vergleichen hinsichtlich relevanter Merkmale und Situationseigenschaften beschrieben werden als Erfahrungen in einem Bereich, bei dem die Person noch wissenschaftliche Fehlvorstellungen hinsichtlich Funktionsweise und physikalischer Mechanismen hält. Die pädagogische Fachkräfte sollten also in der Lage sein, in dem Inhaltsgebiet, welches für Lernerfahrungen im Kindergarten herangezogen wird, neue Beobachtungen und Erfahrungen durch strukturelle Vergleiche mit anderen Situationen zu beschreiben. Beispielsweise sollten sie im Inhaltsgebiet „Wasser“ das Sinken eines noch nicht erprobten Gegenstands aus Metall vorherzusagen und einen Vergleich zum Schwimmverhalten von anderen metallischen Gegenständen (Vollkörpern) zu ziehen bzw. abzugrenzen zu Hohlkörpern aus Metall.

Die Komponenten **„Erwartungen bilden“**, **„Ausprobieren und Experimentieren“**, **„Erfahrungen bewerten und begründen“**, **„Erfahrungen integrieren und Abstraktionen bilden“** und **„Weiterführende Überlegungen anstellen“** der Kindebene beziehen sich auf Fachkräftebene auf Bereiche des Methodenverständnisses bzw. des wissenschaftlichen Arbeitens. Hier wird in der fachdidaktischen Literatur beispielsweise unterschieden, welche Formen

einer Experimentierkompetenz bei Schülern der Sekundarstufe zu unterscheiden sind (Schreiber, Theyßen & Schecker, 2009), wobei das Hypothesenbilden, Generieren von Versuchsanordnungen, Messen von Ergebnissen und Interpretieren von Ergebnissen auf unterschiedlichen Verständnisniveaus differenziert werden kann.

Angelehnt an die Zieldimensionen der Kindebene kann von



pädagogischen Fachkräften erwartet werden, dass ihre Handlungen in einer naturwissenschaftlichen Lernsituationen durch gezielte Vermutungen geleitet werden, welche in einfachen Versuchsanordnungen (unter Kontrolle von möglichen Einflussvariablen) überprüft werden können. Sicherlich muss hier nicht grundsätzlich von einem Wissenschaftsverständnis auf höchstem Niveau ausgegangen werden, dennoch muss von den pädagogischen Fachkräften als Ziel eine grundsätzliche Unterscheidung zwischen Hypothese, Theorie und Evidenz vorgenommen werden können:

Beim Wissenschaftsverständnis können nach Carey et al. (1989) unterschiedliche Niveaus unterschieden werden. Um die Verwendung von Versuchsanordnungen für den Wissenserwerb rechtfertigen zu können, sollten bei pädagogischen Fachkräften zumindest fortgeschrittenere Vorstellungen zum Zusammenhang zwischen Theorie, Hypothese und Evidenz und die Nutzung und Interpretation von Daten aus Experimenten bestehen. Interviewstudien zeigen, dass selbst in der Sekundarstufe II häufig noch eine unreflektierte epistemologische Position eingenommen wird, nach der wissenschaftliches Wissen auf einfache und unproblematische Art (z.B. durch direkte Beobachtung) erworben wird („knowledge unproblematic“, Carey & Smith, 1993). Eine solche Position ist gekennzeichnet durch die mangelnde Differenzierung zwischen Theorien/Hypothesen einerseits und empirischer Evidenz andererseits sowie durch ein unzureichendes Verständnis des zyklischen und kumulativen Charakters naturwissenschaftlichen Wissens (Carey, Evans, Honda, Jay & Unger, 1989).

Für pädagogische Fachkräfte sollte ein fortgeschrittenes Niveau (mindestens Level 2), auf dem Wissenschaft als die Suche nach Erklärungen angesehen wird, notwendig sein, um die Rolle von Experimenten und Versuchen in Lernanordnungen begründen und bei Lernprozessen produktiv berücksichtigen zu können. Aus dem Wissenschaftsverständnis leitet sich auch ab, welche Begründungsqualität (Zieldimension Erfahrungen bewerten und begründen) zu erwarten ist (siehe Kapitel 2.2.6 auf Kindebene). Für pädagogische Fachkräfte wird erwartet, dass sie mindestens auf relationaler Ebene die Gemeinsamkeiten von Beobachtungen als Grundlage für Begründungen heranziehen bzw. regelhafte Zusammenhänge herstellen. In Bezug auf das wissenschaftliche Denken ist zusätzlich hervorzuheben, dass die grundsätzliche Bedeutung der empirischen Evidenz (d.h. auch die Rolle des Experiments) im Denken und Handeln der pädagogischen Fachkräfte erkennbar sein sollte. Dies bedeutet, dass bei Begründungen grundsätzlich ihre empirische Überprüfung bzw. Überprüfbarkeit hinterfragt wird und solche Begründungen auf relationaler oder regelhafter Ebene auch deshalb auftreten und als höherwertig angesehen werden, weil sie auf empirischen Daten beruhen.

Messung:

Insgesamt stellt sich für den Bereich des wissenschaftlichen Denkens auf Ebene der pädagogischen Fachkräfte die Frage nach den Instrumenten zur Erfassung von Teilaspekten anders als auf der Kindebene. Es ist davon auszugehen, dass einige der Teilkomponenten in übergreifende konzeptuelle Strukturen integriert sind und - anders als bei jungen Kindern - zu einem grundsätzlichen Verständnis der Rolle der Wissenschaft beitragen, welches handlungsleitend wird. Dennoch können Aspekte des wissenschaftlichen Vorgehens z.B.

im Sinne von Experimentierkompetenzen vermutlich auch getrennt erhoben werden.

Das Wissen über Naturwissenschaften (Wissenschaftsverständnis und Methodenwissen) auf Seiten von Lehrenden ist in der Forschung bisher wenig thematisiert worden. Hier werden aktuell im Projekt Science-P (Möller, Sodian, Hardy, Koerber & Schwippert) Instrumente für Grundschullehrkräfte entwickelt, die zur Erfassung des Wissenschaftsverständnisses und des Wissens zur fachdidaktischen Umsetzung von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen dienen sollen. Bei der Einschätzung des Wissenschaftsverständnisses kann dabei auf eine international erprobte Skala (SUSSI; Liang, Chen, Chen, Kaya, Adams, Macklin & Ebenezer, 2006) zurückgegriffen werden. Der Bereich des fachdidaktischen Wissens zu naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen / Wissenschaftsverständnis ist wenig erforscht, so dass unklar ist, inwieweit es sich hier um eine eigene Dimension handelt. Insgesamt muss auch geprüft werden, inwieweit die wenigen vorhandenen Instrumente auch für pädagogische Fachkräfte valide sind.

Zur Erfassung der Evidenznutzung bzw. der Begründung von Aussagen durch empirische Daten liegen erste Erkenntnisse vor (z.B. Furtak et al., 2010 im Themenheft von Educational Assessment: Evidence-Based Reasoning in School Science) die sich im Wesentlichen auf Kodierverfahren für Unterrichtssituationen beziehen; eine Übertragung dieser Kategorien auf Interviews mit pädagogischen Fachkräften ist jedoch denkbar.

3.3 Naturwissenschaftliches Wissen und fachdidaktisches Wissen

Ilonca Hardy und Mirjam Steffensky

In Anlehnung an Shulman (1987) gibt es einen relativ weitgehenden Konsens darüber, Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen als die zentralen Bereiche des Professionswissens von Lehrpersonen anzunehmen (Bromme, 1997; Baumert & Kunter, 2006). Vom Professionswissen nicht immer abgrenzbar sind Vorstellungen, z.B. über die Struktur des zu unterrichtenden Wissensgebietes oder Vorstellungen zum Lehren und Lernen. Wissen ist jedoch abzugrenzen von beobachtbarem Handeln in der realen Lehr-Lern-Situation („knowledge in action“). So kann eine Person beispielsweise ein hohes fachdidaktisches Wissen über Vermittlungsstrategien aufweisen und trotzdem in der konkreten Situation nicht entsprechend handeln, weil diagnostische Fähigkeiten nicht eingesetzt werden oder bestimmte situative Einschränkungen vorliegen.

Instrumente zur Erfassung des Professionswissens unterscheiden sich augenscheinlich in ihrer Nähe zum Handlungskontext; ob aber z.B. Paper-Pencil-Tests grundsätzlich als weniger handlungsnah einzustufen sind als Tests, die z.B. mit Video-Vignetten arbeiten, ist unklar. Letztendlich lässt sich didaktisches Handeln nur durch Beobachtung konkreter Situationen erfassen. Entsprechende Rating-Instrumente gibt es zum Beispiel zur Erfassung der Quantität und Qualität bestimmter pädagogischer Interaktionen (Sustained-Shared

Thinking: Siraj-Blatchford et al., 2003; Siraj-Blatchford & Manni, 2008; Hopf 2011; König 2006, vgl. auch Instrumente aus der Unterrichtsforschung, z.B. Rakoczy & Pauli, 2006, Kobarg & Seidel, 2003; Kunter, 2005).

3.3.1 Naturwissenschaftliches Fachwissen

Fachwissen kann als eine Grundvoraussetzung für die Gestaltung von Lernangeboten gesehen werden; dieses beinhaltet konzeptuelles Wissen über Zusammenhänge und die Struktur des Faches. Da Lehrpersonen aufgrund der sachlogischen Struktur des Inhalts didaktische Konzeptionen entwickeln sollen, muss ihr Fachwissen über das Wissen hinausgehen, das sie unterrichten, beispielsweise in dem Sinn, dass die Inhalte der angrenzenden Bildungsstufe bekannt sind und einbezogen werden können. Welches Fachwissen Lehrpersonen im Elementarbereich benötigen, ist in der Forschung noch nicht aufgearbeitet worden. In der internationalen Diskussion wird darauf hingewiesen, dass auch Lehrpersonen im Bereich der frühkindlichen Bildung eine solide Fachwissensbasis in den grundlegenden naturwissenschaftlichen Themen benötigen (Garbett, 2003).

Im Unterschied zur Kinderebene wird beim Bereich Naturwissenschaftliches Wissen auf Fachkratebene vorausgesetzt, dass im Umgang mit der Domäne (beispielsweise dem Inhaltsbereich „Wasser“) bereits sowohl **grundlegende als auch strukturierte Erfahrungen** gemacht wurden sowie die Fähigkeit vorhanden ist, die entsprechenden **Konzepte mit Worten angemessen zu beschreiben**. Diese Elemente werden also in der folgenden Tabelle nicht aufgenommen; es geht vielmehr darum, das zu erwartende konzeptuelle Verständnis auf Fachkratebene zu beschreiben, welches auf wissenschaftlich-beschreibendem Niveau sein sollte.

Das **Wissen über grundlegende Konzepte** umfasst Zusammenhänge zwischen Konzepten, die Zuordnung zu grundlegenden Konzepten des Grundschulcurriculums sowie die Struktur des Faches. Pädagogische Fachkräfte sollten in der Lage sein, konzeptuelle Umstrukturierungen von naiven Vorstellungen hin zu einfachen alltagstauglichen Vorstellungen auf Kindebene anzuregen und zu begleiten.

Hierfür benötigen sie ein konzeptuelles Wissen, welches mindestens den Zielvorstellungen für Kinder des Grundschulalters und in Ansätzen denen des naturwissenschaftlichen Anfangsunterrichts der weiterführenden Schulen entspricht, d.h. auf einem „vorwissenschaftlichen“ Verständnisniveau abgebildet wird. Dies ist relationales Wissen, das nicht direkt sichtbare Zusammenhänge einschließt und die Regelmäßigkeit von Phänomenen mit evidenzbasierten, ökonomischen Erklärungen beschreibt. Komplexeres Wissen und Erklärungen, z.B. differenzierte Teilchenmodelle, sind darin nicht enthalten. Beispielsweise sollten sie im Bereich Schwimmen und Sinken nicht nur eine Materialvorstellung (als alltagstaugliche Vorstellung) in die Gestaltung von Lernumgebungen einbringen, sondern auch die Zusammenhänge mit relativer Dichte und Auftrieb kennen und erkennen. Dies bedeutet nicht, dass ein Formelwissen vorhanden sein muss, aber dass, ähnlich wie für Grundschul Kinder, mindestens ein für dieses Formelwissen anschlussfähiges Wissen vor-

handen sein sollte. Gleichzeitig sollte die Rolle der empirischen Evidenz bzw. der Nutzung von Versuchen und Experimenten für die Produktion und Überprüfung dieses Wissens bekannt sein, was sich in der *Begründung* von Aussagen auf relationaler Ebene, d.h. durch die Herstellung von Zusammenhängen zwischen Einzelbeobachtungen äußert (siehe auch Kapitel 3.2, Messung).

Exemplarische Konkretion am Inhaltsbereich Wasser

Tabelle 3: Fachwissen pädagogischer Fachkräfte zum Inhaltsbereich „Wasser“

Grundlegende Konzepte	<i>Dichte</i> Das Schwimmen und Sinken von Gegenständen ist nicht abhängig von ihrer Größe, ihrem Gewicht, Aspekten der Form (z.B. davon, ob sie Löcher haben) oder davon, ob sie Luft enthalten. Dinge, die leichter sind als genauso viel Wasser, schwimmen; Dinge, die schwerer sind als genauso viel Wasser, sinken. (Dinge, die eine geringere Dichte als Wasser haben, schwimmen; Dinge, die eine größere Dichte als Wasser haben, sinken)	<i>Auftrieb</i> Das Wasser drückt gegen alle eingetauchten Gegenstände; je größer das Volumen eines Gegenstands, desto stärker drückt das Wasser ihn nach oben / desto größer die Auftriebskraft. Das Schwimmen und Sinken kann durch einen Kräftevergleich erklärt werden: Wenn die Auftriebskraft größer ist als die Gewichtskraft, dann schwimmt ein Gegenstand. Wenn die Auftriebskraft kleiner ist als die Gewichtskraft, dann sinkt ein Gegenstand.	<i>Verdrängung</i> Das von einem Gegenstand verdrängte Wasser ist abhängig von seinem Volumen.
Grundlegende Konzepte	<i>Schmelzen / Gefrieren</i> Wasser kann wie auch andere Stoffe in drei verschiedenen Zuständen fest, flüssig und gasförmig vorliegen. Diese unterscheiden sich in ihren Eigenschaften. Die Form von Wasser im festen Zustand ist beständig, während sie im flüssigen Zustand flexibel ist, sie passt sich also dem umgebenden Raum an	<i>Verdunsten / Verdampfen und kondensieren</i> Im gasförmigen Zustand sind die Form und auch das Volumen von Wasser nicht beständig, das heißt, dass gasförmiges den umgebenden Raum völlig ausfüllt. Das, was alltags-sprachlich als Wasserdampf, z.B. über einem Topf mit kochendem Wasser, bezeichnet wird, ist tatsächlich kondensiertes Wasser.	

Grundlegende Konzepte	Schmelzen beschreibt den Übergang vom festen Zustand in den flüssigen Zustand. Gefrieren ist der umgekehrte Prozess. Schmelzen und Gefrieren sind reversible, unter anderem durch die Temperatur beeinflussbare Prozesse. Jeder Stoff hat eine charakteristische Schmelztemperatur.	Verdunsten / Verdampfen beschreibt den Übergang vom flüssigen zum gasförmigen Zustand. Das Wasser verschwindet dabei nicht, sondern ist als unsichtbarer Wasserdampf in der Luft enthalten (Erhaltung von Materie). Kondensieren ist der umgekehrte Prozess. Verdunsten/Verdampfen und kondensieren sind reversible, unter anderem durch die Temperatur beeinflussbare Prozesse. Jeder Stoff hat eine charakteristische Siedetemperatur.	
------------------------------	---	---	--

3.3.2 Fachdidaktisches Wissen

Fachdidaktisches Wissen beschreibt das Wissen, das Lehrpersonen benötigen, um Lernenden das Fachwissen zugänglich zu machen. Als besonders relevant wird das **Wissen über Kindervorstellungen** sowie das **Wissen über Instruktionsstrategien** angesehen (Shulman, 1986; Grossman, 1990).

Unter Instruktionsstrategien verstehen die Autorinnen der Expertise an dieser Stelle insbesondere Strategien zur Strukturierung von Lernsituationen und didaktischen Aufbereitung von Materialien. Ausgehend von den Zieldimensionen auf Seiten der Kinder ist also ein didaktisches Wissen für die Herstellung von Gelegenheiten für grundlegende und strukturierte Erfahrungen nötig, welche wiederum in den Aufbau und Differenzierung von konzeptuellem Wissen münden sollen. Pädagogische Fachkräfte benötigen hierfür sowohl ein Repertoire an relevanten Alltagssituationen bzw. Versuchsanordnungen, welche die konzeptuellen Inhalte auf unterschiedliche Weise erfahrbar machen (z.B. im Sinne von Phänomenkreisen nach Spreckelsen) als auch ein Wissen darüber, welche Vorstellungen Kinder vermutlich in diesen Lernsituationen einbringen werden (im Sinne von Präkonzepten).

Das Wissen um die kindlichen Vorstellungen sollte bei pädagogischen Fachkräften auch damit einhergehen, dass sie selbst eine konstruktiv-aktive Rolle im Lernprozess einnehmen, beispielsweise dadurch, dass Lernarrangements durch die Möglichkeit zu Vergleichen oder die Nutzung von Gegenevidenz so strukturiert werden, dass eine konzeptuelle Weiterentwicklung angeregt wird. Die interaktive Gestaltung dieses Lernprozesses im Sinne von Scaffolding-Techniken (zum Scaffolding siehe z.B. Einsiedler & Hardy, 2010; Punktambekar & Hübscher, 2005) bzw. der Aufrechterhaltung von sozial geteilten kognitiven Prozessen („sustained shared thinking“, Siraj-Blatchford et al., 2003) stellt einen weiteren wichtige Facette professioneller Kompetenz dar.

Inwieweit es sich hierbei um einen empirisch validierten Teilbereich der Komponente „Instruktionsstrategien“ des fachdidaktischen Wissens handelt oder aber um einen Bereich der professionellen „Handlungskompetenz“, welcher ausschließlich in der konkreten Gestaltung von Lernsituationen messbar ist, ist sowohl für Grundschullehrkräfte als auch für frühpädagogisches Fachpersonal nicht geklärt. Anzunehmen ist, dass die Umsetzung von Lernangeboten auch durch allgemeine Einstellungen (im Sinne von Überzeugungen, Haltungen) zum Lehren und Lernen beeinflusst ist. Für das Wissen und die Motivation der Kinder sind konstruktivistisch-orientierte Einstellungen wünschenswert, während „praktizistische“ („hands-on, aber nicht minds-on“) oder „laissez faire“-Einstellungen (starke Betonung selbstgesteuerten Lernens und Ablehnung von Unterstützungsmaßnahmen durch die Lehrkraft) wenig hilfreich sind (z.B. Kleickmann, 2008). Im Bereich fachdidaktisches Wissen ergeben sich Überschneidungen mit den Zieldimensionen auf Fachkräfteebene, welche die motivationalen Orientierungen und Einstellungen zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten umfassen (vgl. Kapitel 3.1 und 3.4).

Exemplarische Konkretion am Inhaltsbereich Wasser

In der folgenden Tabelle 4 ist das fachdidaktische Wissen zum Inhaltsbereich Wasser aufgeführt. Dabei wird differenziert in Wissen über Vorstellungen von Kindern zum Inhaltsbereich und Instruktionsstrategien. Zusätzlich werden typische Begriffe und Umschreibungen von Kindern aufgeführt, die pädagogische Fachkräfte kennen sollten. Die Tabelle 4 erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, es werden lediglich einige exemplarische Begriffe genannt bzw. Bezüge hergestellt.

***Tabelle 4:** Fachdidaktisches Wissen pädagogischer Fachkräfte zum Inhaltsbereich „Wasser“*

Begriffe, Umschreibungen	
Vorstellungen	fest, hart, kalt, flüssig, weich, warm, kann man gießen, umschütten, flüssig werden, zu Wasser werden, schmelzen, (auf)tauen fest werden, zu Eis werden (ein)frieren, (gefrieren) unsichtbar, wie Luft, kann man nicht greifen/anfassen in die Luft gehen, zu Luft werden, zu Dampf/Nebel werden, trocknen, kochen (im Sinne von sieden) beschlagen, wieder zu Wasser werden
	Schmelzen ist für die meisten Kinder leichter zu verstehen als der Vorgang des Verdampfens. Kondensationsprozesse sind noch schwieriger zu verstehen und zu deuten, sodass diese explizit nur bei sehr leistungsstarken oder interessierten Kindern angesprochen werden sollten.

Vorstellungen	Alltagssituationen, in denen Kinder den Vorgang des Schmelzens/Gefrierens und Verdampfen/Kondensieren erfahren/beobachten können und die als Lerngelegenheiten genutzt werden können: • Eis, Schneemann, Eiszapfen, Eiswürfel, Käse auf der Pizza, Butter in der Pfanne usw. • Wäsche trocknen, Haare föhnen, Pfützen verschwinden, Wasser kochen, beschlagener Spiegel, Fenster, Atemluft im Winter usw. Typische Vorstellungen, die nicht anschlussfähig sind, sind: • bei Eis und Wasser haben nichts miteinander zu tun, es handelt sich nicht um denselben Stoff • beim Verdunsten/ Verdampfen verschwindet das Wasser und wird zu Nichts • beim Verdunsten/Verdampfen ändert Wasser seinen Ort, aber nicht seine Form (Zustand) „Wasser sickert in den Untergrund ein“ • Kondensieren wird oft durch situationsspezifische Deutungen erklärt, z.B. das Hochspritzen von Wasser zur Erklärung von Feuchtigkeitströpfchen am Topfdeckel beim Kochen
Instruktionsstrategien	Alltagssituationen, in denen Kinder den Vorgang des Schmelzens/Gefrierens und Verdampfen/Kondensieren erfahren/beobachten können und die als Lerngelegenheiten genutzt werden können: • Eis, Schneemann, Eiszapfen, Eiswürfel, Käse auf der Pizza, Butter in der Pfanne usw. • Wäsche trocknen, Haare föhnen, Pfützen verschwinden, Wasser kochen, beschlagener Spiegel, Fenster, Atemluft im Winter usw. Einfache Versuche zum Schmelzen/Gefrieren: • Eigenschaften von Eis und Wasser vergleichen, z.B. mit Eis und Wasser in Gefrierbeuteln • Eiswürfel herstellen und an verschiedenen Orten schmelzen lassen, z.B. kaltes und warmes Wasser, heller/dunkler Ort, in der Hand etc. zum Verdampfen/Kondensieren: • Wasserabdruck von Händen auf Löschpapier beobachten, • Dinge an unterschiedlichen Orten trocknen lassen und die Zeit vergleichen, • Wasser kochen und kalten Deckel drauf halten Sequenzierung Bevor der Vorgang des Schmelzens bearbeiten, sollten Eigenschaften wie greifbar, gießbar von festen und flüssigen Stoffen am Beispiel Eis und Wasser angesprochen werden. Da der Vorgang des Schmelzens leichter zu beobachten ist, sollte der in der Regel vor dem Vorgang des Verdampfens angesprochen Kognitive Strukturierung Verwendung von Impulsen, Nachfragen und Aufgabenstellungen, die die aktive kognitive Verarbeitung von Beobachtungen in unterschiedlichen Alltagssituationen und Versuchen (siehe oben) erlaubt. Beispiele sind: – W-Fragen, insbesondere Aufforderungen zum Begründen – Impulse zum Konkretisieren und Versprachlichen – Impulse zur Übertragung von Beobachtungen auf andere Situationen – Fokussierung der Aufmerksamkeit auf wesentliche Merkmale einer Situation – Modellieren von Vorgehens- und Denkweisen

Begriffe, Umschreibungen	
Materialbezeichnungen: Holz, Styropor, Metall / Eisen, Plastik, Stein... Schweres Material, leichtes Material, leichter als..., schwerer als..., fühlt sich schwer / leicht an Auftauchen, schwimmen, nach oben kommen, untergehen, sinken, schweben / nicht richtig untergehen Wasser drückt (nach oben), drückt dagegen Wasser braucht Platz, Wasser steigt	
Vorstellungen	Typische Vorstellungen, warum ein Gegenstand schwimmt oder sinkt, die nicht anschlussfähig sind, sind: • Gewichtskonzept • Formkonzept • Lochkonzept • Luftkonzept • Größenkonzept • Antriebskonzept
Instruktionsstrategien	Alltagssituationen, in denen Kinder das Schwimmverhalten von Gegenständen beobachten können sowie relevante Erfahrungen mit Auftrieb und Verdrängung machen können, welche als Lerngelegenheiten genutzt werden können: • Schwimmverhalten von Spielzeug in der Badewanne, Steine ins Wasser werfen, Schiffe • in der Badewanne Auftrieb erfahren, in dem schwimmende Dinge unter Wasser gedrückt werden, die dann hochschnellen • im Schwimmbad den Auftrieb am eigenen Körper erfahren Alltagssituationen • beim Spielen mit Wasser beobachten, dass eingetauchte Gegenstände, das Wasser zum Überlaufen bringen • beim Spielen das Material von Gegenständen bestimmen: Was haben wir alles aus Holz, aus Metall, aus Stein...? Einfache Versuche zum Schwimmverhalten von Vollkörpern / Materialaspekt • Überprüfung des Schwimmens/Sinkens verschiedener Gegenstände, mit denen gezielt typische Vorstellungen angesprochen/widerlegt werden, z.B. Holzbrett mit Löchern, Stecknadel, mit Luft gefülltes Glas. zum Auftrieb: • Unterschiedlich große Gegenstände, die schwimmen, unter Wasser tauchen z.B. Bälle, Styropor-Bretter; unterschiedliche Hohlkörper unter Wasser tauchen zur Verdrängung: • Unterschiedlich große Töpfe oder Bälle ins Wasser tauchen und den Wasserstand vergleichen Sequenzierung: Kinder müssen zunächst an vielfältigen Beispielen erfahren, beobachten, dass Gegenstände gibt, die schwimmen und solche, die sinken. Die Erfahrungen mit dem Auftrieb des Wassers sowie grundlegende Erfahrungen zum Material können dann in einem zweiten Schritt genutzt werden, um die Aufmerksamkeit auf die möglichen ursächlichen Erklärungen für das Schwimmverhalten zu lenken: Welche Erklärungen sind nützlich / gelten für alle Gegenstände? (Die Vorstellung, dass es vom Material abhängt, ob etwas schwimmt ist anschlussfähig, da das Schwimmverhalten von der Dichte des Materials abhängt.)

Instruktionsstrategien	Kognitive Strukturierung
	Verwendung von Impulsen, Nachfragen und Aufgabenstellungen, die die aktive kognitive Verarbeitung von Beobachtungen in unterschiedlichen Alltagssituationen und Versuchen (siehe oben) erlaubt. Beispiele sind: – W-Fragen, insbesondere Aufforderungen zum Begründen – Impulse zum Konkretisieren und Versprachlichen – Impulse zur Übertragung von Beobachtungen auf andere Situationen – Fokussierung der Aufmerksamkeit auf wesentliche Merkmale einer Situation ... Modellieren von Vorgehens- und Denkweisen

Messung:

Instrumente zur direkten Erfassung des naturwissenschaftlichen Professionswissens pädagogischer Fachkräfte liegen bislang nicht vor. Gemeint ist hier eine direkte Erfassung und nicht eine Erfassung über distale Indikatoren, wie Anzahl von Fortbildungen oder ähnliches. Es gibt einige wenige Instrumente, mit denen naturwissenschaftliches Professionswissen von Grundschullehrkräften erfasst wird, die zumindest eine Orientierung für die Erfassung darstellen können.

Im Rahmen der PLUS-Studie (Fischer & Möller) wurden zwei Instrumente zur Erfassung a) des Fachwissens (Ohle, 2010) und b) des fachdidaktischen Wissens (Lange, 2010) von Grundschullehrkräften zum Thema Wasserkreislauf entwickelt. Die beiden Wissenskomponenten lassen sich empirisch als zwei distinkte Faktoren darstellen. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass beide Wissenskomponenten die Lernfortschritte der Schülerinnen und Schüler beeinflussen. Aktuell werden in dem Projekt ViU (Möller, Holodynski & Stefensky) ein Fachwissens- und Fachdidaktikwissenstest zum Thema Schwimmen und Sinken für Grundschullehrkräfte entwickelt. Ein Instrument zur Erfassung von Vorstellungen von Grundschullehrpersonen zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen findet sich bei Kleickmann (2008). Das Instrument umfasst verschiedene Skalen, mit denen konstruktivistisch-orientierte Vorstellungen und stärker transmissive Vorstellungen erhoben werden können¹⁶.

¹⁶ Je nach Forschungstradition werden epistemologische Vorstellungen von pädagogischen Fachkräften als Teilaspekt des Professionswissens oder als eigenständige Dimension aufgefasst. Aus diesem Grund werden relevante Aspekte einerseits bei der Beschreibung des fachlichen und fachdidaktischen Wissens aufgegriffen, andererseits aber auch als eigenständige Kompetenzfacetten behandelt.

3.4 Aspekte der professionellen Haltung

Yvonne Anders

Es wird angenommen, dass die professionelle Haltung die Grundstruktur jeglichen professionellen Handelns darstellt. Sie umfasst handlungsleitende Orientierungen, Werthaltungen und Einstellungen, die das Denken und Handeln pädagogischer Fachkräfte prägen. Hierzu gehören einerseits pädagogische Orientierungen, Werthaltungen und Einstellungen, andererseits aber auch Aspekte des professionellen Selbst- und Rollenverständnisses als Erzieher/-in (z.B. Robert-Bosch-Stiftung, 2011). Es fließen dementsprechend auch Persönlichkeitsmerkmale in die professionelle Haltung mit ein. Sie wird grundsätzlich als veränderbar angenommen und entwickelt sich durch biografische Selbstreflexion und die Reflexion pädagogischer Prozesse und pädagogischer Handlungen weiter. Durch ihre handlungsleitende Funktion beeinflusst sie die Prozessqualität in frühpädagogischen Einrichtungen und kann hierdurch auf die Entwicklungs- und Lernprozesse der Kinder wirken. Die genannten Aspekte der professionellen Haltung gelten neben dem Professionswissen und motivationalen Komponenten als zentrale Facetten professioneller Handlungskompetenz pädagogischer Fachkräfte.

Das Konstrukt und seine Komponenten sind sehr breit und umfassend angelegt und in der Literatur bisweilen recht unscharf definiert. Im Folgenden wird auf die Aspekte fokussiert, die für die Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Elementarbereich bzw. die Umsetzung der Initiative der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ als relevant und dementsprechend als Zieldimensionen zu bewerten sind. Es werden hierbei einerseits pädagogische Orientierungen und Einstellungen hinsichtlich der Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Elementarbereich identifiziert und differenziert. Ferner wird auf verschiedene Aspekte des professionellen Rollen- und Selbstverständnisses eingegangen.

3.4.1 Pädagogische Orientierungen und Einstellungen hinsichtlich der Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen

Unter pädagogischen Orientierungen und Einstellungen versteht man pädagogische Vorstellungen, Werte und Überzeugungen der Fachkräfte wie z.B. pädagogische Ziele und Normen, Vorstellungen über die kindliche Entwicklung sowie Aufgaben der Kindertagesstätte aus Sicht der Pädagogischen Fachkräfte (vgl. Tietze et al., 1998). Bisherige Untersuchungen zu pädagogischen Orientierungen und Einstellungen beziehen sich größtenteils auf den Primar- und Sekundarbereich. In diesen Arbeiten hat sich jedoch eine domänenspezifische Untersuchung von pädagogischen Einstellungen zum Verständnis der komplexen Zusammenhangsmuster zwischen Einstellungen, pädagogischen Prozessen und kindlicher Entwicklung als sinnvoll und notwendig erwiesen (vgl. Staub & Stern, 2002; Stipek, Givvin, Salmon & MacGyvers, 2001). Für die frühpädagogische Förderung im Bereich Naturwissenschaften sind demnach die Einstellungen, die pädagogische Fachkräfte zu Naturwissenschaften und zur Begleitung des Lernprozesses beim Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen haben, in besonderem Maße ausschlaggebend (im Vergleich zu allgemeinen und domänenübergreifenden pädagogischen Einstellungen).

Neben der Konzentration bisheriger Studien auf den Primar- und Sekundarbereich ist festzustellen, dass sich vergleichsweise wenige Studien mit Einstellungen zu Naturwissenschaften, bzw. der Vermittlung naturwissenschaftlichen Wissens beschäftigen haben. Ungleich mehr Studien existieren z.B. für den Bereich der Mathematik. Dennoch lassen sich die Forschungsansätze und theoretischen Konzepte – zumindest teilweise – gut auf die Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Elementarbereich übertragen.

Folgende Zieldimensionen lassen sich differenzieren:

a.) Konzeptuelle Einstellungen zum Wesen der Naturwissenschaften

Konzeptuell lassen sich traditionell geprägte Einstellungen über das Wesen der Naturwissenschaften von konstruktivistisch geprägten Einstellungen abgrenzen. In der traditionellen Sichtweise stellen die Naturwissenschaften ein abgeschlossenes Wissenssystem dar, das die Wahrheit widerspiegelt. Hieraus ergibt sich, dass es theoretisch möglich ist, naturwissenschaftliches Wissen vollständig zu erwerben. Konstruktivistisch geprägte Einstellungen gehen hingegen davon aus, dass naturwissenschaftliches Wissen aus der Auseinandersetzung mit der Umwelt entsteht. Naturwissenschaften erklären Zusammenhänge und Phänomene der Natur. Dementsprechend unterliegt naturwissenschaftliches Wissen ständiger Veränderung und entwickelt sich weiter (z.B. Brickhouse, 1990). Die Konzeption von Naturwissenschaften beeinflusst die eigene Auseinandersetzung mit dem Fach und dem zu Folge auch das pädagogische Handeln. Die statische, traditionelle Sichtweise legt das kleinschrittige, transmissive Einführen neuer Inhalte nahe. Die moderne, konstruktivistische Sichtweise hingegen erlaubt es, dass Kinder selbst naturwissenschaftliches Wissen entwickeln, reflektieren und fordert den kommunikativen Austausch heraus. Hierdurch erklärt sich ihr Stellenwert als Zieldimension.

b.) Epistemologische Einstellungen in Bezug auf den Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen

Eng verknüpft mit den konzeptuellen Einstellungen sind Einstellungen in Bezug auf den Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen bzw. die Begleitung des Lernprozesses. Epistemologische Einstellungen stehen in engem Zusammenhang mit dem fachdidaktischen Wissen (Kapitel 3.2) und werden in einigen theoretischen Ansätzen auch als Wissenskomponente betrachtet. Es lassen sich insbesondere behavioristisch-transmissive Überzeugungen (Kinder sind im Lernprozess Empfänger, Wissen muss vorgegeben und rezipiert werden) von konstruktivistischen Überzeugungen (Wissen wird von den Lernenden aktiv selbst konstruiert) und praktizistischen Überzeugungen (die Bereitstellung von Lernmaterial hat einen lernförderlichen Effekt) voneinander abgrenzen (Kleickmann, 2008). An diese Einstellungsfacetten schließen sich wiederum Einstellungen in Bezug auf die Adaptivität bei der Gestaltung von Lernprozessen an. So kann eine pädagogische Fachkraft eher entwicklungspsychologisch orientierte Einstellungen haben, dann sollten sich die Lernprozesse an der individuellen Entwicklung des Kindes orientieren. Demgegenüber stehen Überzeugungen, bei denen sich die Lernprozesse an fachlichen Standards orientieren.

Eine entwicklungspsychologisch orientierte, konstruktivistische Einstellung, bei der das Lernen außerdem an den Vorstellungen und der Erfahrungswelt des Alltags der Kinder anknüpft, kann als Zieldimension angesehen werden.

c.) Einstellungen in Bezug auf den Stellenwert früher naturwissenschaftlicher Bildung

Bisherige Untersuchungen zum Stellenwert verschiedener Förderbereiche im Kindergartenalltag und diesbezüglichen Einstellungen pädagogischer Fachkräfte weisen darauf hin, dass die Förderung akademischer Fähigkeiten im Vergleich zur Förderung sozio-emotionaler, musischer oder motorischer Fähigkeiten eine geringere Bedeutung beigemessen wird (Tietze et al., 2008). Die Förderung akademischer Fähigkeiten stellt einen Bildungsbereich dar, der von vielen pädagogischen Fachkräften in Deutschland im Primar- und Sekundarbereich, nicht aber schon im Elementarbereich verortet wird. Innerhalb der akademischen Fähigkeiten wird oftmals die Förderung sprachlicher Kompetenzen im Vergleich zu mathematischen oder naturwissenschaftlichen Kompetenzen priorisiert.

Eine Zieldimension der Initiative der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ stellt es dar, naturwissenschaftlicher Förderung im Elementarbereich einen angemessenen Stellenwert im Kontext anderer Förderbereiche zu verleihen. In den meisten Fällen wird ein „angemessener“ Stellenwert eine Steigerung im Vergleich zur Ausgangssituation darstellen.

d.) Einstellungen dazu, welche naturwissenschaftlichen Kompetenzen bei Kindergartenkindern zu fördern sind

Naturwissenschaftliche Förderung im Kindergarten bedeutet nicht ein Vorziehen des Grundschulstoffs, sondern eine altersangemessene bzw. entwicklungsangemessene Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Sinne der vorgestellten Zieldimensionen auf Kindebene. Pädagogische Fachkräfte, die in Kindertagesstätten der Initiative „Stiftung Haus der kleinen Forscher“ arbeiten, sollten dementsprechend die Zielkompetenzen in dieser Weise verinnerlicht haben und weder zu geringe noch zu hohe Ansprüche an den Kompetenzerwerb der Kinder stellen.

Messung:

Pädagogische Orientierungen und Einstellungen pädagogischer Fachkräfte wurden bereits in verschiedenen empirischen Forschungsprojekten auch im deutschsprachigen Raum thematisiert (z.B. Kluczniok, Anders & Ebert, 2011; Kuhn et al., 2012; Mischo, Wahl, Hendler & Strohmer, 2012; Thiel, 2010; Tietze et al., 1998). Es existieren auch fragebogenbasierte Instrumente zur Erfassung von pädagogischen Orientierungen und Einstellungen. Diese Projekte fokussieren allerdings nicht alle auf naturwissenschaftliche Bildung. Auf der anderen Seite existieren internationale Arbeiten zu Teilfacetten der beschriebenen Einstellungen und Orientierungen (Cho et al., 2003; Erden & Sönmez, 2011; Faulkner-Schneider, 2005). Insgesamt lässt sich folglich feststellen, dass Instrumente existieren, die für eine Erfassung im Kontext der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ aber noch entsprechend abgewandelt und weiter entwickelt werden müssten.

3.4.2 Aspekte des professionellen Rollen- und Selbstverständnisses

In Bezug auf die professionelle Haltung werden über die beschriebenen Einstellungsaspekte hinaus noch weitere Zieldimensionen vorgeschlagen, die sich auf Aspekte des professionellen Rollen- und Selbstverständnisses beziehen und auch Persönlichkeitsmerkmale berühren. Sie werden beispielsweise im

kürzlich erschienenen Überblick zu Qualifikationsprofilen in Arbeitsfeldern der Pädagogik der frühen Kindheit (Robert-Bosch Stiftung, 2011) als wichtige professionelle Kompetenzen pädagogischer Fachkräfte beschrieben und auch im Kontext der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ als bedeutsam erachtet.

a.) Reflexionsfähigkeit

Pädagogische Fachkräfte reflektieren und bewerten ihre eigene Rolle, pädagogische Konzepte und ihr eigenes pädagogisches Handeln kritisch und konstruktiv. Die Reflexion ist getrieben von dem Willen zur Verbesserung des eigenen pädagogischen Handelns.

b.) Offenheit

Pädagogische Fachkräfte sind sich selbst, anderen und der Welt gegenüber offen und lassen sich auf offene Arbeitsprozesse ein. Sie können mit Ungewissheit im professionellen Handeln umgehen.

c.) Forschende Haltung

Pädagogische Fachkräfte eignen sich einen forschenden Habitus an, d.h., sie sind auf der Grundlage von Methodenkompetenz in der Lage, sich systematisch mit forschendem, entdeckendem Blick auch vertrauten Situationen zuzuwenden, Situationen in ihrer Komplexität zu erfassen, zu beschreiben, zu interpretieren und zu reflektieren (Nentwig-Gesemann, 2007).

d.) Entwicklung der Professionalität

Pädagogische Fachkräfte sind in der Lage, ihren Weiterbildungsbedarf zu erkennen, zu organisieren und nachhaltig zu gestalten. Sie verfügen über eine ausgeprägte Lernkompetenz, durch die sie die Entwicklung ihrer Professionalität als lebenslangen Prozess verstehen. Sie haben sowohl die Bereitschaft wie auch die Einsicht in die Notwendigkeit zur Weiterbildung und zur Aktualisierung des eigenen fachlichen Wissens und Könnens.

e.) Kooperationsfähigkeit

Pädagogische Fachkräfte haben die Fähigkeit und den Willen zur Kommunikation, Interaktion und Kooperation mit Akteuren des professionellen Umfelds bzw. relevanten Akteuren bei der Umsetzung von Angeboten des „Hauses der kleinen Forscher“. Darüber hinaus verfügen sie über die Fähigkeit, Fachkolleginnen und Fachkollegen sowie Adressatengruppen (wie Eltern, Berufspraktikantinnen und Berufspraktikanten) fachliche Inhalte zu vermitteln.

Messung:

Einzelne Aspekte der beschriebenen Facetten wurden bereits in vornehmlich qualitativen Studien untersucht (z.B. Behr & Welzel, 2009; Welzel & Zimmermann, 2007; Tröschel, 2006). Diese und ähnliche Instrumente könnten ggf. als Ausgangspunkt für eine Neuentwicklung genutzt werden, müssten aber auf die spezifischen Fragestellungen im Rahmen der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ angepasst werden.



4. Fazit und Empfehlungen

Yvonne Anders, Ilonca Hardy, Sabina Pauen und Mirjam Steffensky

In den vorherigen Kapiteln wurden inhaltliche Zieldimensionen für die frühe naturwissenschaftliche Bildung mit ihrer theoretischen Fundierung beschrieben und existierende Instrumente zur Erfassung dieser Dimensionen zusammengestellt. Das zugrunde gelegte Kompetenzkonzept ist sehr breit, so dass eine umfassende Studie, in der das ganze Spektrum an möglichen Zieldimensionen gebündelt untersucht wird, technisch kaum umsetzbar ist. Darüber hinaus zeigt sich sowohl für die Zieldimensionen auf Ebene der Kinder als auch für die Zieldimensionen auf Ebene der Fachkräfte, dass Instrumente für zentrale Konstrukte bislang noch nicht existieren und folglich zunächst entwickelt werden müssten. Die Entwicklung reliabler und valider Instrumente kann sehr zeit- und kostenintensiv sein. Aus diesen Gründen wird in diesem Kapitel für alle Bereiche eine Priorisierung innerhalb der Zieldimensionen vorgenommen. Hierbei wird sowohl eine theoretische Gewichtung vorgenommen, in dem Sinne, dass solche Dimensionen als prioritär erachtet werden, denen eine hohe theoretische Bedeutsamkeit zukommt, bzw. bei denen vergleichsweise hohe und eindeutige Effekte zu erwarten sind. Darüber hinaus werden Aspekte der Messbarkeit und Messeffizienz berücksichtigt. Es werden Empfehlungen für potenzielle Instrumente bzw. Instrumententwicklungen zugespitzt. Die Darstellung folgt der Gliederung der vorangehenden Kapitel. Im Anschluss folgen schließlich allgemeine Empfehlungen für mögliche Studien.

4.1 Priorisierung der Zieldimensionen für Kinder und Fachkräfte

Zieldimensionen Kinder (Outcomevariablen)

a.) Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit

Die dargestellten **motivationalen und emotionalen Aspekte** werden als inhaltlich und theoretisch hoch relevante Zieldimensionen eingeschätzt. Allerdings unterscheiden sich die dargestellten Facetten in ihrer Eignung für eine wissenschaftliche Wirkungsstudie. Einerseits ist hier der Gesichtspunkt der differenzierten Messbarkeit zu berücksichtigen, andererseits auch die Frage, inwieweit praktisch relevante Effekte auf den jeweiligen Unterdimensionen zu erwarten sind. Je jünger die Kinder sind, desto eher ist von einer natürlichen Begeisterung für alles Neue auszugehen, so dass messbare Effekte durch die Angebote der Stiftung kaum realistisch sind. Ferner lassen sich die Dimensionen Begeisterung, Freude und Interessiertheit umso schwerer trennen, je jünger die Kinder sind. Denkbar ist eine erhebungseffiziente Messung dieser Aspekte bei Kindern, die sich am Ende der Kindergartenzeit befinden. Eine Wirkungsmessung sollte hierbei auf das zeitlich stabilere *Interesse für Naturwissenschaften* fokussieren.

Darüber hinaus erscheint die Selbstwirksamkeitserwartung als Komponente, die nicht nur theoretisch hoch relevant ist, sondern bei der auch programm-spezifische Effekte zu erwarten sind. Man könnte hier existierende Fragebogenverfahren für Kinder im Grundschulalter (z.B. Martinelli et al., 2009) als

Ausgangspunkt für eine Entwicklung von Interviewverfahren für Kinder im Kindergartenalter nutzen. In Bezug auf das Interesse der Kinder ist auch zu berücksichtigen, dass Eltern bzw. pädagogische Fachkräfte hier wertvolle Informationsquellen sein können, die z.B. Auskunft darüber geben können, in welchem Umfang sich Kinder mit Naturphänomenen, Experimenten oder spezifischen Spielen beschäftigen. Hier wäre entsprechend die Entwicklung von Fragebögen für Eltern bzw. pädagogischen Fachkräften anzudenken, die spezifisch auf die Inhalte der Angebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ abgestimmt sind.

b.) Wissenschaftliches Denken und Vorgehen

Das **naturwissenschaftlichen Denken und Vorgehen** wird als theoretisch und inhaltlich hoch relevante Zieldimension gewertet. Von besonderer Bedeutung dürften dabei jene Fähigkeiten sein, die für naturwissenschaftliches Vorgehen charakteristisch sind, wie etwa die Formulierung von Erwartungen, die systematische Variation relevanter Dimensionen und der Versuch, neue Erfahrungen in bestehende Wissenssysteme zu integrieren (Vergleiche anzustellen, nach Erklärungen zu suchen). Als prioritär werden die Dimensionen *Erwartungen bilden und Vermutungen aussprechen, Ausprobieren und experimentieren und Erfahrungen bewerten und begründen* erachtet.

Allgemein ist festzustellen, dass bislang noch keine standardisierte Erfassung von Fortschritten im naturwissenschaftlichen Denken und Vorgehen von Kindern in der Kita möglich ist, weil das entsprechende diagnostische Instrumentarium fehlt. Auch wenn vereinzelt Vorstöße zur Bereitstellung entsprechender Verfahren gemacht wurden (z.B. Kita-Nawi, Pauen & Pahnke, 2009; SLA Test Samarapungavan, Mantzicopoulos, Patrick & French, 2009), kann eine umfassende Bewertung der Effekte von Bildungsprogrammen im naturwissenschaftlichen Bereich auf Kinder (und damit auch im Kontext der Initiative „Haus der kleinen Forscher“) erst gelingen, wenn Veränderungen beim Kind in vielen unterschiedlichen Verhaltensparametern parallel erfasst und ausgewertet werden können. Dabei liegt es nahe, das Verhalten des Kindes in semi-standardisierten Experimentiersituationen zu filmen und entsprechende Videosequenzen als Rohdaten zu verwenden, um die ökologische Validität der Messung zu gewährleisten.

Wichtige Zukunftsaufgaben für die Forschung bestehen folglich darin, (a) geeignete Situationen zu beschreiben, in denen sich das kindlichen Denken und Vorgehen in vielfältiger Form zeigen kann, (b) Rahmenbedingungen klar zu definieren, unter denen Video-Sequenzen aufgenommen werden können, (b) ein standardisiertes Kodierungsschema zur Auswertung entsprechender Video-Sequenzen bereitzustellen, das möglichst viele der in dieser Expertise genannter Aspekte aufgreift und eine möglichst objektive Erfassung der interessierenden Parameter erlaubt, (c) Interviewfragen für pädagogische Fachkräfte oder/und Eltern zu konzipieren, die ergänzend Aufschluss über das naturwissenschaftliche Denken und Vorgehen von Kindern außerhalb der standardisierten Situation liefern können, sowie (d) Auswertungsschemata für Verhaltensprodukte (z.B. Zeichnungen oder anderen Formen der Dokumentation eigener Auseinandersetzung mit einem Naturphänomen) zu entwickeln. Liegt ein standardisiertes Verfahren zur Messung solcher Veränderungen bei Kindern vor, können mit seiner Hilfe wertvolle neue Erkenntnisse über die

Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens und Vorgehens und seine Förderung gewonnen werden.

Geht man von der Prämisse aus, dass wissenschaftliches Denken und Vorgehen sich in unterschiedlichsten Kontexten zeigt, so scheint die Auswahl eines Themengebietes beliebig – solange sichergestellt ist, dass sich Kinder der untersuchten Altersgruppe grundsätzlich dafür interessieren.

c.) Naturwissenschaftliches Wissen

Bei einer zusammenfassenden Beurteilung der beschriebenen Facetten des **naturwissenschaftlichen Wissens** erscheint uns die Ausprägung der naturwissenschaftlichen Konzepte als der wichtigste Indikator für die Qualität naturwissenschaftlichen Wissens auf Seiten des Kindes. Die naturwissenschaftlichen Konzepte wurden beschrieben als grundlegende, anschlussfähige Konzepte in den wichtigen Domänen früher naturwissenschaftlicher Bildung. Exemplarisch wurden diese konkretisiert am Thema „Wasser“. Ein Aufbau anschlussfähiger Konzepte beinhaltet dabei in den meisten Fällen die Umstrukturierung bzw. Ausdifferenzierung von naiven Vorstellungen und kann verstanden werden als begründetes Zusammenhangswissen, welches die Formulierung von Beziehungen zwischen Zuständen erlaubt.

In ähnlicher Weise wie beim wissenschaftlichen Denken und Vorgehen zeigt sich ein Entwicklungsbedarf an standardisierten und validen Instrumenten zur Erfassung des naturwissenschaftlichen Wissens von Kindern dieser Altersstufe. Nutzt man bereits vorhandene Instrumente (z.B. der NEPS-Test, Scientific-Literacy-Test oder SNaKE-Test oder die Interviews zum Schwimmen/Sinken-Interviews von Leuchter et al. 2010) muss geklärt werden, wie eng diese im Zusammenhang mit den Haus der kleinen Forscher-Aktivitäten stehen, ob sie also überhaupt Treatment-sensitiv sein können. Gegebenenfalls müssen die vorhandenen Instrumente dann weiterentwickelt werden, sodass sie stärker auf die Haus-der-kleinen-Forscher-Aktivitäten abgestimmt sind. Auch muss die Frage gestellt werden, inwiefern man eine thematische Breite testen möchte oder eher in ausgewählten Bereichen detailliertere Erkenntnisse gewinnen möchte. Die Entwicklung der Instrumente für das Wissen von Kindern stellt eine große Herausforderung dar, ein Verzicht darauf ist aber angesichts der Bedeutung der Wissenskomponente nicht ratsam.

Da die Entwicklung von Konzepten eng verbunden ist einerseits mit Mitteln des sprachlichen Ausdrucks und andererseits mit der Möglichkeiten der Erfahrungsbildung (im Sinne von grundlegenden und strukturierten Erfahrungen), kann durch die Erfassung der naturwissenschaftlichen Konzepte die Zieldimension naturwissenschaftliches Wissen auf Seiten des Kindes hervorragend dargestellt werden. Des Weiteren ermöglicht die Fokussierung der naturwissenschaftlichen Konzepte einen Anschluss an die internationale entwicklungspsychologische und fachdidaktische Forschung zu Konzeptwechselprozessen in naturwissenschaftlichen Domänen sowie an bestehende Instrumente zum naturwissenschaftlichen Wissen im Elementarbereich zum Thema Wasser.

d.) Basiskompetenzen

Die beschriebenen **Basiskompetenzen** sollten im Rahmen einer Wirkungsmessung lediglich die Funktion von Kontroll- bzw. Moderatorvariablen ha-

ben. Für diese Funktion erscheint der Rückgriff auf existierende Verfahren sinnvoll und hinreichend. Um Effekte der Angebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ abzusichern bzw. von der Entwicklung anderer Kompetenzbereiche abzugrenzen, wäre die Erfassung *allgemeiner kognitiver Fähigkeiten*, *sozialer Fähigkeiten* und *sprachlicher Fähigkeiten* sinnvoll bzw. am wichtigsten. Zur Messung allgemeiner kognitiver Fähigkeiten könnte z.B. auf einzelne Skalen der Kaufman Assessment Batterie (Melchers & Preuss, 2009) zurückgegriffen werden, für die Erhebung sozialer Fähigkeiten hat sich der SDQ (Goodman, 1997) bewährt. Hierbei erscheinen die Skalen „Verhaltensprobleme mit Gleichaltrigen“ und „prosoziales Verhalten“ im Kontext der Angebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ in besonderem Maße relevant. Zur Erfassung sprachlicher Fähigkeiten könnte der Wortschatz als ein Indikator mit erhoben werden. Hierfür hat sich z.B. der PPVT (Dunn & Dunn, 2007) in verschiedenen Studien bewährt.

Zieldimensionen Pädagogische Fachkräfte (Outcomevariablen)

Auf der Ebene des Fachpersonals gibt es insgesamt weniger Vorarbeiten zur Erfassung der beschriebenen Kompetenzen. Dieses betrifft in besonderem Maße die verschiedenen Wissenskomponenten, die allerdings als theoretisch außerordentlich bedeutsam erachtet werden.

a.) Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit

Hinsichtlich der beschriebenen emotionalen und motivationalen Aspekte ist in Bezug auf das Interesse an naturwissenschaftlichen Inhalten anzunehmen, dass dieses stark durch zuvor bestehende Interessen geprägt ist, so dass programmspezifische Effekte ggf. eher schwer zu messen sind bzw. nicht in unmittelbarem Zusammenhang zum professionellen Handeln stehen. Programmspezifische Effekte und ein direkter Zusammenhang zum Handeln sind eher bei den Facetten zu erwarten, die sich auf das professionelle Tun beziehen, also beim *Enthusiasmus* in Bezug auf die Gestaltung von naturwissenschaftlichen Lernprozessen und insbesondere auch bei der *Selbstwirksamkeitserwartung*. Zur Erfassung dieser Komponenten lassen sich existierende Fragebogeninstrumente für die spezifischen Angebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ abwandeln und weiterentwickeln (Cho et al., 2003; Kuhn et al., 2012; Kunter, 2011).

b.) Wissenschaftliches Denken und Vorgehen

Für die Zieldimension des wissenschaftlichen Denkens und Vorgehens auf Seiten der pädagogischen Fachkraft wurden die Bereiche Wissenschaftsverständnis (Nature of Science) und Methodenwissen (naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen) unterschieden. Während das *Methodenwissen* bei einer Erfassung der Kompetenzen von pädagogischen Fachkräften prioritär behandelt werden sollte, da es deutliche Überschneidungen mit den Zieldimensionen auf Seiten der Kinder in diesem Bereich gibt, sollte auch das *Wissenschaftsverständnis* in einer Erhebung berücksichtigt werden. Beide Bereiche des wissenschaftlichen Denkens und Vorgehens stel-



len eine Grundlage für die angemessene Bereitstellung, Durchführung und Interpretation von empirischen Lernsituationen für Kinder durch die Fachkraft dar, da nur ausgehend von grundlegenden methodischen Kompetenzen und einem ausreichenden Wissenschaftsverständnis Experimente und Versuchsanordnungen didaktisch zielführend genutzt werden können. Spezifische Instrumente für Fachkräfte existieren bislang noch nicht, denkbar wäre es aber Instrumente aus dem Grundschulbereich anzupassen, z.B. aus dem Science-P-Projekt (Möller, Sodian, Hardy, Koerber & Schwippert) oder die SUSSI-Skala (Liang, Chen, Chen, Kaya, Adams, Macklin & Ebenezer, 2006).

c.) Naturwissenschaftliches Wissen

Wie bei der Priorisierung der Zielfacetten des naturwissenschaftlichen Wissens auf Seiten der Kinder können auch für die Zieldimension der pädagogischen Fachkraft die *naturwissenschaftlichen Konzepte* als wichtigster Indikator eines naturwissenschaftlichen Verständnisses angesehen werden.

Die Autorinnen der Expertise sprechen hier mindestens von einem konzeptuellen Wissen auf relationalem Verständnisniveau, welches nicht direkt sichtbare Zusammenhänge einschließt und die Regelmäßigkeit von Phänomenen mit evidenzbasierten, ökonomischen Erklärungen unter angemessener Verwendung von sprachlichen Begriffen und Formulierungen beschreibt.

Spezifische Instrumente für Fachkräfte existieren bislang noch nicht, denkbar wäre es aber Instrumente aus dem Grundschulbereich anzupassen, z.B. ein Test zum Wissen über den Wasserkreislauf (Ohle, 2010) oder aktuell entwickelte Instrumente aus dem ViU-Projekt (Möller, Holodynski & Steffensky). Weiterhin wäre auch der Einsatz von TIMSS-, HARMOS- oder eventuell auch PISA-Items denkbar zur Erfassung des Fachwissens.

d.) Fachdidaktisches Wissen

Das fachdidaktische Wissen wurde in die Facetten Wissen über Instruktionsstrategien und Wissen über kindliche Vorstellungen unterschieden. Da im Elementarbereich insbesondere die Qualität der Unterstützung von kindlichen Lernprozessen interessiert, scheint eine Fokussierung der Facette Wissen über Instruktionsstrategien angemessen. Hierunter ist einerseits didaktisches Wissen zu verstehen, das für die Herstellung von grundlegenden und strukturierten Erfahrungen notwendig ist, andererseits Wissen über die angemessene Begleitung von Lernprozessen, die Lernenden eine konstruktiv-aktive Beteiligung ermöglichen. Zur Erfassung des fachdidaktischen Wissens könnten wiederum Instrumente aus dem Grundschulbereich angepasst werden, z.B. Lange (2010) oder aus dem ViU-Projekt (Möller, Holodynski & Steffensky). Es ergibt in diesem Bereich eine Anschlussfähigkeit an internationale Fachliteratur zur Genese und Erfassung von Lehrerkompetenzen sowie eine Überlappung mit Ansätzen der Prozessqualitätsforschung im Kindergarten.

e.) Professionelle Haltung

Berücksichtigt man Forschungsergebnisse zu **pädagogische Einstellungen** und **Orientierungen** von Lehrkräften aus dem Primar- und Sekundarbereich, so ist davon auszugehen, dass *epistemologische Überzeugungen* in besonderem Maße mit dem professionellen Handeln korreliert sind. Auch wenn einzelne internationale Arbeiten zur vorschulischen mathematischen Förderung dafür sprechen, dass die Varianz epistemologischer Überzeugungen bei vorschulischen pädagogischen Fachkräften geringer ist als bei Grundschul- und

Sekundarlehrkräften, wäre diese *Einstellungskomponente* in einer Evaluationsstudie als prioritär zu betrachten. Hierfür spricht auch die konzeptuelle Nähe zu den beschriebenen Komponenten des Professionswissens. Darüber hinaus ist zu erwarten, dass sich insbesondere beim wahrgenommenen *Stellenwert früher naturwissenschaftlicher Bildung* Änderungen bei den pädagogischen Fachkräften ergeben sollten. Für beide genannten Aspekte existieren Fragebogeninstrumente für Grundschullehrkräfte bzw. Instrumente für pädagogische Fachkräfte im Kindergarten (z.B. BiKS und KiDZ, siehe Anders et al., 2012 und Roßbach, Sechtig & Freund, 2010), die sich auf andere inhaltliche Bereiche beziehen, aber entsprechend abgewandelt und weiter entwickelt werden können.

Obgleich **Aspekte des professionellen Rollen- und Selbstverständnisses** als außerordentlich wichtig für das professionelle Handeln erachtet werden, ist die mögliche Wirkung der Angebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ auf diese Kompetenzfacetten als wenig zielgerichtet zu erwarten. Darüber hinaus existieren kaum Instrumente zur Erfassung dieser Kompetenzen, so dass eine Entwicklung eigens für die Untersuchung der Stiftungsarbeit als zu aufwändig im Vergleich zum Wissenschaftsertrag angesehen wird.

4.2 Empfehlungen für die Begleitforschung

Auswahl der Zieldimensionen, die im Forschungsdesign berücksichtigt werden sollen

Aus wissenschaftlicher Sicht sind alle in dieser Expertise identifizierten Dimensionen für Studien zur Stiftungsarbeit potentiell bedeutsam. Die Priorisierung einzelner Aspekte im Rahmen der Begleitforschung setzt neben den oben beschriebenen Empfehlungen eine Bewertung aus pragmatischer Sicht voraus, die von der Stiftung vorgenommen werden sollte, weil hierbei eine Orientierung an den derzeit umgesetzten Stiftungsangeboten und konkreten Inhalten des Akademieprogramms sinnvoll erscheint.

Weiteres Vorgehen und mögliche Studien

Das im ersten Kapitel beschriebene Wirkungsmodell geht davon aus, dass Effekte über das pädagogische Handeln der Fachkraft an die Kinder in den Einrichtungen vermittelt werden. Darüber hinaus impliziert das Arbeitskonzept der Stiftung ein mehrstufiges Vorgehen, bei dem von der Akademie der Stiftung Multiplikatoren fortgebildet werden, die jeweils vor Ort pädagogische Fachkräfte weiterbilden, welche ihrerseits dann mit den Kindern in der Kita arbeiten. Die pädagogischen Fachkräfte sind über die Multiplikatoren dementsprechend die wichtigsten Adressaten der Fort- und Weiterbildungsangebote der Stiftung. Nur wenn bei ihnen die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Begleitung der naturwissenschaftlichen Lernprozesse der Kinder geschaffen werden, können sich auch positive Effekte bei den Kindern einstellen. Hierdurch würde sich ein mehrstufiges Vorgehen anbieten, bei der zunächst die Ebene der pädagogischen Fachkraft untersucht wird, und in einem späteren Schritt die Ebene des Kindes hinzugenommen wird.

Grundsätzlich ergibt sich als erster Schritt die Notwendigkeit der Durchführung von Studien, in denen Instrumente zur Erfassung der selektierten Zieldimensionen entwickelt und in Bezug auf ihre Reliabilität und Validität hin überprüft werden. Bei der Planung der Studien ist der Aufwand der Entwicklung von Verfahren zur Erfassung von Wissenskomponenten und der Fähigkeit wissenschaftlich zu denken sowohl auf Ebene der Fachkraft als auch auf Ebene des Kindes mitzuberücksichtigen. Sofern auf mehrere Kompetenzdimensionen (z.B. Wissensaspekte, motivational-emotionale Faktoren und Orientierungen) fokussiert werden soll, empfiehlt sich aufgrund der Bereichs- und Themenspezifität eine enge Abstimmung der verschiedenen Instrumentenentwicklungsstudien. Im Anschluss daran kann eine breitere Untersuchung in Bezug auf die Auswirkungen stattfinden. Inwieweit diese zunächst ausschließlich auf pädagogische Fachkräfte abzielt oder bereits eine integrierte Untersuchung von Auswirkungen auf Ebene der Fachkräfte und der Kinder darstellt, muss von den zeitlichen Abläufen und Resultaten der Entwicklungsstudien abhängen.

Koordination der Wirkungsstudie mit der Zertifizierung von Einrichtungen

Schließlich empfehlen wir, die Planung einer Wirkungsstudie eng mit den Kriterien für die Zertifizierung von Einrichtungen als ein „Haus der kleinen Forscher“ zu koppeln. Dies gilt sowohl auf inhaltlicher Ebene (die relevanten Zieldimensionen für die Bewertung einer erfolgreichen Umsetzung z.B. in der pädagogischen Prozessqualität sollten jeweils übereinstimmen) als auch auf organisatorischer Ebene. Beispielsweise scheint denkbar, dass zertifizierte Einrichtungen Videoaufnahmen erstellen und einreichen, die für die Entwicklung und Erprobung neuer Instrumente zur Erfassung der Zieldimensionen auf Kind-Ebene verwendet werden können. Ferner könnten Teile der zu entwickelnden Instrumente sowohl im Rahmen einer fortlaufenden Validierung des Zertifizierungsverfahrens als auch für die Begleitforschung zur Wirkung der Stiftungsarbeit genutzt werden.



B

Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung im Grundschulalter und ihre Messung

Yvonne Anders, Ilonca Hardy, Beate Sodian und Mirjam Steffensky

- 1 Theoretische Vorannahmen
- 2 Zieldimensionen Kinder
- 3 Zieldimensionen pädagogische Fachkräfte
- 4 Fazit und Empfehlungen

1. Theoretische Vorannahmen

Mirjam Steffensky

Die gemeinnützige Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ engagiert sich seit einigen Jahren mit einer bundesweiten Initiative für die naturwissenschaftliche Bildung von Kindern im Kitaalter. Pädagogische Fachkräfte werden mit Fortbildungsangeboten und Materialien dabei unterstützt, Lernangebote für Jungen und Mädchen zu machen, und deren naturwissenschaftlichen Bildungsprozesse zu begleiten und zu unterstützen. Die Initiative wird seit 2011 auf Kinder im Grundschulalter ausgeweitet. Dabei zielt das Angebot vorwiegend auf die nachmittägliche, außerunterrichtliche Betreuung im Hort oder in der Grundschule ab. Im Folgenden werden unter dem Begriff Hort außerunterrichtliche Angebote einer Ganztagesbetreuung gefasst. Dahinter stehen in den Ländern, aber auch auf der kommunalen Ebene sehr unterschiedliche Organisationsformen, z.B. Schulen mit Vormittagsbetrieb und einem zur Schule gehörigen Hort, offene, teilgebundene und gebundene Ganztagschulen oder auch trägergeführte unabhängige Angebote der Nachmittagsbetreuung. Auf diese strukturellen Unterschiede wird hier nicht Bezug genommen, es wird von einem zusätzlichen, ggf. ergänzenden außerunterrichtlichen Angebot ausgegangen.

Im Rahmen der vorliegenden Expertise werden die Zieldimensionen dieser Initiative beschrieben. Diese beziehen sich zum einen auf die Ebene der Kinder und zum anderen auf die Ebene der pädagogisch tätigen Kräfte in Ganztageseinrichtungen (im Folgenden Fachkräfte genannt). Ziel dieser Expertise ist es, erstens die Zieldimensionen der Initiative für die beteiligten Kinder und Fachkräfte und zweitens für eine wissenschaftliche Begleitforschung zu spezifizieren. Im Rahmen der Begleitforschung soll die Zielerreichung und Wirksamkeit überprüft werden, dafür wird im letzten Kapitel der Expertise eine Priorisierung der Zieldimensionen vorgenommen. In den einzelnen Abschnitten enthält die Expertise Hinweise zu Möglichkeiten der empirischen Erfassung der Zieldimensionen.

Die vorliegende Expertise knüpft an die 2011 beauftragte Expertise „Zieldimensionen frühe naturwissenschaftliche Bildung im Kita-Alter und ihre Messung“ an (Anders, Hardy, Pauen & Steffensky, 2013; Expertise A in diesem Band), die sich auf den Elementarbereich bezieht (im Folgenden kurz „Kita-Expertise“ genannt). Da im Sinne der Stiftung kumulative Lernwege über die Bildungsstufen hinweg angestrebt werden, werden in der vorliegenden Expertise die gleichen Zieldimensionen beschrieben, die bereits in der Kita-Expertise im Mittelpunkt standen. Diese sind aber in den meisten Fällen aufgrund des höheren Alters der Kinder, der anderen Institution (Hort bzw. Grundschule) sowie dem außerdem stattfindenden (Sach)unterricht anders ausgeprägt. Es kommt vor diesem Hintergrund an einigen Stellen zu Dopplungen mit der Kita-Expertise, es werden entsprechende Querverweise gegeben. Die vorliegende Expertise ist aber als eigenständiger Text zu lesen.

Die Zieldimensionen leiten sich aus den Vorarbeiten und inhaltlichen Angeboten der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, vor allem aber aus dem aktuellen theoretischen und empirischen Forschungsstand ab. Zusätzlich wird Bezug genommen auf die curricularen Vorgaben der Länder sowie die

Empfehlungen der Fachgesellschaft GDSU (Gesellschaft für die Didaktik des Sachunterrichts, GDSU 2002, aktuell wird die Überarbeitung vorgenommen) für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Obwohl es sich bei der Initiative um ein vorwiegend außerunterrichtliches Angebot handelt, sollten die schulischen Rahmenvorgaben berücksichtigt werden, da davon ausgegangen wird, dass das außerunterrichtliche Angebot für die Kinder zumindest teilweise Bezug nimmt auf das unterrichtliche Lernen.

Genau wie in der Kita-Expertise wird hier im theoretischen und empirischen Forschungsstand auf Ansätze der (Entwicklungs-)psychologie, der Grundschulpädagogik, der empirischen Bildungsforschung, der Naturwissenschaftsdidaktik, der Professionswissenschaften und der Lehr-Lernforschung Bezug genommen. An dieser Stelle ist anzumerken, dass es kaum Forschungsarbeiten zur spezifischen Kompetenz von Hortkräften gibt. Grundlage für diese Expertise sind Forschungsarbeiten zu Grundschullehrpersonen, dabei wird über die Naturwissenschaften hinausgehend auch auf Arbeiten im Bereich der Mathematik zurückgegriffen, da Mathematik-Lehrpersonen deutlich besser untersucht sind. Eine einfache Übertragung der zusammengestellten internationalen Ergebnisse auf die deutschen Fachkräfte ist aber schwierig, da es sich hierbei um eine sehr heterogene Gruppe handelt. In den eigentlichen Horten sind pädagogische Fachkräfte beschäftigt, während in Ganztagschulen häufig auch Personen ohne pädagogischen Hintergrund beschäftigt sind, z.B. engagierte Eltern. Die hier beschriebenen Zieldimensionen setzen Personen voraus, die einen pädagogischen Hintergrund haben, und orientieren sich an den Kompetenzen, die idealerweise von Fachkräften entwickelt werden sollten.

Die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen bei Kindern im Grundschulalter ist erfreulicherweise in der neueren Entwicklungspsychologie gut erforscht worden, sowohl was das naturwissenschaftliche Wissen, z.B. im Bereich der Physik betrifft (Wilkening, Huber, & Cacchione, 2006), als auch in Bezug auf das Wissen über Naturwissenschaften und naturwissenschaftliche Methodenkompetenzen (Zimmerman, 2007). Während die ältere Entwicklungspsychologie, geprägt durch die Stadientheorie Piagets, von gravierenden Einschränkungen des Denkens bei Kindern im Vor- und Grundschulalter ausging, hat die Forschung der letzten 30 Jahre sehr umfassend und systematisch frühe kognitive Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Bereich belegt (vgl. z.B. Sodian, 2008; Wellman & Gelman, 1998). Da in der wissenschaftlich interessierten Öffentlichkeit, bei pädagogischen Fachkräften und z.T. auch Eltern, immer noch vielfach die Ansicht vorherrscht, Kinder befänden sich im frühen Grundschulalter noch im Stadium des prälogischen und präkausalen Denkens und im späten Grundschulalter im Stadium der konkreten Operationen und sie seien daher durch die Anforderungen naturwissenschaftlichen Unterrichts an logische Denk- und Abstraktionsfähigkeiten überfordert, soll die vorliegende Expertise u.a. dazu beitragen, ein angemessenes Bild von den kognitiven Voraussetzungen von Kindern im Grundschulalter für die Rezeption naturwissenschaftlicher Bildung vermitteln.

Diese Expertise wird durch einige theoretische Vorannahmen geleitet, die im Folgenden kurz skizziert werden. Dabei geht es (1) um den zugrundegelegten Kompetenzbegriff auf der Ebene der Kinder sowie der Fachkräfte, (2) um das

Bildungskonzept Scientific Literacy, das den Rahmen für die hier beschriebenen Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Kompetenz darstellt, und (3) um theoretische Modelle zur professionellen Kompetenz von Lehrpersonen sowie deren Wirkung in Lehr-Lernsituationen.

1.1 Kompetenzbegriff

Bei den Zieldimensionen auf Seiten der Kinder und der pädagogischen Fachkräfte gehen wir von einem Kompetenzbegriff aus, wie er von Weinert (1999, 2001) beschrieben wurde. Kompetenzen lassen sich demzufolge am besten durch die Anforderungen und Aufgaben beschreiben, die eine Person in dem jeweiligen inhaltlichen Bereich zu bewältigen hat. Kompetenzen werden hierbei als mehrdimensionale Fähigkeitskomplexe verstanden, die sich in verschiedene Facetten differenzieren lassen. Kompetenzen im weiteren Sinne – im Sinne der Handlungskompetenz – beschreiben das Zusammenspiel von kognitiven Kompetenzen, metakognitiven Fähigkeiten, Wertorientierungen, Überzeugungen und motivationalen Orientierungen. Dieses Verständnis von Kompetenzen bildet die Basis für die weiteren Überlegungen.

1.2 Scientific Literacy

Naturwissenschaftliche Kompetenz wird in der internationalen Fachdiskussion häufig in Anlehnung an das Bildungskonzept Scientific Literacy beschrieben. Auch die Bildungspläne des Elementar- und Primarbereiches (z.B. Fthenakis, 2009; French, 2004; Gelman & Brenneman, 2004 bzw. z.B. GDSU, 2002, QCA, 2000) sowie die Bildungsstandards für die weiterführenden Schulen (KMK, 2004; Bybee, McCrae & Laurie, 2009) orientieren sich an diesem Konzept. Naturwissenschaftliche Kompetenz im Sinne von *Scientific Literacy* umfasst verstandenes, anwendbares und somit nutzbares Wissen sowie nicht-kognitive Komponenten wie z.B. Interesse oder Haltungen an bzw. zu naturwissenschaftlichen Inhalten (Norris & Phillips, 2003). Das Wissen wird dabei in die zwei Bereiche *naturwissenschaftliches Wissen* und *Wissen über Naturwissenschaften* differenziert. Das „naturwissenschaftliche Wissen“ umfasst das Verständnis zentraler naturwissenschaftlicher Konzepte, Theorien, Gesetze; der Bereich „Wissen über Naturwissenschaften“ bezieht sich dagegen auf ein Wissen über naturwissenschaftliche Methoden – also auf ein Verständnis typischer Denk- und Arbeitsweisen – wie auch auf das sogenannte Wissenschaftsverständnis (nature of science), wozu ein Wissen über Ziele, Grenzen und Vorgehensweisen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung wie auch ein Wissen über die Rolle der Naturwissenschaften in unserer Gesellschaft gehören.

Neben diesen beiden Wissensbereichen gehören zur naturwissenschaftlichen Kompetenz auch nicht-kognitive Bereiche wie Einstellungen und Haltungen gegenüber den Naturwissenschaften sowie die Bereitschaft und das Interesse, sich mit naturwissenschaftlichen Themen und Phänomenen auseinanderzusetzen. Interessen und eine positive innere Bereitschaft zur Auseinandersetzung sind eine wichtige Voraussetzung für eine freiwillige, intensive und länger andauernde Beschäftigung mit einem Thema (Gräber et al., 2002).

Auch die hier dargelegten Zieldimensionen orientieren sich an den Komponenten naturwissenschaftlicher Kompetenz im Sinne von Scientific Literacy. So finden sich in den Kapiteln 2.3, 2.2 und 2.1 Ausführungen zum *naturwissenschaftlichen Wissen*, zum *Wissen über Naturwissenschaften* und zu *motivationalen und selbstbezogenen Konstrukten* von Kindern im Grundschulalter. Anders als in der Kita-Expertise wird für die Grundschulkinder im Bereich Wissen über Naturwissenschaften außer dem Bereich Denk- und Arbeitsweisen auch das Wissenschaftsverständnis als Zieldimension beschrieben. Dieser Bereich wird nicht nur hinzugenommen, weil er einen zentralen Bereich des naturwissenschaftlichen Wissens ausmacht, sondern auch weil man davon ausgeht, dass ein elaboriertes Wissenschaftsverständnis den Erwerb naturwissenschaftlichen Wissens unterstützt (Zimmermann, 2007).

Neben den genannten naturwissenschaftlichen Kompetenzen werden auch Basiskompetenzen beschrieben (Kapitel 2.4), worunter allgemeine Fähigkeiten wie *kognitive, sprachliche, mathematische, und soziale Kompetenzen* zusammengefasst sind, von denen angenommen wird, dass sie die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen moderierend beeinflussen.

Eine grafische Übersicht der empfohlenen Zieldimensionen für Kinder findet sich im Anhang I.

1.3 Professionelle Kompetenz von Lehrpersonen

Für das Erreichen solcher multikriterialer Ziele ist neben den individuellen Voraussetzungen der Lernenden die Gestaltung des Lernangebots entscheidend ist (Fend, 1998, Helmke, 2003). Entscheidenden Einfluss auf die Gestaltung von Lernangeboten hat die professionelle Kompetenz von Lehrpersonen. Von Baumert und Kunter (2006, 2011) wurde ein Rahmenmodell professioneller Kompetenz von Lehrpersonen vorgeschlagen, in das verschiedene theoretische Perspektiven (Shulman, 1987; Bromme, 1997) integriert sind (siehe Abbildung 4). In diesem Modell werden die vier Kompetenzaspekte: Professionelles Wissen, Überzeugungen, Motivation und Selbstregulation unterschieden. Das Professionswissen wird ausdifferenziert in die Bereiche Fachwissen, fachdidaktisches Wissen, pädagogisch-psychologisches Wissen sowie Orientierungs- und Beratungswissen. Da viele Studien, die (auf der Ebene der Fachkräfte) in dieser Expertise herangezogen werden, sich auf das Modell der Professionskompetenz von Lehrpersonen beziehen, verwenden wir hier dieses Modell als Rahmenmodell.

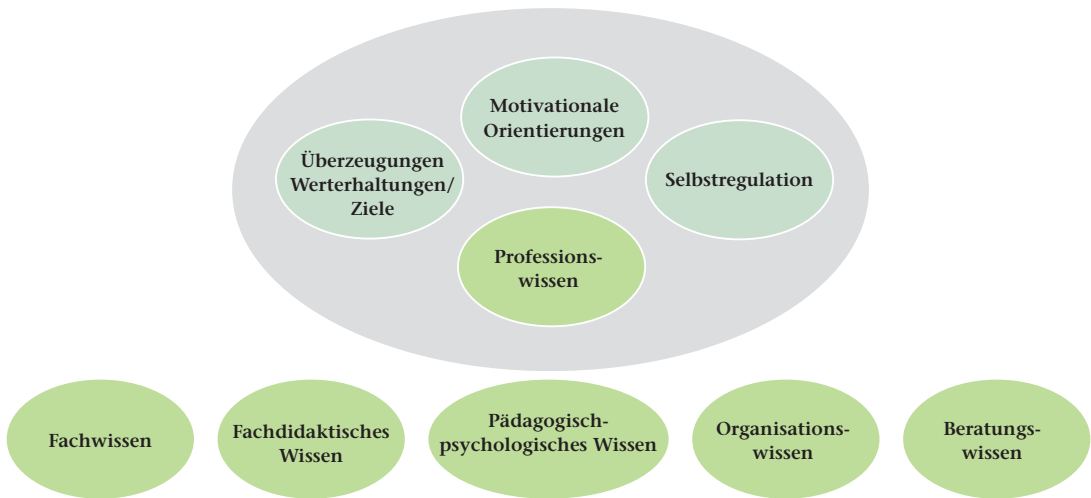


Abbildung 4. Modell der professionellen Kompetenz von Lehrkräften nach Baumert & Kunter (2006, 2011).

In dieser Expertise werden die fachspezifischen Komponenten der Professionalitätskompetenz herausgegriffen, die im besonderen Fokus der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ stehen. So sind die beiden Bereiche des Professionswissens *Fachwissen* und *fachdidaktisches Wissen* (Kapitel 3.3.3) wichtige Zieldimensionen der Unterstützungsangebote der Stiftung, da das fachdidaktische Wissen als Voraussetzung für die Gestaltung kompetenz-fördernder Lernangebote angenommen wird und das Fachwissen wiederum eine notwendige Voraussetzung für die Entwicklung von fachdidaktischem Wissen ist (Kunter & Voss, 2011). Bezüglich des Fachwissens differenzieren wir in Anlehnung an das Bildungskonzept Scientific Literacy auch auf der Ebene der Hortkräfte zwischen den Bereichen *naturwissenschaftliches Wissen* (Kapitel 3.3.1) und *Wissen über Naturwissenschaften* (Kapitel 3.3.2).

Neben der Bedeutung der Wissenskomponenten für die Gestaltung von Lernangeboten ist aus der Unterrichtsforschung auch der Einfluss von Überzeugungen bekannt (im Sinne von Haltungen, Vorstellungen, subjektive Theorien, Beliefs, die epistemologisch validiertes Wissen sowie explizite oder implizite subjektive Konzeptionen umfassen können). *Epistemologische Überzeugungen* werden einerseits als zentrale Facetten der professionellen Haltung aufgefasst, die die Grundstruktur professionellen Handelns bildet (Kapitel 3.2). Gleichzeitig sind epistemologische Überzeugungen und Einstellungen eng mit Komponenten des professionellen Wissens (vgl. Kapitel 3.3) verwandt. Im Zentrum stehen hier epistemologische Überzeugungen sowie Überzeugungen zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen. Neben den naturwissenschaftsspezifischen Komponenten werden im Kapitel 3.2 aber auch ausgewählte weitere pädagogische Überzeugungen und Einstellungen dargestellt, die für die Initiative „Haus der kleinen Forscher“ relevant sind.

In Kapitel 3.4 wird auf drei ausgewählte Aspekte des allgemeinen *professionellen Rollen- und Selbstverständnisses* eingegangen, denen bei der Umsetzung des

Ansatzes „Haus der kleinen Forscher“ Bedeutsamkeit zukommt. Hierbei handelt es sich um Reflexionsfähigkeit, Kooperationsfähigkeit und die Motivation zur Entwicklung der eigenen Professionalität.

Grundlegend für die eine langfristige Bereitschaft, naturwissenschaftliche Lernangebote zu gestalten und umzusetzen, ist die Motivation, die Freude im Umgang mit Naturwissenschaften, sowie das *Interesse* an Naturwissenschaften. Darüber hinaus sind das Interesse an der Gestaltung naturwissenschaftlicher Bildungsprozesse sowie die *Selbstwirksamkeitserwartungen* in Bezug auf die Begleitung naturwissenschaftlicher Lernprozesse von Bedeutung (siehe auch Baumert & Kunter, 2006, 2011). Ausführungen zu diesen Komponenten finden sich im Kapitel 3.1.

Das hier zugrunde gelegte Modell der Professionskompetenz von Lehrpersonen stammt aus dem Kontext der Unterrichtsforschung. Auch wenn die Begrifflichkeiten und Strukturierung von dem in der Kita-Expertise verwendeten Modell zur Handlungskompetenz frühpädagogischer Fachkräfte (Fröhlich-Gildhoff, Nentwig-Gesemann & Pietsch, 2011) abweichen, sind die grundlegenden Komponenten in beiden Modellen vorhanden. So wird in beiden Modellen angenommen, dass sich die Kompetenz pädagogischer Fachkräfte, Bildungs- und Lernprozesse zu begleiten, aus einem Zusammenspiel aus Wissenskomponenten und persönlichen Voraussetzungen ergibt. Die hier beschriebenen Zieldimensionen sind also anschlussfähig an die Zieldimensionen der Kita-Expertise.

Eine grafische Übersicht der empfohlenen Zieldimensionen für pädagogische Fachkräfte findet sich im Anhang II.

2. Zieldimensionen Kinder

2.1 Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit im Umgang mit Naturphänomenen

Yvonne Anders

2.1.1 Motivation und Lernfreude im Umgang mit Naturphänomenen

Beim Lernen und Wissenserwerb spielen neben den kognitiven Voraussetzungen vor allem auch emotionale und motivationale Aspekte eine bedeutende Rolle. Es wird angenommen, dass Kinder effektiver lernen, wenn ihr Lernen intrinsisch motiviert und von positiven Emotionen begleitet ist (vgl. Deci & Ryan, 1993). Die Angebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ sollen Lust auf Naturwissenschaften machen, Kinder an die Naturwissenschaften heranzuführen und ihnen die schönen und interessanten Seiten beim Umgang mit Naturphänomenen aufzeigen. An diesen Bereich schließt sich direkt die Lernfreude für den Bereich der Naturwissenschaften an. Während sich die beschriebenen motivationalen Aspekte eher auf die situationsspezifische Emotion beim Handeln beziehen, geht es bei der Lernfreude um die Freude am Wissenserwerb.

Eine offene positiv gefärbte Haltung gegenüber Naturwissenschaften, eine intrinsische Motivation, sich mit Naturphänomenen und naturwissenschaftlichen Fragestellungen zu beschäftigen, sowie eine hohe Lernfreude für den Bereich der Naturwissenschaften, können als zentrale Zieldimensionen des Hauses der kleinen Forscher angesehen werden. Die Motivation und Lernfreude sollten sich idealerweise bis in die weiterführende Schule hineinragen.

Messung:

Im Grundschulalter lassen sich motivationale Aspekte in der Regel bereits durch Ratingverfahren (Fremd- und Selbsteinschätzung) erfassen, so dass der aufwändige Einsatz von Beobachtungsverfahren für diesen Zielbereich nicht unbedingt notwendig erscheint. Es existieren bereits einzelne Verfahren für Kinder im Grundschulalter. So wurde die Freude an naturwissenschaftlichen Inhalten in der TIMMS-Studie (Bos et al., 2008; 2009) und in anderen Studien erfasst. Henman (2012) berichtet in ihrer Dissertation vom „children's science motivation inventory“ (CAIMI), das sie an 7.Klässlern einsetzt. Guvercin, Tekkaya und Ceren (2010) untersuchen die Motivation von Grundschülerinnen und Grundschülern in Bezug auf Naturwissenschaften ebenfalls mit Hilfe eines Fragebogens. Im Projekt „Kindergarten der Zukunft in Bayern – KiDZ“ (Roßbach et al., 2010) wurden für die Bereiche Mathematik und Sprache ratingbasierte Skalen zur Erfassung der Lernfreude eingesetzt. Diese haben sich als sensibel für Programmeffekte erwiesen und lassen sich ggf. auf den Bereich der Naturwissenschaften, wie er durch die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ umgesetzt wird, übertragen. Darüber hinaus existieren eine Reihe weiterer Arbeiten für den Bereich der Mathematik (z.B. Givvin et al., 2001; Shores & Shannon, 2007). Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Instrumente existieren, die in Bezug auf die spezifischen Inhalte des Programms der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ für Hortkräfte weiter entwickelt bzw. angepasst werden müssten.

2.1.2 Interesse an Naturwissenschaften

„Interesse“ wird im Sinne des aktiven Bemühens um Kompetenzerweiterung (Muckenfuß, 1995) definiert. Ein so verstandenes Interesse ist Bestandteil des Selbstkonzepts und gekennzeichnet von aktiver Handlung, kognitiver Auseinandersetzung mit dem Objektfeld sowie selektiver Bewertung. Man kann davon ausgehen, dass das Interesse an und die Freude bei der Beschäftigung mit spezifischen Inhalten eng miteinander zusammenhängen. Kinder sollten neben der Freude an der Tätigkeit auch ein tieferes, langfristiges Interesse am Fach entwickeln. Dieses soll eine intrinsisch geprägte Lernmotivation fördern. Ob jüngere Kinder Interessen im Sinne einer spezifischen Person-Gegenstand-Beziehung (pädagogischen Interessentheorie, Krapp, 2002) entwickeln, ist umstritten, es wird angenommen, dass Interesse bei Kindern anders ausgeprägt ist als bei Erwachsenen, aber nach ähnlichen Prinzipien funktioniert (vgl. Prenzel, Lankes & Minsel, 2000).

Messung:

Typische Instrumente zur Erfassung des Interesses bei Grundschulkindern basieren auf der Selbsteinschätzung mit Rating-Skalen, z.B. Bonsen und Kollegen (2008). Cakmaci und andere (2012) berichten über einen Versuch, das

Interesse von türkischen Grundschulkindern an Naturwissenschaften durch deren selbst generierten Fragen zu erfassen. Das Interesse an forschenden Aktivitäten erfasste Mayer (2012) mit der Subskala „Investigative“ des ICA-R Inventory of Children's Activities (Tracey & Ward, 1998). Für eine Evaluation des Programms der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ müssten existierende Verfahren spezifisch angepasst werden.

2.1.3 Selbstwirksamkeitserwartung beim Forschen

Selbstwirksamkeitserwartungen beschreiben den Glauben einer Person in ihre eigene Fähigkeit, Anforderungen bewältigen zu können (vgl. Bandura, 1997). Hervorzuheben ist, dass Selbstwirksamkeitserwartungen immer an den spezifischen Kontext gebunden sind. Kinder sollen durch die Lernangebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ eine positiv gefärbte Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren, im Umgang mit Naturphänomenen, in Bezug auf den Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen und das naturwissenschaftliche Lernen erwerben (Zielwert: „Ich kann“-Empfinden).

Messung:

Für die Erfassung der allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung in Anlehnung an Bandura (1997) existiert ein Selbstbeurteilungsverfahren von Schwarzer und Jerusalem (1995), das bereits in zahlreichen Studien eingesetzt wurde. Es enthält zehn Items zur Erfassung von allgemeinen optimistischen Selbstüberzeugungen (z.B. „Die Lösung schwieriger Probleme gelingt mir immer, wenn ich mich darum bemühe“). Darüber hinaus sind auch bereichsspezifische Varianten publiziert wie z.B. die schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung (Jerusalem & Mittag, 1999; Jerusalem & Satow, 1999). Die naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartung von Schülerinnen und Schülern in der Sekundarstufe wurde z.B. in der dritten internationalen Schulvergleichsstudie PISA 2006 untersucht (Prenzel et al., 2007). Martinelli, Bartholomeu, Caliatto und Sassi (2009) entwickelten ein Verfahren zur Erfassung von schulbezogener Selbstwirksamkeit von Kindern im Grundschulalter. Die verschiedenen Verfahren eignen sich als Ausgangspunkt, um ein Verfahren zur Erfassung der naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen von Kindern im Vorschul- und Grundschulalter zu entwickeln, das spezifisch auf die Angebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ angepasst ist.

2.2 Wissenschaftliches Denken und Verständnis der Naturwissenschaften

Beate Sodian

Naturwissenschaftliche Bildung hat das Ziel, neben dem domänenspezifischen begrifflichen Verständnis der Physik, Biologie und Chemie (Naturwissenschaftliches Wissen, siehe Kapitel 2.3) auch die domänenübergreifende Kenntnis naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden und Denkweisen sowie ein Grundverständnis der Natur der Naturwissenschaften zu vermitteln. Wir bezeichnen im Folgenden *naturwissenschaftliche Methodenkompetenzen* und das Verständnis der Naturwissenschaften (Nature of Science) mit dem Oberbegriff „Wissen über Naturwissenschaften“.

In der Entwicklungspsychologie und in der Naturwissenschaftsdidaktik gilt das Verständnis der Naturwissenschaften zusammen mit wissenschaftlichen Methodenkompetenzen als grundlegend für den Erwerb eines adäquaten inhaltlichen naturwissenschaftlichen Verständnisses (Kuhn, 2005; Lederman, 1992). In der älteren Entwicklungspsychologie (Inhelder & Piaget, 1958) wurde naturwissenschaftliches Denken als formal-logisches Denken verstanden, das idealen Standards wissenschaftlicher Rationalität entspricht und somit ein analytisches Vorgehen beinhaltet, das zur Lösung beliebiger domänenspezifischer Probleme geeignet ist. Diese Ansicht ist seit längerer Zeit überholt, u.a., weil gezeigt werden konnte, dass auch das Denken professioneller Wissenschaftler nicht den Standards einer idealen Rationalität entspricht, sondern häufig durch Vorwissen und theoretische Voreingenommenheiten beeinflusst wird (Dunbar, 1995). Zudem zeigte die neuere entwicklungspsychologische Forschung, dass schon Kinder im Grundschulalter (z.T. auch im Vorschulalter) über einige der analytischen Fähigkeiten verfügen, die für wissenschaftliches Denken grundlegend sind und die ihnen in der älteren Literatur abgesprochen wurden (Zimmerman, 2007). Diese Forschungsbefunde sind für die naturwissenschaftliche Bildung im Grundschulalter relevant und sollen im vorliegenden Kapitel näher erläutert werden.

Wissenschaftliches Denken wird in der neueren entwicklungspsychologischen Literatur definiert als „intentionale Suche nach Erkenntnis“ (Kuhn & Franklin, 2006). Ausgehend von Modellen des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses können die folgenden Schritte unterschieden werden (vgl. Kuhn, 2002, siehe Abbildung 5): Basierend auf Theorien werden Hypothesen über das interessierende Phänomen aufgestellt, Experimente zur Prüfung der Hypothesen geplant und durchgeführt, gewonnene Daten interpretiert und Schlussfolgerungen mit Bezug auf die Hypothesen gezogen mit dem Ziel, Theorien weiter zu entwickeln und/oder zu revidieren. Dieser Prozess ist zyklisch und kumulativ, d.h., ein Zyklus von der Hypothesengenerierung bis zur Dateninterpretation setzt Prozesse der Theoriemodifikation oder –revision in Gang, die wiederum einen neuen Zyklus der Hypothesenbildung und –prüfung begründen. Beim wissenschaftlichen Denken von Wissenschaftlern ist der gesamte Forschungszyklus der Reflexion zugänglich: Theorien werden explizit formuliert, Hypothesen so spezifiziert, dass erwartungskonforme und erwartungswidrige Befunde angeführt werden können; das experimentelle Design wird im Hinblick auf die zu prüfende Hypothese gewählt und so ausgearbeitet, dass die zu prüfende Hypothese gegen alternative Hypothesen abgesichert werden kann, die Daten werden im Hinblick auf die zu prüfende Hypothese interpretiert, die ggf. nötige Revision der Hypothese und die weitergehenden Implikationen für die zu prüfende Theorie werden explizit abgeleitet. Über den konkreten Forschungsprozess hinaus verfügen Wissenschaftler über ein abstrahierbares, verbalisierbares Wissen über den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess (Wissenschaftsverständnis), das epistemologische Überzeugungen über das Zustandekommen und die Begründbarkeit wissenschaftlichen Wissens enthält (McComas, McClough & Almaroza, 1998).

Überträgt man das in Abbildung 5 spezifizierte, einfache Modell des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses auf die Explorationsprozesse von Laien, speziell von Kindern, so stellt sich das Problem, dass diese Erkenntnisprozesse nur sehr eingeschränkt der bewussten Reflexion zugänglich sind. Selbst Er-

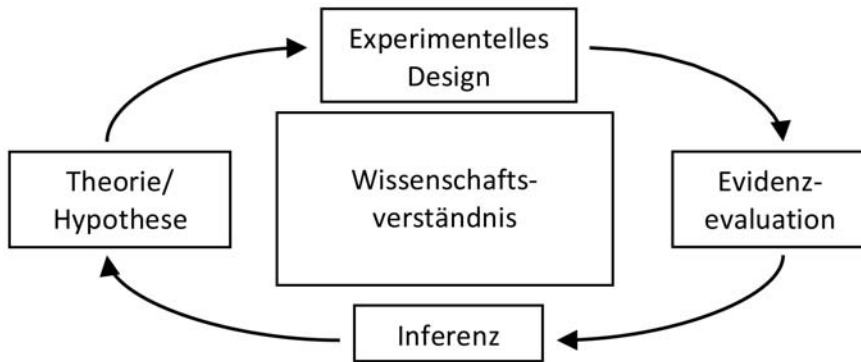


Abbildung 5. Zyklus des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses (nach Kuhn, 2002).

wachsenen fällt es schwer, ihre eigenen intuitiven Theorien zum Gegenstand der *Reflexion* zu machen, also *als Theorien* zu verstehen, zu denen es auch Alternativen geben könnte und die (empirischer) Prüfung zugänglich gemacht werden können: Kuhn (1991) befragte junge Erwachsene nach ihren Theorien über gesellschaftliche Probleme, z.B. über die Ursachen für die Rückfälligkeit von Straftätern. Nachdem die Probanden ihre Theorie erläutert hatten, wurden sie gefragt, ob es auch eine alternative Erklärung für das Phänomen geben könne und anschließend, ob sie Evidenz für ihre Theorie hätten, bzw., wie sie Evidenz gewinnen würden, wenn sie ihre Theorie wissenschaftlich prüfen würden. Viele Erwachsene, vor allem solche ohne universitäre Bildung, erläuterten als Antwort auf diese Fragen nur ihre eigene Theorie genauer, d.h., sie versuchten, sie plausibler zu machen und sie darzustellen als eine Beschreibung der Realität („so sind die Dinge eben“); sie schienen nicht zu verstehen, dass es alternative Theorien geben kann und dass man eine Theorie empirisch prüfen kann (siehe auch Barchfeld, Sodian & Bullock, 2011).

Die *Fähigkeit zur Differenzierung zwischen Theorie und Evidenz* ist grundlegend für wissenschaftliches Denken und Argumentieren und sollte im Zentrum der Bemühungen um frühe naturwissenschaftliche Bildung stehen. Wenn jedoch selbst Erwachsene elementare Schwierigkeiten bei der kritischen Reflexion ihrer eigenen Theorien und der Unterscheidung zwischen Theorie und Evidenz haben, wie sollte es dann möglich sein, ein solches Verständnis epistemologischer Grundbegriffe schon im Grundschulalter aufzubauen? Neuere Forschungsbefunde geben Hinweise auf Verständnisvoraussetzungen des Grundschulkindes und auf die Effektivität von Instruktion. Sie werden im Folgenden mit Bezug auf den Zyklus des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses (vgl. Abbildung 5) erläutert.

Die Darstellung des Forschungsstands zum Wissen über Naturwissenschaften im Grundschulalter knüpft an die Ausführungen von Pauen (2013) zum „Wissenschaftlichen Denken und Vorgehen im Umgang mit Naturphänomenen“ im Kleinkind- und Kindergartenalter an. Die von Pauen unterschiedenen Prozesse „bewusst erfahren und beobachten“, „Erfahrungen beschreiben und festhalten“, „Erfahrungen diskutieren und vergleichen“, „Erwartungen bilden und Vermutungen aussprechen“ gehen vor allem in die Bildung von

Hypothesen und Theorien über naturwissenschaftliche Phänomene ein, während die Komponenten „ausprobieren und experimentieren“, „Erfahrungen bewerten und begründen“, „Erfahrungen integrieren und Abstraktionen bilden“ und „weiterführende Überlegungen anstellen“ vorwiegend der *Prüfung* von Theorien und Hypothesen und der Evaluation von Evidenz zuzuordnen sind. Während Pauen (2013) das wissenschaftliche Denken im weiteren Sinne untersuchte, also alle Denk- und Lernprozesse, die von früher Kindheit an den Umgang mit Naturphänomenen charakterisieren, behandelt das vorliegende Kapitel das wissenschaftliche Denken im engeren Sinne, im Sinne einer *absichtlichen, bewussten Suche nach Erkenntnis* (Kuhn & Franklin, 2006). Diese Schwerpunktsetzung orientiert sich am Forschungsstand und ist für das Grundschulalter schon aus Gründen der Ökonomie der Darstellung sinnvoll.

2.2.1 Theoriebildung

Theorien sind gekennzeichnet durch einen Phänomenbereich, den sie modellieren, eine Begrifflichkeit (ein System von Kernbegriffen, das zur Beschreibung und Erklärung der Phänomene herangezogen wird) und ein Erklärungsmodell. Die zentrale Funktion von Theorien ist es, *Erklärungen* für Naturphänomene anzubieten. Die Suche nach Erklärungen leitet den Wissenserwerb von Kindern ebenso wie den Forschungsprozess von Wissenschaftlern von früher Kindheit an (Gopnik, Kuhl, & Meltzoff, 2001). Im Grundschulalter haben Kinder bereits reichhaltige intuitive Erklärungen für viele Naturphänomene aufgebaut. Diese weichen jedoch sehr häufig in gravierender Weise von wissenschaftlich adäquaten Vorstellungen ab. So haben z.B. Kinder im frühen Grundschulalter häufig Vorstellungen über die Erde, die Sonne und die Bewegungen der Himmelskörper, die dem geozentrischen Weltbild der Antike entsprechen: Die Erde wird als eine Scheibe dargestellt, die Sonne kreist um die Erde. Es fehlt ein Konzept der Erdanziehung und es erscheint Kindern daher rätselhaft, wie es möglich ist, dass Menschen „auf der Unterseite der Erde“ leben können (Vosniadou & Brewer, 1992). Diese naiven, an der Anschauung orientierten, Vorstellungen sind keine einfachen faktischen Irrtümer, die leicht durch Information zu korrigieren wären. Vielmehr ist eine Umstrukturierung des naiven Begriffssystems erforderlich; diese ist verglichen worden mit der eines wissenschaftlichen Weltbilds oder Paradigmenwechsels in der Wissenschaftsgeschichte.

Vosniadou & Brewer (1992) untersuchten den Prozess der Restrukturierung der intuitiven Kosmologie, indem sie Kindern z.B. Styropormodelle der Erde anboten (eine Scheibe, eine Kugel, eine Hohlkugel usw.). Manche Kinder wählten eine Hohlkugel und schnitten Löcher in den oberen Teil, damit die Menschen, die am „Boden“ lebten, durch die Löcher die Himmelskörper sehen könnten. Das Beispiel zeigt, wie Kinder versuchen, eine neue Information, die sie von Erwachsenen bekommen („die Erde ist eine Kugel“), zunächst in ihr bestehendes, geozentrisches Weltbild zu integrieren. Der Prozess der Umstrukturierung dieses Weltbilds ist komplex und mehrstufig und erfordert den Erwerb eines Systems miteinander verknüpfter neuer Konzepte. Dies gilt für die meisten Bereiche der Physik, Chemie und Biologie, wie im Kapitel von Hardy & Steffensky (2.3) eingehend erläutert wird. Neben der Komplexität der zu erwerbenden naturwissenschaftlichen Konzepte liegt ein Grund für

die große Schwierigkeit und häufige Erfolglosigkeit der Restrukturierung der intuitiven Fehlvorstellungen von Kindern nach Ansicht vieler Naturwissenschaftsdidaktiker in der mangelnden Fähigkeit zur Reflexion eigener intuitiver Theorien. Wenn Theorien als gedankliches Konstrukt verstanden werden, dann kann Evidenz aufgezeigt werden, die mit der Theorie inkonsistent ist, und so der Prozess der Restrukturierung unterstützt werden.

Als ein Ziel der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ sollten Kinder schon im Grundschulalter zur *Reflexion ihrer eigenen intuitiven Theorien* angeleitet werden. Im folgenden Abschnitt werden Möglichkeiten zur Erreichung dieses Ziels und zur Messung des Theorieverständnisses aufgezeigt.

2.2.2 Theorieverständnis

Die Fähigkeit, zu verstehen, dass jemand eine Theorie über einen Phänomenbereich hat (die möglicherweise von der eigenen Theorie oder der wissenschaftlich adäquaten Theorie abweicht), ist eng verknüpft mit der Fähigkeit zur sozialen Perspektivenübernahme, insofern, als eine abweichende Theorie eine komplexe Form einer abweichenden Perspektive auf einen Phänomenbereich darstellt.

In der Entwicklungspsychologie ist die Fähigkeit zur sozialen Perspektivenübernahme gut untersucht worden. Etwa ab vier Jahren verstehen Kinder, dass eine andere Person eine falsche Überzeugung haben kann (z.B. über den Ort, an dem ein Objekt versteckt ist) (Sodian & Thoermer, 2006, für einen Überblick). Im Gegensatz zum Verständnis einfacher falscher Überzeugungen setzt das Verständnis von Theorien voraus, dass die (falsche) Theorie als System zusammenhängender Überzeugungen verstanden wird. Im sozialen Bereich konnte gezeigt werden, dass Kinder im frühen Grundschulalter ein (begrenztes) Verständnis der Wirkung sozialer Vorurteile haben: Sie verstehen z.B., dass ein negatives Handlungsergebnis (ein Malkasten wird umgestoßen und zerstört ein Bild eines Kindes) entweder als böse Absicht oder als Missgeschick interpretiert werden kann, je nachdem, ob das Vorurteil über den Täter positiv oder negativ ist (Pillow, 1991). Es ist ein wichtiges Merkmal von Theorien, dass sie die Interpretation von Phänomenen leiten. Grundsätzlich scheinen also Kinder im Grundschulalter in konkreten, einfachen Kontexten zu verstehen, dass Vorüberzeugungen/ Vorurteile die Interpretation von Ereignissen beeinflussen.

Sodian, Carey, Grosslight & Smith (1992) entwickelten ein Interview zur Prüfung des Verständnisses alternativer Theorien, das den Kontext des mittelalterlichen Glaubens an Hexerei benützt. Den Probanden wird erklärt, dass vor 400 Jahren Menschen glaubten, dass Krankheiten durch Hexerei verursacht werden können (auch Kindern ist der Hexereiglaube meist zumindest in Grundzügen bekannt). Zunächst wird exploriert, ob die Probanden sich vorstellen können, dass vor 400 Jahren auch Wissenschaftler an Hexerei als Verursacher von Krankheiten glaubten (kulturelle Einbettung von Theorien). Anschließend wird die Erklärung erwartungswidriger Befunde geprüft: Wie würde der mittelalterliche Wissenschaftler reagieren, wenn eine Person, die verhext wurde, nicht erkrankt? Wie würde er sich diesen unerwarteten Befund erklären? Danach werden die Hexerei-Theorie und eine moderne medizinische Theorie (Verursachung der Krankheit durch Bakterien) gegenübergestellt.

Dabei wird exploriert, (a) ob die Probanden verstehen, dass die Krankheitssymptome und die Wirkung von Heilmitteln aus der Sicht des mittelalterlichen Wissenschaftlers und des modernen Mediziners unterschiedlich erklärt werden, (b) ob sie eine Vorstellung davon haben, dass die beiden Wissenschaftler, wenn sie sich trafen, nicht auf einfache und unproblematische Art miteinander kommunizieren könnten (Inkommensurabilität der Begrifflichkeiten) und (c) ob sie eine Vorstellung davon haben, dass der mittelalterliche Wissenschaftler, gesetzt den Fall, man würde ihm Bakterien unter dem Mikroskop zeigen, nicht ohne Weiteres seine Überzeugungen revidieren könnte (Resistenz der Theorie gegen Veränderung). Die Antworten der Probanden werden verschiedenen Verständnisniveaus zugeordnet, je nachdem, ob der Hexereiglaube als ein einfacher Irrtum verstanden wird (Niveau 1), als eine alternative Erklärung (Niveau 2), oder als ein System miteinander verknüpfter Überzeugungen (Niveau 3).

In einer Längsschnittstudie zur Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens zwischen dem Grundschulalter und dem frühen Erwachsenenalter setzten Bullock, Sodian, & Koerber (2009) das Hexerei Interview im Alter von 11, 17 und 22 Jahren ein und fanden moderate Veränderungen von Niveau 1 in der Kindheit über Niveau 1.5 im Jugendalter hin zu Niveau 2 (jeweils durchschnittliche Verständnisniveaus) im Erwachsenenalter. Ein explizites Verständnis von Theorien als zusammenhängenden begrifflichen Systemen wird auch im Erwachsenenalter nur selten artikuliert. Die meisten Kinder verstehen den Hexerei Glauben als einfache falsche Überzeugung. Sie sind häufig bereits in der Lage, theoriekonforme Erklärungen zu skizzieren, d.h., sie können sich in die unterschiedlichen theoretischen Perspektiven hineinversetzen und innerhalb dieser Perspektiven schlüssige Folgerungen ableiten, aber es fällt ihnen schwer, eine metatheoretische Perspektive auf Theorien als Überzeugungssysteme einzunehmen. Individuelle Unterschiede sind schon in der Kindheit markant und bedeutsam: Probanden, die im Alter von 11 Jahren ein fortgeschrittenes Theorieverständnis hatten, zeigten im Alter von 17 Jahren bessere Ergebnisse in Aufgaben, die den Einsatz von Experimentierstrategien erforderten, als ihre Altersgenossen mit einem niedrigeren Niveau des Theorieverständnisses.

Neuere Studien zeigen, dass ein rudimentäres Theorieverständnis durch wissenschaftstheoretisch orientierten Unterricht bereits bei Grundschulkindern erzielt werden kann. Basierend auf einer Interventionsstudie von Carey et al. (1989) an Siebtklässlern entwickelten Sodian et al. (2002) (vgl. Grygier, Günther, & Kircher, 2004; Grygier, 2008) eine Unterrichtseinheit für die vierte Grundschulklasse, in der das Verständnis alternativer theoretischer Perspektiven anhand von Beispielen aus unterschiedlichen Domänen adressiert wurde. Im Prä-Posttest Vergleich zeigte sich ein durchschnittlicher Verständniszuwachs von Niveau 1 nach Niveau 1,5 nach einer vierwöchigen Unterrichtseinheit. Auch eine Studie von Smith et al. (2000), in der eine über mehrere Jahre hinweg konstruktivistisch unterrichtete Grundschulklasse mit einer traditionell Unterrichteten verglichen wurde, deutet darauf hin, dass

schon im Grundschulalter wissenschaftstheoretisch orientierter Unterricht förderliche Effekte hat.

Auf der Zieldimension *Reflexives Verständnis von Theorien* können demnach im Grundschulalter durch Unterricht Fortschritte erzielt werden. Es ist wahrscheinlich, dass solche Effekte auch durch Aktivitäten, wie sie das Haus der kleinen Forscher anbietet, erzielt werden können.

Messung:

Bei älteren Grundschulkindern ist die Erfassung der Zieldimension *Reflexives Verständnis von Theorien* durch Interviews möglich (Grygier, 2008; Kropf, 2010). Koerber et al. (2012) entwickelten schriftliche Testitems im Multiple-Choice (MC) Format, die Kernfragen des „Hexerei“-Interviews abdecken. Die Testitems mit MC Alternativen erwiesen sich als einfacher als das klassische Interview, eine Validierungsstudie (Kropf, 2010) zeigte korrelative Zusammenhänge zwischen den beiden Instrumenten, was auf die Validität der Testitems hinweist. Im Projekt Science P wird derzeit ein umfassendes, ökonomisches „Inventar zur Erfassung des Wissens über Naturwissenschaften im Grundschulalter“ (Möller, Hardy, Sodian, Koerber, & Schwippert) entwickelt (vgl. Abschnitt 2.2.7). Dieses Inventar enthält Items zur Erfassung des Theorieverständnisses.

2.2.3 Hypothesenbildung und –prüfung, experimentelles Design

Von früher Kindheit an bilden Kinder Vermutungen und Erwartungen über Phänomene der Natur (siehe Pauen, 2013). Beobachtungen an Kleinkindern geben Hinweise darauf, dass Kinder möglicherweise schon früh gezielt solche Vermutungen prüfen, indem sie z.B. (schon im 2. Lebensjahr) ein Spielzeug mehrmals aus unterschiedlicher Höhe fallen lassen und die Effekte beobachten. Zweifellos sind Kinder auch schon früh fähig, Evidenz zu nutzen, um ihre Vermutungen zu revidieren oder zu bestätigen, so z.B., wenn sie die Bedeutungen von neuen Wörtern lernen. Diese Prozesse laufen jedoch in der Regel ohne bewusste Reflexion eigener Hypothesen ab und ohne systematische Planung von Experimenten, die geeignet wären, um die Hypothesen zu testen.

In der älteren entwicklungspsychologischen Forschung galt die Fähigkeit zur systematischen Bildung und Prüfung von Hypothesen unter Einsatz experimenteller Designs als ein Merkmal des Jugendalters. Inhelder und Piaget (1958) nahmen an, dass formal-logisches Denken Voraussetzung sei für die Fähigkeit zur Hypothesenprüfung und zum Verständnis experimenteller Designs. Die ältere Forschungsliteratur arbeitete mit komplexen, multivariaten Aufgaben, die hohe Anforderungen an Aufmerksamkeit und Gedächtnis stellen und die zudem oft domänenspezifische Vorkenntnisse verlangen. In der neueren Forschung wurden hingegen systematisch die Grundlagen der Hypothesenprüfung bei jüngeren Kindern untersucht (siehe Zimmermann, 2007, für einen Überblick).



Hypothesenprüfung vs. Effektproduktion

Kinder scheinen in Aufgaben zum wissenschaftlichen Denken häufig mehr daran interessiert zu sein, positive Effekte zu produzieren (z.B. einen Kuchen zu backen, der aufgeht), als Ursache-Wirkungs Zusammenhänge zwischen Variablen zu entschlüsseln (herauszufinden, wovon es abhängt, ob ein Kuchen aufgeht oder nicht). Es wurde vermutet, dass Kindern das begriffliche Verständnis von Hypothese und Evidenz fehle und sie daher Schwierigkeiten hätten, zu verstehen, was es bedeutet, eine Annahme/ Hypothese zu testen (Kuhn et al., 1988).

Sodian, Zaitchik und Carey (1991) untersuchten erstmals systematisch die Differenzierung von Hypothesenprüfung und Effektproduktion bei Erst- und Zweitklässlern. In der Studie wurde eine Geschichte von zwei Kindern präsentiert, die eine Maus in ihrem Haus bemerkt hatten, diese aber nicht sehen konnten, da die Maus nur nachts aus ihrem Versteck kam. Die Kinder wollten nun entweder durch ein Experiment herausfinden, ob die Maus groß oder klein war (find-out-condition: Hypothesenprüfung), oder die Maus füttern (feed-condition: Effektproduktion). Die Kinder sollten in beiden Versuchsbedingungen jeweils zwischen zwei Schachteln mit großer und kleiner Öffnung, in die jeweils Käse gelegt werden konnte, wählen und ihre Wahl begründen. Mehr als die Hälfte der Erstklässler und 86% der Zweitklässler konnten die beiden Aufgabenstellungen unterscheiden: In der find-out-Bedingung konnten die Kinder zwischen einem nicht konklusiven Test (große Öffnung) und einem konklusiven Test, der eine eindeutige Schlussfolgerung erlaubt (kleine Öffnung) differenzieren und ihre Wahl der Schachtel korrekt begründen. In der feed-Bedingung, wählten die Kinder dagegen die Schachtel mit der großen Öffnung, um sicherzustellen, dass die Maus, ob groß oder klein, den Käse bekommt.

Schon im frühen Grundschulalter können Kinder also grundsätzlich zwischen Effektproduktion und Hypothesenprüfung unterscheiden und einen kritischen/konklusiven Test für eine Hypothese wählen, wenn ihnen Alternativen vorgegeben werden. Sicherlich neigen Grundschul Kinder mehr als ältere Probanden dazu, bei einer entsprechend motivierenden Aufgabe die Produktion positiver Effekte anzustreben und es ist möglich, dass sie dabei ihr ursprüngliches Ziel, die Hypothesenprüfung, aus den Augen verlieren. Die oben beschriebenen Befunde geben Hinweise darauf, wie durch unterstützende Kontextbedingungen das Aufgabenverständnis in Aufgaben zum wissenschaftlichen Denken schon bei jungen Grundschulern unterstützt und angeregt werden kann.

Kausalhypothesen und Variablenkontrollstrategie

Wissenschaftliche Hypothesen sind häufig gekennzeichnet durch Annahmen über Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen zwei oder mehr Variablen („Süßigkeiten führen zu Karies“). Die Prüfung solcher Hypothesen erfordert den Vergleich

zwischen Bedingungen mit unterschiedlicher Ausprägung der vermuteten kausalen Variable (Konsum von viel/wenig Süßigkeiten). Dabei sind alle weiteren potenziell relevanten Variablen konstant zu halten. Bullock und Ziegler (1999) stellten Grundschulern die Aufgabe, sich in die Rolle eines Flugzeugkonstruktors zu versetzen, der herausfinden will, ob ein bestimmtes Merkmal von Flugzeugen (z.B. die Stellung des Höhenruders: oben oder unten) einen Effekt auf den Treibstoffverbrauch hat. Zwei weitere Variablen (die Form der Nase und die Art der Flügel) wurden als potenziell relevant gekennzeichnet. Auf die Frage, wie der Konstrukteur prüfen könnte, ob die Stellung des Höhenruders einen Einfluss auf den Treibstoffverbrauch hat, schlug die Mehrheit der Dritt- und Viertklässler einen kontrastiven Test vor, d.h., sie schlugen vor, Flugzeuge zu vergleichen, die sich hinsichtlich der Höhenruderposition unterschieden. Dieses Ergebnis zeigt, dass schon Kinder ab der dritten Klassenstufe das Testen von Kausalhypothesen durch einen kritischen Bedingungsvergleich verstehen können und nicht nur positive Effekte produzieren.

Allerdings wurde erst ab der fünften Klassenstufe von etwa einem Drittel der Probanden spontan ein kontrollierter Test produziert. Erst im Alter von 17 Jahren produzierten ca. 80% der Probanden spontan ein kontrolliertes Experiment. Gab man den Kindern jedoch die acht möglichen Variablenkombinationen in Form von Bildkärtchen vor, um zu untersuchen, ob sie ein kontrolliertes von einem konfundierten Experiment unterscheiden können, so erkannten 30% der Drittklässler, 60% der Viert- und Fünftklässler und 80% der Sechstklässler ein kontrolliertes Experiment und konnten mehrheitlich diese Wahl auch korrekt begründen. Diese Befunde deuten darauf hin, dass schon Grundschüler ein implizites Verständnis der experimentellen Methode besitzen.

Trainingsstudien haben ferner gezeigt, dass Grundschulkinder die Variablenkontrollstrategie erlernen können (Klahr & Nigam, 2004). Wichtig ist jedoch vor allem, dass sie sie nicht als starre Regel einsetzen („Variiere eines, halte alle anderen konstant“), sondern dass sie verstehen, warum diese Strategie zur kritischen Prüfung von Hypothesen eingesetzt wird. In einer Interventionsstudie zeigten Sodian, Jonek-Schauer, Thoermer & Kircher (2006), dass Viertklässler, die mit einem wissenschaftstheoretisch orientierten Curriculum unterrichtet worden waren, im Vergleich zu einer Kontrollklasse signifikant häufiger spontan die Variablenkontrollstrategie einsetzten, obwohl diese nicht im Curriculum explizit thematisiert worden war. Dieser Befund deutet darauf hin, dass im späten Grundschulalter durch Unterricht ein angemessenes Verständnis des kontrollierten Experiments im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess erzielt werden kann.

Ein weiteres wichtiges Ergebnis der Längsschnittstudie von Bullock und Kollegen (Bullock & Ziegler, 1999; Bullock, Sodian & Koerber, 2009) ist die Stabilität individueller Unterschiede. Es zeigten sich deutliche individuelle Unterschiede schon in der Grundschulzeit, die bis ins Jugend- und junge Erwachsenenalter relativ stabil blieben. Diese Unterschiede waren nicht auf unterschiedliche Beschulung zurück zu führen; vielmehr zeigten die Kinder, die später ins Gymnasium wechselten, bereits in der vierten Grundschulklasse ein Niveau der spontanen Nutzung der Variablenkontrollstrategie, das von den späteren Hauptschülern erst mit 17 Jahren erreicht wurde. Die Befunde

lassen also nicht den Schluss zu, dass das Gymnasium mit seiner Betonung formal-analytischer Fähigkeiten methodische Kompetenzen, wie die Variablenkontrollstrategie, besonders schult. Vielmehr werden die individuellen Unterschiede, die bereits in der Grundschulzeit bestehen, offenbar durch die Art der Beschulung nicht beeinflusst. Die *gezielte Vermittlung von Methoden des wissenschaftlichen Arbeitens* schon im Grundschulalter wäre dringend nötig, um den schwächeren Schülern, die angemessene Strategien nicht spontan konstruieren, die Basiskompetenzen zu vermitteln, die sie benötigen, um von naturwissenschaftlichem Unterricht zu profitieren.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass auf der Zieldimension *Kenntnis von Methoden der Hypothesenprüfung* erste Kompetenzen bereits im frühen Grundschulalter vorhanden sind und dass der Einsatz adäquater Strategien zur Prüfung von Kausalhypothesen durch gezielte Förderung erreichbar ist.

Messung:

Die Erfassung von Kompetenzen der Hypothesenprüfung sollte unabhängig vom domänenspezifischen naturwissenschaftlichen Wissen erfolgen. Die experimentellen Aufgaben, die zu diesem Zweck in den oben referierten Studien entwickelt wurden, sind dazu geeignet, jedoch ist die Erhebung mit hohem Zeitaufwand verbunden. Das im Projekt Science P entwickelte *Inventar zur Erfassung des Wissens über Naturwissenschaften im Grundschulalter – Methodenkompetenzen* (Möller, Hardy, Sodian, Koerber, & Schwippert) erlaubt eine ökonomische Messung (vgl. Abschnitt 2.2.7; Koerber et al., 2011; 2012).

2.2.4 Evidenzevaluation und Inferenzprozesse

Im Vergleich zu Strategien des Experimentierens ist die Fähigkeit, Daten zu interpretieren und aus ihnen valide Schlüsse im Hinblick auf die zu prüfenden Hypothese zu ziehen, bei Kindern weniger gut untersucht. In der älteren Literatur wurden gravierende Defizite bei Kindern im Grundschulalter demonstriert. So präsentierten Kuhn et al. (1988) Kindern und Jugendlichen ein Beispiel für eine wissenschaftliche Untersuchung über den Zusammenhang zwischen dem Verzehr bestimmter Nahrungsmittel und dem Auftreten von Erkältungskrankheiten. Die Probanden wurden zunächst nach ihren eigenen theoretischen Vorannahmen befragt, z.B. danach, ob sie glaubten, dass Kuchen, Gemüse oder Müsliriegel assoziiert seien mit dem Auftreten von Erkältungen. Anschließend wurden ihnen die Ergebnisse der Untersuchung präsentiert in Form von bildlich dargestellten Mustern der Kovariation bzw. Non-Kovariation zwischen dem Verzehr eines Nahrungsmittels und dem Auftreten von Erkältungen. Grundschüler waren mehrheitlich nicht fähig, die Gesamtheit der präsentierten Evidenz zu erfassen und im Hinblick auf ihre eigene Hypothese zu interpretieren, sondern sie beachteten nur Teile des Datenmusters und sie verzerrten die Befunde, um Konsistenz mit der eigenen Hypothese zu erzielen. Erst im Jugendalter waren die meisten Probanden zu einer wissenschaftlich angemessenen Interpretation solcher Datensätze fähig.

Die Evidenzevaluation von Kindern und Jugendlichen sollte allerdings nicht an einem idealen Standard wissenschaftlicher Rationalität gemessen werden, da auch bei professionellen Wissenschaftlern Verzerrungen der Interpretation

von nicht erwartungskonformen Daten vorkommen. Vergleiche zwischen der Evidenzevaluation von Kindern und der bei professionellen Wissenschaftlern sind auf der Basis solcher Studien außerdem kaum möglich, da willkürliche ad hoc Theorien über Zusammenhänge zwischen bestimmten Variablen geprüft wurden, und nicht echte, kausal begründete Theorien über einen Phänomenbereich, in dem Kinder bereits ausreichendes Vorwissen über Kausalzusammenhänge haben. Zudem lassen die Befunde von Kuhn et al. (1988) keine Rückschlüsse über die spezifischen Ursachen der defizitären Evidenzevaluation bei Kindern zu, da die Aufgaben hohe Anforderungen an Aufmerksamkeit, Gedächtnis und Sprachverständnis stellten, die nicht systematisch kontrolliert wurden.

Neuere Studien untersuchten in sehr einfachen Aufgaben ein grundlegendes Verständnis des Zusammenhangs von Hypothesen und Daten. So konnten Koerber, Sodian, Thoermer, & Nett (2005) zeigen, dass schon 4-jährige Kinder einfache Kovariationsmuster im Hinblick auf die Konsistenz bzw. Inkonsistenz mit einer Hypothese interpretieren können: Wenn nur eine Variable manipuliert wurde (z.B. Farbe der Kaugummis) und perfekte oder nahezu perfekte Kovariation präsentiert wurde (z.B. alle oder nahezu alle Kinder, die grüne Kaugummis aßen, hatten Karies), so konnten 4-jährige richtig beurteilen, ob eine Geschichtenfigur, die eine bestimmte Hypothese hatte, diese aufgrund der Evidenz beibehalten oder ändern würde. Wenn hingegen Non-Kovariation zwischen vermuteter Ursache und Effekt gezeigt wurde (z.B. die Hälfte der Kinder, die grüne Kaugummis gegessen hatten, hatte gesunde Zähne, die andere Hälfte Karies), so konnten Vorschulkinder die Evidenz nur dann korrekt interpretieren, wenn ihnen die Hypothese vorgegeben wurde, es bestehe kein Zusammenhang zwischen den beiden Variablen. Die Kompetenzen der Vorschulkinder waren unabhängig davon, ob die Evidenz in Form von realistischen Bildern oder in Form von Balkendiagrammen vorgegeben wurde; eine kurze Einführung in die Konvention des Balkendiagramms genügte schon bei Vorschulkindern, um die einfachen Datenmuster zu interpretieren. Diese Befunde deuten auf grundlegende Fähigkeiten der Evidenzevaluation im Grundschulalter hin, die genutzt werden können, um die Fähigkeit zur Interpretation komplexerer Datenmuster zu vermitteln.

Für die Interpretation komplexerer Datenmuster ist intuitive Stochastik nötig. Defizite von Jugendlichen und Erwachsenen bei der Interpretation von komplexen Vierfeldertafeln sind gut dokumentiert (Shaklee & Mims, 1981), jedoch sind Basiskompetenzen von Grundschulern bisher kaum untersucht. In einem laufenden Münchner DFG-Projekt untersuchen Entwicklungspsychologen in enger Kooperation mit Mathematikdidaktikern solche Basiskompetenzen mit dem Ziel der Entwicklung von Förderinstrumenten (Reiss et al., 2011).

Obwohl Kinder im Grundschulalter in inhaltsarmen, experimentellen Aufgaben grundsätzlich Gegenevidenz zu einer Hypothese zur Kenntnis nehmen und entsprechende Schlussfolgerungen ziehen, sind sie dazu häufig nicht in der Lage, wenn in realen naturwissenschaftlichen Domänen ihre aus vorwissenschaftlichen Präkonzepten abgeleiteten Vorhersagen mit der im Unterricht gewonnenen Evidenz konfliktieren (so z.B. die Vorhersage „alle schweren Ob-

jekte gehen im Wasser unter“, die mit der Evidenz konfligiert, dass ein schwerer Baumstamm schwimmt).

Zieldimension der naturwissenschaftlichen Bildung ist die Kompetenz zur Evidenzevaluation in naturwissenschaftlichen Domänen. Evidenzbasierte Argumentation über naturwissenschaftliche Phänomene ist ein komplexer Prozess, der noch unzureichend analysiert ist. In einer Studie von Hardy, Klotzer, Möller, & Sodian (2010) wurde der evidenzbasierte Diskurs im Physikunterricht der Grundschule analysiert; es zeigte sich eine geringe Häufigkeit und ein niedriges Niveau der evidenzbasierten Argumentation: Häufig wurden nur unbegründete Behauptungen aufgestellt oder Einzelbeobachtungen als Evidenz angeführt. Zugleich ergaben sich Hinweise auf förderliche Effekte evidenzbasierter Interventionen der Lehrkraft (siehe auch Kap. 2.3).

Zieldimension ist die Entwicklung der kindlichen *Fähigkeit, zwischen Hypothese und Evidenz zu differenzieren und Evidenz im Hinblick auf die zu prüfende Hypothese zu evaluieren*. Die genannten Studien geben Anhaltspunkte für Möglichkeiten der Unterstützung dieser Differenzierungs- und Reflexionsleistung.

Messung:

Hardy et al. (2010) entwickelten ein System zur Kodierung des Niveaus des evidenzbasierten Diskurses im Unterricht, das für Videoanalysen von Diskursen über naturwissenschaftliche Phänomene einsetzbar ist. Individuelle Kompetenzen können mit dem im Projekt Science-P entwickelten Inventar erfasst werden (Koerber et al., 2011), siehe Kapitel 2.2.7.

2.2.5 Selbstgesteuerte Explorationsprozesse

Für die naturwissenschaftliche Bildung von Grundschulkindern sind selbstgesteuerte Explorationsprozesse, in denen über einen längeren Zeitraum hinweg ein Phänomenbereich erkundet wird, von besonderer Bedeutung. In der Entwicklungspsychologie wurde in mehreren mikrogenetischen Längsschnittstudien untersucht, wie Kinder (im späten Grundschulalter) im Vergleich zu Jugendlichen und Erwachsenen in solchen Situationen lernen.

Um Effekte des domänenspezifischen Vorwissens auszuschalten, wurden in Studien computerisierte Mikrowelten geschaffen, so z.B. die Mikrowelt der

Rennautos, die auf mehreren Dimensionen variierten (Reifenbreite, Spoiler, Heck etc.); Aufgabe der Probanden war es, die Zusammenhänge zwischen diesen Variablen und der Geschwindigkeit der Rennautos zu erkunden, und die Kausalbeziehungen möglichst vollständig aufzudecken. Die Probanden explorierten die Mikrowelt 6 bis 10 Stunden lang über einen Zeitraum von mehreren Wochen (Schauble, 1990; Kuhn et al., 1995). Die Kinder machten Lernfortschritte, jedoch waren diese aufgrund defizitärer Strategi-



en nicht so ausgeprägt wie bei Erwachsenen und es gelang ihnen in der Regel nicht, die Kausalstruktur der Domäne vollständig aufzudecken. Die Befunde weisen darauf hin, dass selbstgesteuerte Exploration ohne Unterstützung durch Lehrpersonen Grundschulkindern oft nur begrenzte Erkenntnisgewinne ermöglichen dürfte. Allerdings sind die Mikrowelten, die in diesen Studien realisiert wurden, nur begrenzt mit realen naturwissenschaftlichen Phänomenbereichen vergleichbar.

Als Zieldimension für die frühe naturwissenschaftliche Bildung wird das *selbstgesteuerte Lernen durch Exploration* empfohlen.

Messung:

Die Messung solcher Lernprozesse ist aufwändig und kann mit den in den mikrogenetischen Studien eingesetzten Methoden durchgeführt werden. Für einen Prä- Posttest Vergleich ist das in Science-P entwickelte Inventar geeignet (siehe 2.2.7).

2.2.6 Wissenschaftsverständnis

Die Fähigkeit von Grundschulkindern, in spezifischen Aufgabenkontexten alternative Theorien zu entwickeln, Hypothesen zu bilden, Experimente zu planen und Evidenz zu interpretieren, erlaubt Rückschlüsse auf ihr Wissenschaftsverständnis. Darüber hinaus verfügen Erwachsene über ein abstrakt deklaratives, situationsunabhängiges Verständnis von Wissenschaft, das u.a. Konzepte von Theorie und Evidenz, Experiment und Daten umfasst. Bisher gibt es kaum Studien zum deklarativen Wissenschaftsverständnis von Kindern im Grundschulalter. Aufbauend auf einer Interviewstudie von Carey, Evans, Honda, Jay und Unger (1989) zum Wissenschaftsverständnis von Siebtklässlern führten Sodian und Kollegen (Sodian, Thoermer, Kircher, Grygier & Günter, 2002; Sodian, Jonen, Thoermer & Kircher, 2006; Grygier, 2008) Studien zum Wissenschaftsverständnis von Viertklässlern mit einer für diese Altersstufe adaptierten Version des Nature-of-Science-Interviews nach Carey et al. (1989) durch. Das Interview enthielt Fragen zu den Zielen von Wissenschaft (Worum geht es in Wissenschaften? Was sind Ziele von Wissenschaft?), den einzelnen Elementen des Forschungsprozesses (Was ist eine Hypothese/Theorie? Was ist ein Experiment?), den Zusammenhängen zwischen Theorien/Hypothesen und Experimenten, den Ursachen für unerwartete Befunde und dem Verständnis der Revision von Hypothesen und Theorien. Ebenso wie die Siebtklässler in der Studie von Carey et al. (1989) artikulierten die Grundschüler mehrheitlich ein Verständnis von Wissenschaft als Aktivität zur Produktion positiver Effekte oder als Sammlung faktischer Information und stellten keine Beziehungen zwischen Theorien/Hypothesen, Experimenten und Evidenzen her.

Eine kurzzeitige Instruktion durch Einsatz eines explizit wissenschaftstheoretischen Curriculums hatte jedoch bereits bei Viertklässlern positive Effekte auf das Wissenschaftsverständnis: Das Verständnisniveau konnte angehoben werden und ein Grundverständnis von Wissenschaft als Suche nach Erklärungen und ein Verständnis von wissenschaftlichem Wissen als Ergebnis der Prüfung von Hypothesen und Theorien vermittelt werden. Es

zeigte sich ferner ein Zusammenhang zwischen dem Wissenschaftsverständnis und dem Lernfortschritt in einem anschließend unterrichteten naturwissenschaftlichen Inhaltsbereich. Grygier (2008) fand, dass eine wissenschaftstheoretisch unterrichtete Klasse im Vergleich zu einer Kontrollklasse im Prä- Posttest Vergleich eines Curriculums zum Sinken und Schwimmen signifikant mehr Misskonzepte abbaute und wissenschaftlich adäquate Vorstellungen aufbaute. Diese Befunde unterstreichen die Bedeutung wissenschaftstheoretisch orientierten Unterrichts, der in altersangemessener Form schon bei Grundschulern mit Erfolg durchgeführt werden kann (Grygier, Günther, & Kircher, 2004).

Ein explizites *Verständnis des Zustandekommens wissenschaftlichen Wissens und Einsicht in die wichtigsten Elemente des Forschungsprozesses* ist eine wichtige Zieldimension naturwissenschaftlicher Bildung. Die genannten Studien belegen elementare Verständnisvoraussetzungen im Grundschulalter und förderliche Effekte von Unterricht.

Messung:

Die Erfassung dieser Dimension ist über das Nature of Science Interview von Carey et al. (1989) in einer für die Grundschule adaptierten Form (siehe Grygier, 2008) oder über das im Projekt Science P entwickelte Inventar zur Messung des Wissens über Naturwissenschaften möglich (siehe 2.2.7).

2.2.7 Messinstrumente

Der Überblick über die entwicklungspsychologische Literatur zum Wissen über Naturwissenschaften (Methodenkompetenzen und Wissenschaftsverständnis) im Grundschulalter hat die Kontext- und Aufgabenabhängigkeit der Kompetenzen in Hypothesenprüfung, Evidenzevaluation und Wissenschaftsverständnis demonstriert. In offenen Antwortformaten und multivariaten Aufgabenkontexten zeigen sich bei Grundschulern durchweg Defizite, bei Verwendung geschlossener Antwortformate (z.B. Auswahl zwischen verschiedenen Experimenten) und reduzierten Informationsverarbeitungsanforderungen der Aufgaben zeigen schon junge Grundschüler grundlegende Verständnisvoraussetzungen, wie z.B. ein Verständnis der Hypothesenprüfung (im Gegensatz zur Effektproduktion). Ausgehend von diesen Befunden wird im Projekt „Science P“ (Möller, Hardy, Sodian, Koerber, & Schwippert) ein *Inventar zur ökonomischen und validen Erfassung des Wissens über Naturwissenschaften im Grundschulalter* entwickelt.

Das zugrundeliegende Kompetenzmodell postuliert drei Verständnisebenen: (1) Naive Vorstellungen, (2) Zwischenvorstellungen und (3) wissenschaftlich adäquate Vorstellungen. Im Multiple-Choice bzw. Multiple-Select Format wurden Antwortalternativen vorgegeben, die die drei Verständnisniveaus abbilden. So stellt z.B. die Wahl eines kontrollierten Experiments eine wissenschaftlich adäquate Lösung der Aufgabe dar, eine Hypothese über einen Ursache-Wirkungs-Zusammenhang zwischen Variablen zu testen, die Wahl eines kontrastiven Tests ohne Variablenkontrolle eine teilweise richtige Zwischenvorstellung und die Reproduktion eines Effekts ohne Bedingungsvariation eine naive (Fehl)vorstellung. Der Vergleich ein- und

mehrdimensionaler Rasch Modelle ergab eine eindimensionale Struktur der Kompetenz „Wissen über Naturwissenschaften“ mit zufrieden stellender Reliabilität (Mayer, 2012). Eine Validierungsstudie zeigte, dass die Vorgabe von Antwortalternativen, wie vermutet, im Vergleich zum Einzelinterview zu höheren Antwortniveaus führte, wobei weitgehend ausgeschlossen werden konnte, dass die Kinder im schriftlichen Testverfahren raten (Koerber et al., 2012). Das Instrument ist ab dem Ende der zweiten Klasse einsetzbar und es finden sich erwartungsgemäß Entwicklungsveränderungen zwischen Klassenstufe 2 und 4 vom Niveau der naiven Vorstellungen hin zum Niveau der Zwischen- und der wissenschaftlichen Vorstellungen. Individuelle Entwicklungspfade werden derzeit längsschnittlich untersucht. Das Instrument erlaubt die differenzierte Erfassung des Wissens über Naturwissenschaften und die Aufklärung von Zusammenhängen mit dem naturwissenschaftlichen Wissen von Grundschulern.

2.3 Naturwissenschaftliches Wissen

Ilonca Hardy und Mirjam Steffensky

Naturwissenschaftliches Wissen wird, in Anlehnung an Befunde der fachdidaktischen und entwicklungspsychologischen Forschung zur kognitiven Entwicklung, im Folgenden im Sinne eines konzeptuellen Wissens verstanden, welches zusammenhängend, elaboriert und anwendbar ist bzw. als individuelle Vorstellung/en zu spezifischen Phänomenen bezeichnet werden kann.

2.3.1 Struktur des naturwissenschaftlichen Wissens

Bereits zu Beginn der Grundschulzeit weisen Kinder jeweils unterschiedliche und unterschiedlich angemessene Vorstellungen zu naturwissenschaftlichen Phänomenen auf. Diese resultieren u.a. aus Erfahrungen in der natürlichen Umwelt des Kindes, dem Wissen aus Lerngelegenheiten der Institution Kindergarten, Schwerpunktsetzungen aufgrund von individuellen Interessen sowie dem Sprachgebrauch in Alltag und Medien. Im Laufe der Grundschulzeit findet bei entsprechenden Lerngelegenheiten eine zunehmende Ausdifferenzierung und Umstrukturierung der bestehenden Vorstellungen von Kindern statt. Obwohl viele der sogenannten naiven Vorstellungen von Kindern als interpretatorischer Rahmen im Alltag durchaus sinnvoll erscheinen, sind die wenigsten dieser Vorstellungen schon zu Beginn der Schulzeit mit den in der Wissenschaft geteilten Erklärungen und Modellen vereinbar. Daher sollte im Verlauf der Grundschulzeit eine kognitive Umstrukturierung dieser Vorstellungen insbesondere durch fachlich durchdachte und langfristig angelegte Lerngelegenheiten angestrebt werden, so dass anschlussfähige und mit wissenschaftlichen Modellen übereinstimmende Vorstellungen entwickelt werden können (Vosniadou et al., 2008; Duit & Treagust, 2008; Cepni & Cil, 2010; Möller, Hardy & Lange, 2012; Shtulman, 2009). Dabei beruht der Erwerb von fortgeschrittenem konzeptuellem Wissen nicht auf einer Ansammlung von Fakten, sondern wird verstanden als ein langsamer und wenig geradliniger Prozess, im Zuge dessen auch unterschiedliche Formen von sogenannten Zwischenvorstellungen sowie wenig zusammenhängendes (fragmentiertes) Wissen auftreten können (Schneider, Vamvakoussi, & van Dooren, 2012; Duit & Treagust, 2008).

Während einige Erklärungsansätze innerhalb der Konzeptwechseltheorien ein eher theorieartiges und kohärentes Wissen auch schon zu Beginn des Lernprozesses, also beim anfänglichen Wissen von Kindern, hervorheben (Vosniadou & Brewer, 1992; Vosniadou, Vamvakoussi & Skopeliti, 2008), weisen Vertreter des Fragmentierungsansatzes auf das häufig ideosynkratische und nur lose verbundene Wissen von Lernenden hin (diSessa, Gillespie & Esterly, 2004; diSessa, 2008).

Nach dem *Kohärenzansatz* können Konzeptwechsel also als Veränderungen in zusammenhängenden Interpretationsrahmen (Theorien) angesehen werden, bei denen schon das anfängliche bereichsspezifische Wissen von kleinen Kindern nach logischen Prinzipien organisiert und durch Kernwissen gestützt wird. Dieses anfängliche Wissen beeinflusst in Form von Rahmentheorien auch den Aufbau neuer Wissensstrukturen. Neue Information wird demnach innerhalb eines bestehenden theoretischen Rahmens interpretiert, so dass bei einer Präsentation neuer Information sog. synthetische (mentale) Modelle oder Zwischenvorstellungen entstehen können, welche Aspekte der ursprünglichen Vorstellung mit Aspekten der neu hinzugekommenen Erklärung kombinieren. Diese Zwischenvorstellungen werden erst in einer nächsten Phase der konzeptuellen Entwicklung in ein wissenschaftlich adäquates Modell überführt (Vosniadou & Brewer, 1992; Vosniadou, Vamvakoussi & Skopeliti, 2008). Beispielsweise konnte in Untersuchungen mit Kindern über Vorstellungen zur Erde gezeigt werden, dass verschiedene anfängliche Theorien zur Erde unterschieden werden können und jüngere Kinder häufig zunächst die Vorstellung einer flachen Erde bilden; diese ist eng mit Alltagsbeobachtungen einer flachen Erdoberfläche und der Beobachtung, dass Objekte herunter fallen, verbunden und nutzt somit Kernwissen sowie alltägliche Erfahrungen als Interpretationsrahmen zur Erklärung von Phänomenen (Vosniadou & Brewer, 1992).

Dieser Ansatz des kohärenten, integrierten Wissens wurde in zahlreichen (meist querschnittlichen) Studien für unterschiedliche Inhaltsgebiete wie Kräfte, Tag-Nacht-Zyklus oder Vorstellungen der Erde belegt (z.B. Ioannides & Vosniadou, 2002); dennoch wird auch in dieser Perspektive anerkannt, dass es eine größere Gruppe von Kindern in jeder Altersstufe gibt, die wenig integriertes Wissen aufweist.

Die Vertreter des *Fragmentierungsansatzes* (z.B. diSessa, 2008; Clark, 2006) fokussieren auf diese Inkonsistenz von Vorstellungen, indem die Kontextgebundenheit und Unstrukturiertheit von Wissen hervorgehoben wird. Es wird ausgegangen von einem Kontinuum der konzeptuellen Entwicklung, wobei sukzessive einzelne, kontextspezifische Wissensseinheiten in umfassendere Systeme integriert werden (diSessa, Gillespie & Esterly, 2004).

Ausgehend von Befunden dieser Forschungsrichtung zu unterschiedlichen Altersgruppen und Inhaltsgebieten (z.B. diSessa, 2008) wird angenommen, dass der Prozess der konzeptuellen Umstrukturierung die Integration von Vorstellungen, aber auch die kontextabhängige Differenzierung und Fragmentierung dieser Vorstellungen beinhalten kann, je nachdem, an welchem Punkt der konzeptuellen Entwicklung sich ein Kind befindet. So ist aus einer Vielzahl von Forschungsbefunden ersichtlich, dass gerade das anfängliche bzw. vor-

unterrichtliche Verständnis von Kindern in der Regel keineswegs als theoriegleich und kohärent anzusehen ist. Beispielsweise wurde in einer Serie von Studien zum Verständnis von Luftdruck sowie von Verdunstung und Kondensation festgestellt, dass Schüler multiple Konzepte, welche sowohl naive als auch fortgeschrittene Vorstellungen umfassten, gleichzeitig nutzten, um Phänomene zu erklären (z.B. Tytler, 2000; Tytler & Prain, 2010). Auch im Projekt Science-P, das sich mit der naturwissenschaftlichen Kompetenzentwicklung in der Grundschule beschäftigt, ergab sich, dass in den Inhaltsgebieten Verdunstung und Kondensation sowie Schwimmen und Sinken das anfängliche Wissen von Grundschulkindern größtenteils inkonsistent und deutlich inhaltspezifisch war (Kleickmann, Hardy, Pollmeier, & Möller, 2011).

Es ist also davon auszugehen, dass die Integration von zunächst disparaten Wissensstrukturen ein zentraler Prozess der konzeptuellen Entwicklung ist. Auch die Ergebnisse einer weiteren längsschnittlichen Untersuchung zu Vorstellungen zum Schwimmen und Sinken weisen darauf hin, dass die Veränderung von Vorstellungen sowohl Phasen der Fragmentierung als auch Phasen der Integration enthalten kann, abhängig vom Status des anfänglichen konzeptuellen Wissens verbunden mit der Qualität bzw. Ausrichtung der fachlichen Lerngelegenheit (Schneider & Hardy, 2012). Dies bedeutet auch, dass in Bildungssituationen zu erwarten ist, dass Kinder in ihren Deutungen von Naturphänomenen verschiedene, inkonsistente Erklärungsansätze verwenden, dass diese je nach Kontext variieren und dass Widersprüchlichkeiten von den Kindern meist nicht ohne entsprechende Unterstützung erkannt werden.

2.3.2 Konzeptuelles Wissen in unterschiedlichen Inhaltsgebieten

Die Mehrheit der Lehrpläne für die Primarstufe bezieht sich in der Auswahl naturwissenschaftlicher Inhalte auf die Bereiche „Materie“ (z.B. Luft, Verdunsten/Kondensieren) und „Wechselwirkung“ (z.B. Magnetismus, Auftriebs- und Gewichtskraft). Im Folgenden werden beispielhaft die Inhaltsgebiete „Schwimmen und Sinken“ und „Aggregatzustände“ beschrieben, da diese wesentliche Konzepte zum breiten Erfahrungshintergrund „Wasser“ beinhalten und somit möglicherweise auf anschlussfähigen Vorstellungen aus Lerngelegenheiten des Kindergartens aufbauen können. Die Berücksichtigung von anschlussfähigem Wissen wird in der Fachdidaktik seit einiger Zeit im Kontext von sog. „learning progressions“ diskutiert (Alonzo, 2012) und zielt auf die dezidierte Verknüpfung von Lerngelegenheiten unterschiedlicher Bildungsstufen ab mit dem Ziel einer kontinuierlichen konzeptuellen Entwicklung in wichtigen Domänen der naturwissenschaftlichen Bildung.

Typischerweise wird in der Forschung zur konzeptuellen Entwicklung zwischen Erklärungen unterschiedlicher Reichweite unterschieden, wenn das anfängliche



Wissen von Kindern und das durch schulische Lerngelegenheiten angestrebte Wissen beschrieben werden. Diese Wissensformen unterscheiden sich in Bezug auf ihren Inhalt, ihre wissenschaftliche Angemessenheit und ihre funktionalen Eigenschaften (Schneider & Hardy, 2012). So können naive Vorstellungen, Alltagsvorstellungen und wissenschaftlich angemessenen Vorstellungen unterschieden werden.

Beispielsweise beziehen sich *naive Vorstellungen* im Kontext von Schwimmen und Sinken auf eindimensionale Erklärungen mit einem Fokus auf Gewicht, Größe, Form o.ä.; sie sind daher nicht vereinbar mit wissenschaftlichen Erklärungen und haben keinen Erklärungswert über sehr wenige Beobachtungen hinaus. So erwarten viele Kinder, dass ein großer Holzblock sinken wird, weil er schwer ist, während eine kleine Metallnadel schwimmt, weil sie so leicht ist.

Alltagserklärungen können hingegen schon eine größere Breite an Beobachtungen in Alltagskontexten erklären. Sie können allerdings durch systematische Beobachtungen und Ergebnisse aus Versuchen falsifiziert werden. Generell befinden sich Kinder hier auf einem Verständnisniveau, in dem Zusammenhänge auf der Phänomenebene erkannt werden, diese jedoch in der Regel noch nicht mit erklärenden physikalischen Konzepten in Verbindung gebracht werden. Beispielsweise könnte ein Kind das Materialkonzept verwenden, um zu erklären, warum eine Metallnadel im Wasser untergeht und diese Erklärung auch auf andere Vollkörper aus demselben Material übertragen. Dennoch ist die Reichweite der Erklärung eingeschränkt, da noch nicht erklärt werden kann, warum ein Hohlkörper, also beispielsweise ein Schiff aus Eisen, im Wasser nicht sinkt.

Um eine *wissenschaftlich angemessene* und ökonomische Erklärung für alle Beobachtungen zu liefern, müssen die Konzepte des Dichtevergleichs und der Auftriebskraft für das Schwimmen und Sinken herangezogen werden, da diese die zugrundeliegenden physikalischen Mechanismen des zu erklärenden Phänomens beinhalten. Die Verwendung von wissenschaftlichen Konzepten bedeutet auch immer, dass Zusammenhangswissen ausgedrückt wird. Dies kann sich in Je-Desto-Formulierungen oder Wenn-dann-Formulierungen wiederfinden, z.B. der Formulierung eines Kindes „je größer ein Gegenstand ist, desto mehr Wasser verdrängt er“. Während dieses Zusammenhangswissen noch sehr situiert sein kann (z.B. „wenn ich diesen Schwamm in die Sonne lege, dann trocknet er“), nähert es sich mit zunehmender Generalisierung an naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten an (z.B. „Wenn die Temperatur erhöht wird, dann verdampft die Flüssigkeit schneller“).

Dabei ist hervorzuheben, dass Erklärungen mit wissenschaftlichen Konzepten im Grundschulalter noch nicht die Verwendung von Formelwissen beinhalten; sie beziehen sich jedoch auf die physikalisch korrekten Zusammenhänge zwischen den Größen bzw. Variablen, die für die Beschreibung des jeweiligen Phänomens notwendig sind. Herauszustellen bleibt in Bezug auf die Beschreibung von Vorstellungen als Fehlvorstellungen, Alltagsvorstellungen und wissenschaftlichen Vorstellungen weiterhin, dass das individuelle konzeptuelle Wissen unterschiedlich integriert sein kann und der Prozess der Wissensintegration und Ausdifferenzierung individuell verläuft. So werden durchaus Vorstellungen auf unterschiedlichen Niveaus miteinander kombiniert bzw.

in ähnlichen Kontexten unterschiedliche Erklärungsansätze herangezogen, ohne dass diese Inkonsistenzen von den Kindern erkannt werden (Schneider & Hardy, 2012).

Im Zusammenhang mit dem naturwissenschaftlichen Wissen steht auch die Art und Weise, wie *Begründungen* für natürliche Sachverhalte formuliert werden. Im Bereich der Naturwissenschaften wird dabei insbesondere auf die Nutzung empirischer Evidenz Wert gelegt (siehe auch Beinbrech, Kleickmann, Tröbst & Möller, 2009; Furtak et al., 2010). Ziel einer frühen Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Phänomenen ist es, die Bedeutung der Begründung von Aussagen durch Beobachtungen (aus dem Alltag oder aus Experimenten) herauszustellen. Das Begründen von Aussagen, insbesondere unter der Nutzung empirischer Evidenz, stellt ein wesentliches Merkmal wissenschaftlicher Argumente dar. Dabei kann beispielsweise unterschieden werden, auf welchem Begründungsniveau Aussagen gestützt werden: keine Begründung, auf phänomenologischer Ebene (es wird nur ein Merkmal/ Beobachtung genannt, auf relationaler Ebene (mehrere Datenpunkte werden zusammengefasst) oder auf formaler Ebene (Begründung wird aufgrund einer Regel gegeben).

Angestrebt wird also in Bezug auf das naturwissenschaftliche Wissen von Grundschulkindern ein im Vergleich zum Kita-Alter fortgeschrittenes Verständnisniveau, das den hier beschriebenen *Vorstellungen auf Alltagsniveau* bzw. wissenschaftlichen Vorstellungen (im Sinne eines Verständnisses der naturwissenschaftlich korrekten Zusammenhänge zwischen Größen/Prozessen in unterschiedlichen Inhaltsgebieten) entspricht. Dabei wird in den ersten beiden Klassenstufen eher ein Verständnis auf Alltagsniveau erwartet, während in den letzten beiden Klassenstufen zunehmend wissenschaftliche Vorstellungen erwartbar sind.

Desweiteren sollen Kinder die grundlegende Relevanz empirischer Evidenz für die wissenschaftliche Argumentation kennen; dies äußert sich in der Begründung von Behauptungen auf relationaler oder regelbasierter bzw. formaler Ebene.

Messung:

Zur Erfassung des konzeptuellen Wissens von Grundschulkindern in den Inhaltsgebieten Schwimmen und Sinken und Verdunstung und Kondensation sind im Rahmen des Projekts Science-P Gruppentestinstrumente im Multiple-Choice bzw. Multiple-Select-Format entwickelt und an einer repräsentativen Stichprobe von über 1000 Grundschulkindern erprobt worden. Hier zeigte sich einerseits die Machbarkeit der Erfassung von *konzeptuellem Wissen* im Grundschulalter durch schriftliche Testverfahren, andererseits beispielsweise Unterschiede zwischen der Darbietung von Konzepten, z.B. in Selektionsaufgaben, und der eigenen Produktion von Erklärungen in Interviews, wobei die Reaktion auf dargebotene Konzepte als einfacher einzustufen ist (Pollmeier, Hardy, Möller & Koerber, 2011). Beispielitems und Angaben zur Testkonstruktion finden sich u.a. bei Kleickmann et al. (2010). Ein weiterer Schülerleistungstest zu den Aggregatzuständen mit 24 geschlossenen Items, der an einer Stichprobe von über 1000 Grundschulkindern eingesetzt wurde, findet sich bei Ohle, Fischer und Kauertz (2011).

Beispiele aus dem Inhaltsbereich Wasser

Schwimmen und Sinken

- **Typische naive Vorstellungen von Grundschulkindern:** Alles, was klein ist, schwimmt. Alles, was groß ist, sinkt. Alles, was leicht ist, schwimmt. Alles, was schwer ist, sinkt. Alles, was Luft hat schwimmt (Luft zieht nach oben). Alles, was Löcher hat, geht unter. Alles, was einen Motor hat, schwimmt. Wasser drückt/zieht/saugt nach unten.
- **Vorstellungen auf einem Alltagsniveau:** Dinge mit einem Hohlraum schwimmen. Dinge aus leichtem Material schwimmen (leichter als Wasser). Dinge aus einem schweren Material gehen unter (schwerer als Wasser). Dinge aus Holz/Styropor/Kork/Wachs schwimmen. Dinge aus Stein/Metall/Keramik sinken. Wenn etwas ins Wasser gesetzt wird, dann drückt das Wasser dagegen.
- **Vorstellungen mit wissenschaftlichen Konzepten:** Dinge, die schwerer sind als genauso viel Wasser, sinken. Dinge, die leichter sind als genauso viel Wasser, schwimmen. Dinge, die vom Wasser stark genug nach oben gedrückt werden, schwimmen. Dinge, die schwerer sind als die Auftriebskraft, sinken. Je größer etwas ist, desto stärker drückt das Wasser dagegen und desto besser schwimmt der Gegenstand.
- In Verbindung mit den Vorstellungen steht auch die Fähigkeit der Kinder, ihre Beobachtungen und Erklärungen sprachlich zu auszudrücken, d.h. Phänomene und Sachverhalte zu benennen und zu beschreiben. Beispiele hierfür sind Materialbezeichnungen (Holz, Styropor, Metall / Eisen, Plastik, Stein), fühlt sich schwer / leicht an, auftauchen, schwimmen, nach oben kommen, untergehen, sinken, Wasser drückt, Wasser braucht Platz, Wasser steigt.

Als Vorläufer des Verständnisses von „Schwimmen und Sinken“ können ein Verständnis von Materie und der Gewichts-begriff angesehen werden (Carey, 1991). Eine Unterscheidung von Volumen und Masse im Dichtebegriff mit einer einhergehenden „Theorie der Materie“ ist jedoch frühestens zu Beginn der Sekundarstufe zu erwarten (z.B. Smith, 2007; Wiser & Smith, 2008). Dennoch kann die mittlere Dichte nach entsprechender Instruktion als Erklärung für das Schwimmen und Sinken von Gegenständen schon zum Ende der Grundschulzeit herangezogen werden (Hardy, Jonen, Möller & Stern, 2006; Möller, Jonen, Hardy & Stern, 2002). Eine weitere Voraussetzung für ein Verständnis von Schwimmen und Sinken ist im Verdrängungskonzept zu sehen; hier muss die gängige Fehlvorstellung, dass die Menge an verdrängtem Wasser vom Gewicht eines Gegenstands abhängt, zugunsten des Volumens eines Gegenstands aufgegeben werden.

Aggregatzustände

- **Typische naive Vorstellungen:** Wasser verschwindet einfach. Wasser wird im Boden aufgenommen und verschwindet. Eis kann zu Wasser werden, aber aus etwas flüssigem kann nichts Festes werden. Schmelzen und Lösen sind identische Vorgänge.

- **Vorstellungen auf einem Alltagsniveau:** Wasser geht nach oben. Aus Eis kann Wasser werden und umgekehrt. Aus Wasser kann Dampf werden und umgekehrt. Wenn es warm ist, dann schmilzt Eis. Je wärmer es ist, desto schneller schmilzt Eis. Wenn es kalt ist, dann wird Eis zu Wasser. Je kälter es ist, desto schneller gefriert Wasser. Wasser wird in Luft umgewandelt
- **Vorstellungen mit wissenschaftlichen Konzepten:** Das Wasser ist als unsichtbares Wasser in der Luft. Wenn es sehr warm/heiß ist, geht Wasser in die Luft (kocht Wasser).
- **Sprachliche Formulierungen:** fest, hart, kalt, flüssig, weich, warm, kann man gießen, umschütten, flüssig werden, zu Wasser werden, schmelzen, (auf)tauen, fest werden, zu Eis werden (ein)frieren, (gefrieren) unsichtbar, wie Luft, kann man nicht greifen/anfassen, in die Luft gehen, zu Luft werden, zu Dampf/Nebel werden, trocknen, kochen (im Sinne von sieden), beschlagen, wieder zu Wasser werden



2.3.3 Die Rolle strukturierter Lernerfahrungen für effektives Lernen

Ausgehend davon, dass sich Kinder im Grundschulalter mit einer Bandbreite an Erfahrungen und spezifischen, häufig inkohärenten Vorstellungen einem Themengebiet nähern, sollte eine effektive Lernumgebung (vgl. Kapitel 3.3.3) den Kindern die Möglichkeit geben, ihre Vorstellungen produktiv zu hinterfragen, neue Erklärungsansätze für beobachtete Phänomene aufzubauen und diese zu kohärenten Sichtweisen zu integrieren (Linn, 2006; Schneider & Stern, 2009). Die Unterrichtsforschung hat gezeigt, dass übliche Lernumgebungen der Grund- und Sekundarstufe häufig nicht erfolgreich darin sind, Schülerinnen und Schülern den langfristigen Aufbau neuer Konzepte zu ermöglichen, so dass Fehlvorstellungen bis ins späte Sekundarstufenalter sowie Erwachsenenalter persistieren (Wandersee et al., 1994; Treagust & Duit, 1998).

Gerade in der Grundschule ist es daher wichtig, in einer Lernumgebung die Schülerorientierung und das entdeckende, an empirischer Evidenz und Experimenten orientierte Lernen zu verknüpfen mit Elementen der Strukturierung. Insgesamt weist die Unterrichtsforschung darauf hin, dass nur in entsprechend strukturierten Lernumgebungen und mit adaptiver Unterstützung von Lernenden adäquate Vorstellungen im Bereich der Naturwissenschaften aufgebaut werden können (Klahr & Nigam, 2004; Hardy, Jonen, Möller und Stern, 2006). Es muss also hervorgehoben werden, dass nicht alle Lerngelegenheiten der Grundschule eine Veränderung des anfänglichen naturwissenschaftlichen Wissens hin zu wissenschaftlich adäquateren Vorstellungen

unterstützen. Zwar erhöhte sich in einer querschnittlichen Untersuchung die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Kind stärker integriertes und fortgeschrittenes Wissen aufwies, durch den Umfang des bereits erhaltenen Unterrichts in den beiden im Test erfassten Inhaltsbereichen; der Umfang des erhaltenen Unterrichts konnte den Wissenszuwachs aber bei weitem nicht vollständig erklären (Kleickmann et al., 2011).

Möglichkeiten der didaktischen Aufbereitung von unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Inhaltsgebieten des Primarbereichs finden sich in den sog. Klasse(n)kisten des Spectra Verlags. Bisher wurden in der Arbeitsgruppe von Kornelia Möller am Seminar für Didaktik des Sachunterrichts der Universität Münster die Inhaltsgebiete „Schwimmen und Sinken“, „Luft und Luftdruck“, „Brückenbau“ und „Elastizität“ mit umfangreichem, empirisch validiertem Unterrichtsmaterial aufbereitet und in Form von didaktischen Materialsammlungen im Klassensatz sowie didaktischen Handbüchern einer größeren Lehrerschaft zugänglich gemacht. Beispielsweise werden für das Inhaltsgebiet Schwimmen und Sinken unterschiedliche Sequenzierungen des Inhaltsgebiets für die Jahrgangsstufen 1 / 2 und 3 / 4 vorgeschlagen, in denen ein sequenzieller, an Schülervorstellungen orientierter Aufbau der Verdrängung, des Dichtebegriffs und des Auftriebs angestrebt wird (Jonen & Möller, 2005). Dabei werden Versuche häufig in Form von Phänomenkreisen (in der Regel als Stationenarbeiten) präsentiert mit dem Ziel, den Schülerinnen und Schülern Einsichten in grundlegende physikalische Prinzipien über verschiedene Versuche zu ermöglichen, denen der gleiche Wirkmechanismus zugrunde liegt. Voraussetzung hierfür sind die Einbettung der Versuchsanordnungen in strukturierte Arbeitsaufträge, weiterführende Fragen und Transfer und Aufforderungen zu Begründungen sowie die adaptive Unterstützung der Schüleraktivitäten.

2.4 Basiskompetenzen

Yvonne Anders und Beate Sodian

Naturwissenschaftliche Kompetenzen sind komplexe und spezialisierte Kompetenzen, die kognitive und soziale Basisfähigkeiten voraussetzen, so z.B. ein angemessenes Sprachverständnis, Leseverständnis, mathematische Fähigkeiten, Arbeitsgedächtnis, Planungsfähigkeiten, kognitive Flexibilität, Perspektivenübernahme, kognitive Verhaltenskontrolle, Persistenz. Diese Basisfähigkeiten können die Art und das Ausmaß beeinflussen, in dem Kinder im Grundschulalter von den Bildungsangeboten des „Haus der kleinen Forscher“ profitieren. Da die wenigen bisherigen Studien zum naturwissenschaftlichen Denken im Grundschulalter auf große individuelle Unterschiede hinweisen, ist zu prüfen, inwiefern unterschiedliche Bildungsangebote für Kinder mit einem unterschiedlichen Ausgangsniveau gemacht werden sollten. Hierzu sollten neben Instrumenten zur Erfassung des naturwissenschaftlichen Wissens und des Wissens über Naturwissenschaften (siehe Kap. 2.2. und 2.3) auch Verfahren zur Erfassung von Basisfähigkeiten eingesetzt werden.

Ferner ist die Erfassung von Basisfähigkeiten in Evaluationsstudien im Prä-Posttest-Vergleich relevant, um zu ermitteln, inwiefern die Bildungsangebote

des „Haus der kleinen Forscher“ neben spezifischen Effekten auf das bereichsspezifische und das bereichsübergreifende naturwissenschaftliche Wissen und Denken auch allgemeinere Effekte auf sprachliche, kognitive und soziale Fähigkeiten haben.

Betrachtet man Langzeiteffekte früher naturwissenschaftlicher Bildung, so stellt sich zudem die Frage, ob frühe spezifisch naturwissenschaftliche Kompetenzen oder vielmehr frühe allgemeine Kompetenzen wie Intelligenz, Sprache und kognitive Verhaltenskontrolle prädiktiv sind für das spätere Kompetenzniveau im naturwissenschaftlichen Denken und Argumentieren. Es gibt bisher wenig Längsschnittforschung zu dieser Frage. Bullock et al. (2009) fanden moderate Korrelationen zwischen Maßen des naturwissenschaftlichen Denkens und Intelligenzmaßen. Weiterhin zeigten sich längsschnittlich spezifische Zusammenhänge zwischen den Kompetenzen im wissenschaftlichen Denken in der Kindheit und dem Argumentationsniveau im jungen Erwachsenenalter, die unabhängig waren von allgemeiner Intelligenz. Allerdings wurden in dieser Studie keine domänenspezifischen naturwissenschaftlichen Kompetenzen in Physik, Chemie oder Biologie erfasst.

2.4.1 Kognitive Kompetenzen

Mayer (2012) untersuchte die Zusammenhänge zwischen domänenübergreifendem naturwissenschaftlichem Denken und kognitiven Basisfähigkeiten (Leseverständnis, Intelligenz, Problemlösen, Inhibition, räumliches Denken, formal-operatorische Fähigkeiten), an einer Stichprobe von $N = 285$ Grundschulern der zweiten bis vierten Klassenstufe. Leseverständnis und Intelligenz korrelierten mit wissenschaftlichem Denken, jedoch konnte die Kompetenz im wissenschaftlichen Denken als separates Konstrukt abgegrenzt werden. Dieses Ergebnis ist besonders deshalb wichtig, weil die Kompetenz im wissenschaftlichen Denken in einem schriftlichen Gruppentest erfasst wurde und gesichert werden konnte, dass die gefundenen altersbezogenen und individuellen Unterschiede nicht einfach auf Unterschiede in der Lesekompetenz zurückzuführen sind. Unter den kognitiven Basisfähigkeiten hatte die Problemlösefähigkeit, gemessen durch eine Planungsaufgabe, den „Turm von London“, herausragende prädiktive Bedeutung, in geringerem Ausmaß trug auch das räumliche Denken zur Varianzaufklärung bei. Diese Befunde deuten darauf hin, dass Planungsfähigkeiten als Korrelat des (domänenübergreifenden) wissenschaftlichen Denkens berücksichtigt werden sollten; Trainingsstudien sind nötig, um zu klären, ob die Förderung allgemeiner Planungs- und Problemlösekompetenzen Kindern im Grundschulalter hilft, von naturwissenschaftlichen Bildungsangeboten zu profitieren.

Weitere Forschung deutet auf Zusammenhänge zwischen sozialer Perspektivenübernahme (Theory of Mind) und wissenschaftlichem Denken bei Kindern im frühen Grundschulalter hin (Astington, Pelletier, & Homer, 2002). Da ferner ein enger Zusammenhang besteht zwischen der Entwicklung von Planungsfähigkeiten, kognitiver Flexibilität und sozialer Perspektivenübernahme im Vorschul- und frühen Grundschulalter (Kloo & Perner, 2008), ist anzunehmen, dass diese Basisfähigkeiten sowohl prädiktiv sind für die Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens, als auch – als Korrelate des wis-

senschaftlichen Denkens – durch entsprechende Bildungsangebote gefördert werden können.

Daher wird die Erfassung von Planungs- bzw. Problemlösefähigkeiten, sowie von *Perspektivenübernahmefähigkeiten* im Sinne einer sekundären Zieldimension empfohlen. Das *Leseverständnis* und die sprachfreie Intelligenz sollten als Kontrollvariablen erhoben werden.

Messung:

Für das Grundschulalter gibt es eine Reihe von standardisierten Verfahren zur Intelligenzmessung. Etwa ab dem Ende der 2. Klasse können Intelligenztests im Gruppentest eingesetzt werden. Es dürfte für die Zwecke der Erhebung von Basiskompetenzen in den meisten Fällen ausreichen, den CFT 20-R (Weiß, 2006) als sprachfreien Intelligenztest einzusetzen und zusätzlich ein Maß des Leseverständnisses; hier eignet sich besonders der ELFE (Lenhard & Schneider, 2006). Da Leseverständnistests hoch mit verbaler Intelligenz korrelieren, dürfte es in den meisten Fällen nicht nötig sein, zusätzlich den verbalen IQ zu erheben.

Für die Erfassung sozialer Perspektivenübernahmefähigkeit, kognitiver Flexibilität, sowie Planungsfähigkeit liegen keine standardisierten Instrumente vor, jedoch kann es lohnend sein, Aufgaben, die in der kognitiven Entwicklungspsychologie entwickelt wurden, einzusetzen (siehe Mayer, 2012; Sodian & Thoermer, 2006).

2.4.2 Soziale Kompetenzen

Soziale Kompetenzen beziehen sich ebenfalls auf verschiedene Facetten, die sich in der Regel einerseits auf die Anpassung an soziale Normen und Regeln, andererseits auf die Durchsetzung eigener Bedürfnisse beziehen (vgl. Kanning, 2001). Caldarella und Merrell (1997) unterscheiden folgende Bereiche: Bildung positiver Sozialbeziehungen zu Gleichaltrigen, Selbstmanagement, kooperative Kompetenzen, soziale Durchsetzungsfähigkeit sowie Fertigkeiten im Kontext schulischen Lernens (z.B. gut zuhören können). Darüber hinaus stellt sozial auffälliges oder sozial problematisches Verhalten einen eigenen Bereich dar. Dieser hat gerade für den schulischen Bereich besondere Relevanz, da auftretende Verhaltensprobleme nicht nur dem Risiko unterliegen sich im Laufe der Entwicklung zu verschlimmern (Campbell et al., 1996), sondern im Zusammenhang mit der Entwicklung kognitiver Fähigkeiten und der kompletten schulischen Entwicklung stehen (Jerusalem & Klein-Heßling, 2002). Bei sozialen kindlichen Verhaltensauffälligkeiten lassen sich internalisierende und externalisierende Symptome unterscheiden (vgl. Achenbach & Rescorla, 2000). Internalisierende Symptome beziehen sich überwiegend auf übermäßig sozial zurückgezogenes und ängstliches Verhalten, wohingegen externalisierende Symptome aggressive und delinquente Verhaltensweisen zusammenfassen.

Soziale Kompetenzen stellen für das Angebot der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ keine prioritäre Zieldimension für die Messung dar, sind jedoch unter vielerlei Hinsicht relevant. Einerseits stehen soziale Kompetenzen in Zusammenhang mit der kognitiven Leistungsentwicklung (siehe oben). Ferner

lässt sich vermuten, dass Kinder mit stärker ausgeprägtem prosozialem Verhalten bessere Voraussetzungen für die Nutzung der Lernangebote im Kontext des „Hauses der kleinen Forscher“ haben. Hieraus erklärt sich der Status als Kontrollvariable einer Wirkungsforschung auf Kindebene. Darüber hinaus kann man jedoch annehmen, dass die durch die Initiative unterstützten Lernangebote und Lernformen (gemeinsam Phänomene entdecken, experimentieren) auch prosoziales Verhalten bzw. kooperative Kompetenzen fördern. Hieraus leitet sich die Relevanz dieses Kompetenzbereichs für die Wirkungsforschung ab.

Messung:

Zur Erfassung sozialer Kompetenzen bzw. sozialer Verhaltensauffälligkeiten im Grundschulalter existieren bereits verschiedene bewährte Verfahren. Hierbei handelt es sich größtenteils um Ratingverfahren, bei denen die Einschätzungen der Eltern, der Lehrkräfte oder anderer Erwachsener im Umfeld des Kindes genutzt werden. Darüber hinaus existieren beobachtungsbasierte Verfahren.

Zu nennen sind an dieser Stelle z.B. die Child Behaviour Checklist (CBCL), die sich auf die sogenannten Achenbach-Skalen (z.B. sozialer Rückzug, Aufmerksamkeitsstörungen, aggressives Verhalten) bezieht (Achenbach, 1991; Arbeitsgruppe Deutsche Child Behaviour Checklist, 1998). Bewährt hat sich auch der Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ) für Kinder ab 4 Jahren (Goodman, 1997). Dieser Test umfasst eine Altersspanne bis zum 17. Lebensjahr und erfasst folgende Aspekte: Emotionale Probleme, Verhaltensprobleme, Hyperaktivität, Verhaltensprobleme mit Gleichaltrigen sowie prosoziales Verhalten. Es existieren weitere Instrumente mit ähnlichen Konzeptualisierungen, auch allgemeine Entwicklungstests enthalten teilweise Skalen zur Erfassung des Stands der sozialen Entwicklung. Der Einsatz solcher und anderer Tests könnte insofern im Rahmen der Wirkungsforschung interessant sein, da die angesprochenen Kompetenzen in großem Zusammenhang mit kognitiver Verhaltenskontrolle stehen, die von breiter Bedeutung für schulisches Lernen sind.

2.4.3 Sprachliche Kompetenzen

Es ist vielfach dokumentiert, dass dem Erwerb von Sprache eine besondere Bedeutung für die kindliche Entwicklung zukommt (vgl. Weinert, Doil & Frevert, 2008). Die Fähigkeiten, Sprache zu verstehen, zu produzieren und zu gebrauchen, sind sehr bedeutsam für die kognitive Entwicklung, für kognitive Leistungen, aber auch für die soziale Entwicklung. Sprache ist die Voraussetzung für die Teilhabe an einer sprechenden Welt.

Sprachliche Fähigkeiten und Fertigkeiten setzen sich aus einer Reihe unterschiedlicher, nur teilweise trennbarer Komponenten zusammen. Hierzu gehören die rhythmisch-prosodische Komponente (Betonungen, Dehnungen, Intonation), die phonologische Kompo-



nente (bedeutungsdifferierende Lautkategorien), die morphologische Komponente (Wortbildung), die syntaktische Komponente (Wortordnung), die lexikalisch-semantische Komponente (Bedeutungsstruktur) und die pragmatische Komponente (Regeln der Sprachverwendung) (Grimm & Weinert, 2002).

Die Relevanz sprachlicher Kompetenzen als zu berücksichtigende Dimension für die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ erklärt sich durch die Relevanz sprachlicher Kompetenzen für die gesamte kognitive Entwicklung. Hierdurch scheint die Erfassung sprachlicher Kompetenzen im Rahmen der Wirkungsforschung auch bei Kindern im Grundschulalter als Kontrollvariable absolut notwendig.

Ferner wird davon ausgegangen, dass die Auseinandersetzung mit der Umwelt, wie sie durch die Initiative „Haus der kleinen Forscher“ gefördert wird, auch die sprachliche Kompetenzen der Kinder positiv beeinflussen kann. Die potenzielle Wirkung der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ auf die allgemeinen sprachlichen Kompetenzen wird jedoch im Vergleich zum Einfluss auf naturwissenschaftsspezifische, sprachliche Begriffen als sekundär angenommen.

Da für das Verständnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge metakognitive Verben (z.B. annehmen, vermuten, beweisen, belegen, u.a.m.) besonders wichtig sind, die den meisten Schülern noch im Grundschulalter (z.T. noch im Sekundarschulalter) Schwierigkeiten bereiten, wird die gezielte Erfassung des Verständnisses metakognitiver Sprache empfohlen (Astington, 1998; Astington & Olson, 2008).

Messung:

Es liegen eine Reihe von überprüften Instrumenten vor, die eine reliable und valide Erfassung sprachlicher Fähigkeiten und Fertigkeiten erlauben. Diese sind allerdings teilweise als Screening-Instrumente zur Identifikation von sprachlichem Sonderförderbedarf entwickelt worden und differenzieren deshalb vor allem im unteren Leistungsbereich. Zu unterscheiden sind:

- (a) allgemeine Sprachtests, die rezeptive und produktive Aspekte verschiedener Sprachkomponenten erfassen,
- (b) Sprachtests, in denen spezielle Fähigkeiten und Fertigkeiten überprüft werden (z.B. produktiver oder rezeptiver Wortschatz), sowie
- (c) sprachbezogene Subtests im Rahmen von Entwicklungstests oder von Tests zur Erfassung allgemeiner kognitiver Fähigkeiten.

Als Beispiele für entsprechende Tests sind zu nennen: der ADST, der allgemeine deutsche Sprachtest (Steinert, 2011), der Heidelberger Sprachentwicklungstest (Grimm & Schöler, 1991), sowie der Potsdam-Illinois-Test für psycholinguistische Fähigkeiten (Esser et al., 2010).

2.4.4 Mathematische Kompetenzen

Der Erwerb von mathematischen Kompetenzen gilt ebenso wie der Erwerb sprachlicher Kompetenzen als ausschlaggebend für die kognitive und weitere schulische Entwicklung (e.g. Duncan et al., 2007). Einzelne mathematische Fähigkeiten und Fertigkeiten weisen eine große konzeptuelle Nähe zu naturwissenschaftlichen Kompetenzen auf. Hierdurch erklärt sich, dass angenommen werden kann, dass die Lernangebote der Initiative auch die mathematischen Kompetenzen positiv beeinflussen und umgekehrt mathematische Kompetenzen den Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen. Insgesamt können sie im Rahmen einer Begleitforschung aber lediglich den Status einer Kontrollvariable spielen.

Messung:

Auch für die Erfassung früher mathematischer Fähigkeiten liegen mittlerweile im deutschsprachigen Raum verschiedene Tests für Kinder im Grundschulalter vor. Als rein mathematikbezogene Tests sind an dieser Stelle der Heidelberger Rechentest 1-4 für Kinder im Grundschulalter (Haffner et al., 2005), der DEMAT (Krajewski, Liehm & Schneider, 2004) sowie das Rechenfertigkeiten und Zahlenverarbeitungsdiagnostikum 2-6 (Jacobs & Peterman, 2006) zu nennen. In internationalen Studien wird oft auf die Subtests der Kaufman-Assessment-Batterie zurückgegriffen, die auch in einer deutschsprachigen Fassung vorliegt. Die Subskala Rechenfertigkeiten hat sich in besonderem Maße als sensitiv für Fördereffekte bis ins Grundschulalter hinein erwiesen (vgl. Anders, Große et al., 2012).

3. Zieldimensionen pädagogische Fachkräfte

3.1 Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit im Umgang mit Naturphänomenen

Yvonne Anders

Zur professionellen Handlungskompetenz von pädagogischen Fachkräften gehören Wissen und Überzeugungen als kognitive Komponenten. Moderne Kompetenzmodelle betonen in den letzten Jahren allerdings auch die Bedeutung motivationaler und emotionaler Aspekte (Baumert et al., 2011). Gerade der Lehrerberuf erfordert die Notwendigkeit, dauerhaft ein hohes Engagement aufrecht zu erhalten. Die Lehrtätigkeit stellt eine komplexe Tätigkeit mit einem großen Maß an Selbststeuerung dar. Bei solchen Tätigkeiten wird angenommen, dass motivationale Faktoren einen großen Beitrag zur Qualität der professionellen Handlungen leisten (z.B. Pintrich, 2003). Dabei wird an motivationspsychologische Arbeiten zur Selbstwirksamkeit (z.B. Bandura 1997; Schmitz und Schwarzer, 2000) und zur intrinsischen Motivation (Frenzel et al., 2009; Kunter et al., 2008; Ryan & Deci, 2000) angeschlossen.

Leitende Grundannahme ist, dass Personen, die ihre berufliche Tätigkeit positiv erleben, diese mit mehr Anstrengung und Ausdauer verfolgen und so auch zu

besseren Ergebnissen kommen (Ryan & Deci, 2000). In Bezug auf pädagogische Fachkräfte bedeutet das, dass das positive Erleben mit einer höheren Qualität der bereit gestellten Lerngelegenheiten bzw. einer höheren Unterrichtsqualität einhergeht. Es wird auf vier Aspekte eingegangen, die für die Umsetzung der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ in Bezug auf die pädagogischen Fachkräfte in Hort und Grundschule als besonders bedeutsam erachtet werden und die demzufolge Zieldimensionen darstellen. Diese Aspekte wurden auch schon für pädagogische Fachkräfte in Kindertagesstätten als bedeutsam hervorgehoben. An dieser Stelle werden sie auf Hort- und Grundschulfachkräfte bezogen.

3.1.1 Emotionale Haltung und Interesse an Naturwissenschaften

Die emotionale Haltung zu Naturwissenschaften stellt eine affektive Einstellungskomponente dar und ist eng mit den pädagogischen und epistemologischen Einstellungen verwandt. Studien weisen darauf hin, dass einzelne Fächer der Naturwissenschaften bei Grundschullehrkräften negativ besetzt sind. So zeigen Brigido und andere (2010), dass bei angehenden Grundschullehrkräften die Emotionen gegenüber Biologie und Geologie positiv ausgeprägt sind, während sie gegenüber der Physik und Chemie sehr negativ ausgeprägt sind. Emotionen gegenüber einem Fach, können sich, sowohl wenn sie positiv (z.B. Naturwissenschaften werden als etwas Schönes und Freude Bereitendes erlebt), als auch wenn sie negativ gefärbt sind (z.B. Angst vor Naturwissenschaften oder Abneigung gegen Naturwissenschaften), auf die Kinder und deren Haltung zur Naturwissenschaft übertragen. Darüber hinaus weisen Studienergebnisse darauf hin, dass die emotionale Haltung gegenüber einem Fach auch die Qualität des Unterrichts von pädagogischen Fachkräften beeinflusst (Erden & Sönmez, 2011; Gellert, 1999). Eine negative Haltung kann auch dazu führen, dass die „harten“ Naturwissenschaften im Unterricht gemieden werden (Landwehr, 2002; vgl. Blaseio, 2004).

„Interesse“ im Sinne einer psychischen Disposition beschreibt aktives Bemühen um Kompetenzerweiterung (Muckenfuß, 1995). Ein so verstandenes Interesse ist Bestandteil des Selbstkonzepts und gekennzeichnet von aktiver Handlung, kognitiver Auseinandersetzung mit dem Objektfeld sowie einer spezifischen Bewertung von inhaltlichen Bereichen. Man kann davon ausgehen, dass das Interesse an und die Freude bei der Beschäftigung mit spezifischen Inhalten eng miteinander zusammenhängen. Fachkräfte, die naturwissenschaftliche Inhalte vermitteln, sollen dementsprechend auch selbst ein tiefes Interesse und Freude bei der Auseinandersetzung mit Naturwissenschaften entwickeln. Zum einen ist davon auszugehen, dass sich das Interesse und die Freude auch im Enthusiasmus bei der Gestaltung naturwissenschaftlicher Bildungssituationen niederschlagen und so auf die Kompetenzentwicklung der Kinder wirken. Ferner können sich Interesse und Freude auch direkt auf die Kinder übertragen und eine intrinsisch geprägte Lernmotivation fördern.

Als Zieldimensionen für im Rahmen der Initiative weitergebildete Fachkräfte können eine *offene, positiv gefärbte emotionale Haltung gegenüber Naturwissenschaften*, ein *hohes Interesse an Naturwissenschaften* und *Freude im Umgang mit Naturwissenschaften* angesehen werden. Möglichkeiten der Messung werden weiter unten beschrieben.

3.1.2 Enthusiasmus in Bezug auf die Gestaltung naturwissenschaftlichen Unterrichts

Es existieren verschiedene zum Teil recht vage gehaltene Definitionen von Enthusiasmus im Zusammenhang mit der professionellen Tätigkeit von Lehrkräften. Diese überschneiden sich zum Teil mit dem Interesse am Fach und der emotionalen Haltung zur beruflichen Tätigkeit und zum Fach. An dieser Stelle wird eine Definition von Enthusiasmus zu Grunde gelegt, die sich als empirisch untersuchbar erwiesen hat und sich von den anderen motivationalen Aspekten gut abgrenzen lässt. Danach versteht man unter „Enthusiasmus“ im Arbeitskontext das *stabile positive Erleben der beruflichen Tätigkeit*. In diesem Sinne bezeichnet der Enthusiasmus von Lehrkräften den Grad des positiven emotionalen Erlebens während der Ausübung der Lehrtätigkeit (Baumert & Kunter, 2011, S.44). Es hat sich gezeigt, dass der fachbezogene Enthusiasmus von Lehrkräften in Zusammenhang mit der Unterrichtsqualität steht. Hieraus erklärt sich die Relevanz dieser Kompetenzfacette auch für pädagogische Fachkräfte in Horten und im Nachmittagsbereich. Es kann angenommen werden, dass der Enthusiasmus einer pädagogischen Fachkraft einerseits mit den emotionalen Einstellungen und Überzeugungen zum Stellenwert naturwissenschaftlichen Lernens in der Schule assoziiert ist. Ferner wird angenommen, dass der Enthusiasmus der pädagogischen Fachkraft Einfluss auf die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen von Kindern sowie die Entwicklung ihrer Motivation, Lernfreude und dem Interesse für Naturwissenschaften hat.

Als Zieldimension für im Rahmen der Initiative weitergebildete Fachkräfte kann ein hoher *Enthusiasmus in Bezug auf die Gestaltung naturwissenschaftlichen Unterrichts* angesehen werden.

3.1.3 Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf die Begleitung naturwissenschaftlicher Lernprozesse bei Kindern

Selbstwirksamkeitserwartungen beschreiben den Glauben einer Person in ihre eigene Fähigkeit, Anforderungen bewältigen zu können (vgl. Bandura, 1997). Tschannen-Moran und Kollegen definieren Selbstwirksamkeitserwartungen von Lehrkräften als „a teacher's belief in her or his ability to organize and execute the course of action required to successfully accomplish a specific teaching task in a particular context“ (Tschannen-Moran & Woolfolk-Hoy, 2001, S. 117). Es handelt sich demnach um eine Überzeugung in Bezug auf das eigene Handeln. Hervorzuheben ist bei dieser Definition, dass Selbstwirksamkeitserwartungen immer an den spezifischen Kontext (z.B. die berufliche Tätigkeit oder das Unterrichtsfach) gebunden sind. Selbstwirksamkeitsüberzeugungen gehören zu den am besten empirisch untersuchten motivationalen Aspekten professioneller Handlungskompetenz von Lehrkräften. Verschiedene Studien haben gezeigt, dass hohe Selbstwirksamkeitserwartungen mit einer höheren Unterrichtsqualität, effektiveren Instruktionmethoden und einem höheren beruflichen Engagement außerhalb der Unterrichtszeit einhergehen.

In Bezug auf pädagogische Fachkräfte lässt sich im Kontext „Haus der kleinen Forscher“ die *Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf die Gestaltung naturwissenschaftlicher Lernprozesse* hervorheben. Angestrebt wird, dass die Fachkräfte

in Bezug auf die Gestaltung naturwissenschaftlichen Unterrichts über einen starken Glauben in ihre eigenen Fähigkeiten besitzen.

Messung:

Die beschriebenen motivationalen und emotionalen Aspekte wurden mit unterschiedlichen methodischen Ansätzen bereits in verschiedenen Studien an Grundschullehrkräften oder an Lehrkräften höherer Altersstufen für Naturwissenschaften untersucht. Auch für den Bereich der Mathematik gibt es Arbeiten, die wegen der Nähe zu den Naturwissenschaften hier mit aufgenommen werden. Dementsprechend existieren auch mehr oder weniger erprobte Instrumente für die Bereiche der

- emotionalen Haltung (z.B. Benz, 2008; Cavallo et al., 2002; Downing et al., 1997; Thiel, 2010),
- Interesse und Freude (z.B. Benz, 2010; Downing et al., 1997; Alao & Guthrie, 1999; siehe auch Projekt „Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenz in der Grundschule“ von Möller und anderen),
- Enthusiasmus (z.B. Kunter, 2011) und
- Selbstwirksamkeitserwartung (z.B. Mavrikaki & Athanasiou, 2011; Buss; 2010).

Dennoch müssten existierende Instrumente spezifisch an die Inhalte und Philosophie der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ angepasst werden.

3.2 Epistemologische Einstellungen und Überzeugungen

Yvonne Anders, Ilonca Hardy und Mirjam Steffensky

Epistemologische Einstellungen und Überzeugungen von Lehrkräften werden einerseits als zentrale Facetten der *professionellen Haltung* aufgefasst, die die Grundstruktur professionellen Handelns bildet. Gleichzeitig sind epistemologische Überzeugungen und Einstellungen eng mit Komponenten des *professionellen Wissens* (vgl. Kapitel 3.3) verwandt. Es wird angenommen, dass epistemologische Überzeugungen und Einstellungen von Lehrkräften (z.B. pädagogische Vorstellungen, Bildungsideale, Einstellungen zum Stellenwert spezifischer Bildungsinhalte, Einstellungen über die eigene Rolle) eine *handlungsleitende Funktion* haben. Sie können so die Prozessqualität in Bildungseinrichtungen beeinflussen und dementsprechend auch auf die Entwicklungs- und Lernprozesse der Kinder wirken.



Epistemologische Überzeugungen und Einstellungen sind sehr breit und umfassend angelegte Konstrukte und in der Literatur teilweise recht unscharf definiert. Im Folgenden wird auf Aspekte eingegangen, die für die Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Primarbereich bzw. die Umsetzung der Initiative der Stiftung „Haus der kleinen

Forscher“ durch Fachkräfte in Hort und Grundschule als relevant und dementsprechend als Zieldimensionen zu bewerten sind.

In bisherigen Untersuchungen zu epistemologischen Überzeugungen und Einstellungen aus dem Primar- und Sekundarbereich hat sich eine domänen-spezifische Untersuchung zum Verständnis der komplexen Zusammenhangsmuster zwischen Einstellungen und Überzeugungen, pädagogischen Prozessen und kindlicher Entwicklung als sinnvoll und notwendig erwiesen (vgl. Staub & Stern, 2002; Stipek, Givvin, Salmon & MacGyvers, 2001). Für die pädagogische Förderung im Bereich Naturwissenschaften sind demnach die spezifischen Einstellungen, die pädagogische Fachkräfte zu Naturwissenschaften und zur Begleitung des Lernprozesses beim Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen haben, in besonderem Maße ausschlaggebend (im Vergleich zu allgemeinen und domänenübergreifenden pädagogischen Einstellungen). Es ist festzustellen, dass sich bislang vergleichsweise wenige Studien mit Einstellungen zu Naturwissenschaften bzw. der Vermittlung naturwissenschaftlichen Wissens beschäftigt haben. Ungleich mehr Studien existieren z.B. für den Bereich der Mathematik. Dennoch lassen sich die Forschungsansätze und theoretischen Konzepte – zumindest teilweise – gut auf die Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Primarbereich übertragen.

Folgende Zieldimensionen für pädagogische Fachkräfte lassen sich differenzieren:

- Epistemologische Überzeugungen in Bezug auf den Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen
- Konzeptuelle Einstellungen zum Wesen der Naturwissenschaften
- Einstellungen in Bezug auf den Stellenwert und Inhalt naturwissenschaftlicher Bildung in Hort und Grundschule, z.B. darüber, welche naturwissenschaftlichen Kompetenzen Grundschulkinder entwickeln sollen.

3.2.1 Epistemologische Überzeugungen in Bezug auf den Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen

Epistemologische Überzeugungen gehören zu den Aspekten professioneller Handlungskompetenz von Lehrkräften, für die zumindest für den Bereich der Mathematik ein Zusammenhang zu Instruktionsqualität und Lernentwicklung der Kinder empirisch belegt werden konnte (vgl. Dubberke et al., 2008; Staub & Stern, 2002). Es lassen sich insbesondere *behavioristisch-transmissive* Überzeugungen (Kinder sind im Lernprozess Empfänger, Wissen muss vorgegeben und rezipiert werden) von *konstruktivistischen* Überzeugungen (Wissen wird von den Lernenden aktiv selbst konstruiert) und *praktizistischen* Überzeugungen (die Bereitstellung von Lernmaterial hat einen lernförderlichen Effekt) voneinander abgrenzen (Kleickmann, 2008). An diese Überzeugungsfacetten schließen sich wiederum Überzeugungen in Bezug auf die Adaptivität bei der Gestaltung von Lernprozessen an. So kann eine pädagogische Fachkraft eher entwicklungspsychologisch orientierte Überzeugungen haben. Dann sollten sich die Lernprozesse an der individuellen Entwicklung des Kindes orientieren. Demgegenüber stehen Überzeugungen, bei denen sich die Lernprozesse an fachlichen Standards orientieren.

Eine *entwicklungspsychologisch orientierte, konstruktivistische Überzeugung*, bei der das Lernen außerdem an den Vorstellungen und der Erfahrungswelt des Alltags der Kinder anknüpft, kann als Zieldimension für pädagogische Fachkräfte angesehen werden.

3.2.2 Konzeptuelle Einstellungen zum Wesen der Naturwissenschaften

Konzeptuelle Einstellungen zum Wesen der Naturwissenschaften sind eng mit epistemologischen Überzeugungen verwandt. Es lassen sich traditionell geprägte Einstellungen über das Wesen der Naturwissenschaften von konstruktivistisch geprägten Einstellungen abgrenzen. In der *traditionellen Sichtweise* stellen die Naturwissenschaften ein abgeschlossenes Wissenssystem dar, das die Wahrheit widerspiegelt. Hieraus ergibt sich, dass es theoretisch möglich ist, naturwissenschaftliches Wissen vollständig zu erwerben. *Konstruktivistisch geprägte Einstellungen* gehen hingegen davon aus, dass naturwissenschaftliches Wissen aus der Auseinandersetzung mit der Umwelt entsteht. Naturwissenschaften erklären Zusammenhänge und Phänomene der Natur. Dementsprechend unterliegt naturwissenschaftliches Wissen ständiger Veränderung und entwickelt sich weiter (z.B. Brickhouse, 1990).

Die Konzeption von Naturwissenschaften beeinflusst die eigene Auseinandersetzung mit dem Fach und dem zu Folge auch das pädagogische Handeln. Die statische, traditionelle Sichtweise legt das kleinschrittige, transmissive Einführen neuer Inhalte nahe. Die *moderne, konstruktivistische Sichtweise* hingegen erlaubt es, dass Kinder selbst naturwissenschaftliches Wissen entwickeln, reflektieren und fordert den kommunikativen Austausch heraus. Hierdurch erklärt sich ihr Stellenwert als Zieldimension.

3.2.3 Einstellungen in Bezug auf den Stellenwert und Inhalt naturwissenschaftlicher Bildung in Hort und Grundschule

Die Hort- und Nachmittagsbetreuung kann ein ergänzendes Bildungsangebot zum Grundschulunterricht sein. In der Grundschule wird der Bereich der Naturwissenschaften schwerpunktmäßig im Sachunterricht repräsentiert und ist oftmals stark fokussiert auf erdkundliche oder biologische Themen (Möller, 2004; Einsiedler, 1998; Strunck et al., 1998). Bisherige Studien weisen nicht darauf hin, dass Grundschullehrkräfte den Bereich der Naturwissenschaften als Bildungsbereich grundsätzlich einen (zu) geringen Stellenwert einräumen würden (vgl. Möller, 2004). Allerdings scheint es starke Unterschiede zwischen verschiedenen Fachdisziplinen zu geben, so werden biologische Themengebiete gegenüber physikalischen oder chemischen Themengebieten von Grundschullehrkräften priorisiert. Die Autorinnen der Expertise fassen das Angebot der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ als schulergänzendes Angebot auf. Vor diesem Hintergrund stellt ein angemessener Stellenwert naturwissenschaftlicher Förderung im Kontext anderer Bildungsbereiche eine Zieldimension der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ dar. In den meisten Fällen wird ein „angemessener“ Stellenwert eine Steigerung im Vergleich zur Ausgangssituation darstellen,

insbesondere in Bezug auf chemische oder physikalische Themengebiete. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass die pädagogische Fachkraft über hinreichendes Wissen in Bezug auf das Curriculum der Grundschule im Bereich der Naturwissenschaften und die zu entwickelnden naturwissenschaftlichen Kompetenzen im Grundschulalter besitzt (vgl. Kapitel 3.3.3 Fachdidaktisches Wissen - Wissen über das schulische Lernen sowie Kapitel 2.2 und 2.3), so dass sie ein ergänzendes und vertiefendes Angebot gestalten kann.

Messung:

Es liegen verschiedene Studien vor, die die beschriebenen Aspekte auch im deutschsprachigen Raum bereits untersucht haben (Brickhouse, 1990; Dubberke et al., 2008; Staub & Stern, 2002; Kleickmann, 2008; Strunck et al, 1998; Möller 2004). Die entsprechenden – oftmals fragebogenbasierten Instrumente – müssten jedoch auf die spezifischen Inhalte und Bildungsziele der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ hin angepasst werden.

3.3 Naturwissenschaftliches Fachwissen, Wissen über Naturwissenschaften und fachdidaktisches Wissen

Überblick zum fachbezogenen Professionswissen

Mirjam Steffensky und Ilonca Hardy

In diesem Abschnitt werden fachbezogene Wissens Elemente beschrieben, die als relevant für das Handeln in Lehr-Lern-Situationen angenommen werden. Dabei besteht nicht der Anspruch, für jeden möglichen Inhaltsbereich das notwendige Wissen zu skizzieren, sondern vielmehr wird das Wissen auf einer übergeordneten Ebene beschrieben und an ausgewählten Beispielen konkretisiert. Wie bereits im Einführungskapitel erwähnt, kann hinsichtlich des fachbezogenen Professionswissens davon ausgegangen werden, dass es eine große Diskrepanz zwischen dem tatsächlich und idealerweise vorhandenen Wissen bei pädagogischen Fachkräften gibt. Ziel dieser Expertise ist es zu beschreiben, was Fachkräfte, die naturwissenschaftliche Bildung für sechs- bis zehnjährige Kinder gestalten, wünschenswerterweise wissen oder im Rahmen der Haus der kleinen Forscher-Fortbildungen wünschenswerterweise lernen können, um Lernumgebungen sowie entsprechende Lernbegleitungen für Kinder im Grundschulalter ergänzend zum Sachunterricht der Grundschule zu ermöglichen.

Ähnlich wie in der Expertise zum Elementarbereich beziehen wir uns in den Ausführungen zum Professionswissen der Lehrpersonen auf die Modelle von Shulman (1987) und Baumert und Kunter (2006, 2011) zur professionellen Kompetenz und dem darin enthaltenen Professionswissen von Lehrkräften. Das Professionswissen wird dabei in verschiedenen Bereiche unterteilt, wobei das Fachwissen, das fachdidaktische Wissen und das pädagogische Wissen als besonders relevant für das Lehrerhandeln angenommen werden (Bromme, 1997; Baumert & Kunter, 2006) (vgl. Kapitel 1). Da die beiden fachbezogenen Komponenten deutlich stärker als das allgemeinpädagogische Wissen im Mittelpunkt des Treatments der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ für die Fachkräfte stehen, wird hier darauf fokussiert.

Nicht immer werden das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen als zwei Wissensbereiche aufgefasst; so wird es beispielsweise in der Gruppe um Ball nicht differenziert und als *mathematical knowledge for teaching* konzeptualisiert und erfasst (Ball & Bass, 2003). Andere Studien, z.B. COACTIV, konnten Fachwissen und fachdidaktisches Wissen als zwei distinkte Faktoren erfassen, die hoch miteinander korrelieren (Baumert et al., 2010). Vom Professionswissen nicht immer abgrenzbar sind Vorstellungen, z.B. über die Struktur des zu unterrichtenden Wissensgebietes oder Vorstellungen zum Lehren und Lernen, die im Abschnitt 3.4 beschrieben werden. Wissen ist jedoch abzugrenzen von beobachtbarem Handeln in der realen Lehr-Lern-Situation („knowledge in action“). So kann eine Person beispielsweise ein hohes fachdidaktisches Wissen über Vermittlungsstrategien aufweisen und dennoch in der konkreten Situation nicht entsprechend handeln, weil diagnostische Fähigkeiten nicht eingesetzt werden oder bestimmte situative Einschränkungen vorliegen.

3.3.1 Naturwissenschaftliches Fachwissen

Mirjam Steffensky und Ilonca Hardy

Fachwissen umfasst konzeptuelles Wissen über Zusammenhänge und die Struktur des Faches. Es ist also deutlich elaborierter als ein reines Faktenwissen. Ein solches übergeordnetes Wissen über die Struktur des Faches enthält zum Beispiel Wissen über grundlegende themenübergreifende *Basiskonzepte der Naturwissenschaften* (auch als core concepts, big ideas, Leitideen bezeichnet). Das Verständnis von Basiskonzepten ermöglicht es, Zusammenhänge zwischen verschiedenen Inhaltsbereichen und Konzepten herzustellen und so ein stärker integriertes Wissen zu entwickeln. Ein Aspekt des Stoff-Teilchen- oder Materie-(Basis)Konzepts ist beispielsweise, dass Stoffe spezifische Eigenschaften haben, die ihr Verhalten kennzeichnen. Diese verschiedenen Eigenschaften werden in unterschiedlichen thematischen Kontexten untersucht, z.B. Schwimmen und Sinken, Verbrennung, Lösungen, Strom, Magnetismus. Das Stoff-Teilchen- oder Materie-(Basis)Konzept kann es Personen also ermöglichen, einen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Themen herzustellen. So können die Schwimmfähigkeit, die Brennbarkeit, die Löslichkeit, die Leitfähigkeit, die Magnetisierbarkeit als Eigenschaften eines Stoffes verstanden werden, die auf die Struktur der Teilchen, aus denen der Stoff aufgebaut ist, zurückgehen (Struktur-Eigenschafts-Beziehung) und die beispielsweise ihr Vorkommen oder ihre Verwendung bestimmen.

Gleichzeitig können Basiskonzepte organisatorische Strukturen darstellen, welche es Personen ermöglichen, neue Fakten, Vorgehensweisen oder Erklärungen einzuordnen. Auch diese Funktion kann für Fachkräfte als bedeutsam angesehen werden: Es ist nicht davon auszugehen, dass Fachkräfte vertiefte Kenntnisse in den diversen als relevant angenommenen Themenbereichen haben. Entsprechend sind solche übergeordneten Wissensstrukturen hilfreich, um neues Wissen, das für ein neues Thema erarbeitet werden muss, zu entwickeln.¹⁸

¹⁸ Damit soll nicht impliziert werden, dass Basiskonzepte explizit als solche benannt bei den Schülerinnen und Schülern (SuS) eingeführt werden sollen.

Auch wenn die Basiskonzepte unterschiedlich benannt werden, unterschiedlich zusammengestellt werden und z.T. unterschiedlich stark differenziert werden, finden sich die folgenden Bereiche (Tabelle 5) in fast allen Konzeptionen wieder (Bybee, McCray & Laurie, 2009; EDK, 2011; KMK, 2004; AAAS, 2004; Demuth & Rieck, 2005; Demuth & Kahlert, 2007). Aufgrund der Schwerpunktsetzung im Angebot der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ wird auch hier nur der Ausschnitt zur unbelebten Natur dargestellt. Die in der rechten Spalte der Tabelle markierten Inhaltsbereiche sind diejenigen, die in vielen Kerncurricula für den Sachunterricht der Grundschule erwähnt werden. Da davon ausgegangen wird, dass das Haus der kleinen Forscher-Angebot für Grundschülerinnen und -schüler Themen des Sachunterrichts zumindest teilweise aufgreift und vertieft, sind dies die Inhaltsbereiche, in denen ein detailliertes Fachwissen der Fachkräfte erforderlich ist.

Tabelle 5: Basiskonzepte naturwissenschaftlichen Fachwissens

Basiskonzept (Leitideen, big ideas, core concepts)	Auswahl wichtiger dazugehöriger Konzepte und Schlüsselbegriffe (nur einige von ihnen sind für Grundschulunterricht relevant)	Beispiele für Inhaltsbereiche, in denen diese Konzepte relevant sind
Materie	Struktur und Zusammensetzung Physikalische Eigenschaften und Veränderungen Chemische Reaktion Erhaltung	Wasserkreislauf, Verbrennung, Lösungen Luft
Wechselwirkung (Kräfte und Bewegungen)	Bewegungen, Gleichgewicht – Ungleichgewicht, Geschwindigkeit Kraft und Gegenkraft Fernwirkung Wechselwirkung mit Strahlung	Waage, Wippe Hebel Elektrischer Stromkreis Magnetismus Licht und Schatten Schall
Energie	Energieträger Energietransport Energieerhaltung Energieumwandlung	Wind, Wasser, Sonne, Erdöl, Biogas, Holz, Nahrung als Energieträger Qualitative Energieumwandlung, z.B. bei der Marmelbahn

Es wäre unrealistisch zu erwarten, dass die pädagogischen Fachkräfte ein wissenschaftliches Verständnis aller grundlegenden Konzepte aufweisen. Dennoch ist anzustreben, dass die Basiskonzepte und die dazugehörigen zentralen Konzepte in ihrer Grundidee und ihrer Bedeutung verstanden werden. Dies würde beispielsweise bedeuten, dass die Erhaltung der Materie als grundlegendes Konzept bekannt ist und an einem einfachen Beispiel einer physikalischen Veränderung, z.B. der Verdunstung, erklärt werden kann. Auch wenn kein ausdifferenziertes Wissen über chemische Reaktionen vorliegt, muss in diesem Kontext mindestens verstanden werden, dass die Massenerhaltung hier gilt. Eine pädagogische Fachkraft sollte also erklären können, dass bei einer chemischen Reaktion zwar der Stoff vernichtet wird, also beispielsweise das Holz bei einer Verbrennung, dass die vorhandenen Atome, also beispielsweise die Kohlenstoff-Atome, je-

doch erhalten bleiben. Der der Reaktion zugrundeliegende Mechanismus muss jedoch nicht erklärt werden können. Dieses Wissen über grundlegende Ideen und Konzepte ist vergleichbar mit der Konzeptualisierung des naturwissenschaftlichen Wissens bei PISA (Hamann, 2006; Bybee et al., 2009).

Da Lehrpersonen aufgrund der sachlogischen Struktur des Inhalts didaktische Konzeptionen entwickeln sollen, muss ihr Fachwissen über das Wissen hinausgehen, das sie unterrichten, beispielsweise in dem Sinn, dass die Inhalte der angrenzenden Bildungsstufe bekannt sind und einbezogen werden können, um so kumulative Lernwege (im Sinne einer vertikalen Vernetzung) zu ermöglichen.

Tabelle 6: Basiskonzepte naturwissenschaftlichen Fachwissens

Schwimmen und Sinken
Ob ein Gegenstand schwimmt oder sinkt, lässt sich durch den Vergleich der Dichte des Gegenstandes mit der Dichte der umgebenden Flüssigkeit, z.B. Wasser, auf der Beobachtungsebene vorhersagen. Dinge, die eine geringere Dichte als Wasser haben, schwimmen; Dinge, die eine größere Dichte als Wasser haben, sinken. Die Dichte beschreibt das Verhältnis von Masse zu Volumen eines Stoffes oder eines Körpers (Einheit kg/m³). Die Dichte eines Vollkörpers (ein Körper aus einem Material ohne Hohlraum) ist eine stoffspezifische Eigenschaft. Die Dichte eines Hohlkörpers, z.B. ein Schiff, ist die sogenannte mittlere Dichte, diese ergibt sich aus der Dichte des umgebenden Körpers, z.B. Stahlwand des Schiffes, sowie aus der Dichte des sich im Hohlraum befindlichen Stoffes, z.B. Luft. Auch wenn man die Dichte nutzen kann, um die Schwimmfähigkeit eines Körpers vorherzusagen, ist eine Erklärung durch die ausschließliche Betrachtung der Dichte nicht möglich. Hierzu muss man zusätzlich die Rolle des Wassers berücksichtigen. Das Schwimmen und Sinken kann durch einen Kräftevergleich erklärt werden: Ob ein Gegenstand in einer Flüssigkeit sinkt, schwebt oder schwimmt, hängt davon ab, ob die Auftriebskraft kleiner, gleich oder größer als die Gewichtskraft des Gegenstandes ist. Die Auftriebskraft ist die Kraft, die das Wasser auf einen eingetauchten Gegenstand nach oben ausübt; sie ist abhängig von dem Volumen der vom Gegenstand verdrängten Flüssigkeit sowie von der Dichte der umgebenden Flüssigkeit. Die Gewichtskraft beschreibt, wie stark ein Körper von der Erde angezogen wird.
Aggregatzustände
Wasser kann, wie Stoffe generell, in den drei verschiedenen Aggregatzuständen fest, flüssig und gasförmig vorliegen. Diese unterscheiden sich in einigen ihrer Eigenschaften, z.B. Komprimierbarkeit oder Dichte. Diese unterschiedlichen Eigenschaften lassen sich mit einem einfachen Teilchenmodell erklären. In einem festen Stoff, z.B. Eis, liegen die Teilchen auf bestimmten Plätzen, um die sie in alle Richtungen schwingen, und es gibt starke Anziehungskräfte zwischen ihnen. In einem flüssigen Stoff ist die Anziehung geringer und die Teilchen bewegen sich frei. Aus diesem Grund kann man Flüssigkeiten auch gießen und sie passen sich beliebigen Gefäßformen an, während feste Stoffe im Vergleich dazu starrer sind. Die Teilchen in einem gasförmigen Stoff bewegen sich mit großer Geschwindigkeit, die Anziehung ist nur noch sehr gering zwischen ihnen und entsprechend verteilen sie sich gleichmäßig über den zur Verfügung stehenden Raum. Übergänge zwischen den Aggregatzuständen sind reversible physikalische Änderungen; man differenziert zwischen dem Schmelzen/Gefrieren(Erstarren) (fest – flüssig), dem Verdunsten(Verdampfen)/Kondensieren (flüssig – gasförmig) sowie dem Sublimieren/Resublimieren (fest – gasförmig). Für die Phasenübergänge Schmelzen, Verdampfen und Sublimation muss Energie aufgewendet werden, bei den anderen Phasenübergängen wird Energie frei. Die Übergänge finden bei spezifischen Temperaturen statt (Schmelztemperatur und Siedetemperatur). Die Geschwindigkeit der Zustandsänderungen lässt sich z.B. durch die Temperatur der Umgebung, die Menge des Stoffes, die Oberfläche des Stoffes beeinflussen.

Anders als bei den Fachkräften im Elementarbereich benötigen die Fachkräfte im Grundschulbereich also ein konzeptuelles Wissen, welches vom Niveau dem des naturwissenschaftlichen Unterrichts der Sekundarstufe (in erster Linie Sekundarstufe I als II) entspricht. Dieses Wissen schließt die Erklärung nicht direkt sichtbarer Zusammenhänge durch geeignete physikalische oder chemische Modelle ein, welche die Regelhaftigkeit von Phänomenen grundsätzlich evidenz-basiert erklärt.

Dieses *vertiefte Fachwissen* (auf Niveau der Sekundarstufe I) ist insbesondere für die Themen entscheidend, die im Sachunterricht der Grundschule behandelt werden. Beispielhaft sind in der folgenden Tabelle 6 diejenigen Konzepte zusammengestellt, die in den Inhaltsgebieten Schwimmen und Sinken sowie Aggregatzustände als wesentlich angenommen werden.

Es gibt bislang keine Untersuchungen des naturwissenschaftlichen Fachwissens von pädagogischen Fachkräften im Hort. Ohle (2010) kommt in einer Untersuchung des Fachwissens (speziell Verdunstung und Kondensation) von 58 Sachunterrichtslehrkräften zu dem Schluss, dass das Wissen von ungefähr der Hälfte der erwachsenen Befragten auf dem Niveau von Lehrplaninhalten der Grundschule liegt, während das Wissen der anderen Hälfte mit dem Wissen zu Beginn der Sekundarstufe verglichen wird. Wissen, das dem Universitätslevel zugeordnet werden kann, wurde von den Grundschullehrkräften nicht erreicht. Inwiefern sich ähnliche Ergebnisse für Fachkräfte, die in ihrer Ausbildung in der Regel kaum institutionalisierte Lerngelegenheiten für Naturwissenschaften erfahren haben und die sich möglicherweise in grundlegenden Merkmalen wie kognitive Fähigkeiten unterscheiden (vgl. Klusmann et al., 2009), feststellen lassen, ist unklar.

Als Zielbereiche werden die genannten *Basiskonzepte* empfohlen sowie in den grundschul-spezifischen Inhaltsbereichen ein *vertieftes naturwissenschaftliches Fachwissen* über ausgewählte Inhalte auf dem Niveau der Sekundarstufe.

Messung:

Neben dem erwähnten Instrument von Ohle (2010) (siehe auch Ohle, Fischer & Kauertz, 2011) wurden auch in dem ViU-Projekt (Möller, Holodynski & Steffensky) Fachwissenstests für die Inhaltsbereich Schwimmen und Sinken sowie Aggregatzustände eingesetzt. Auch im Projekt Science-P kamen Fachwissenstests zu den beiden Inhaltsgebieten zum Einsatz. Diese Tests könnten für Fachkräfte adaptiert und verwendet werden; des weiteren können für die Erfassung des hier beschriebenen Fachwissens auch Schülertests aus der Sekundarstufe eingesetzt werden, die unter anderem auch Kenntnisse über Basiskonzepte prüfen.

3.3.2 Wissen über Naturwissenschaften

Beate Sodian und Ilonca Hardy

Neben dem fachlichen und fachdidaktischen Wissen benötigen pädagogische Fachkräfte auch das sog. Wissen über die Naturwissenschaften, um in Lehr-Lernsituationen angemessen handeln zu können. Dieses betrifft das *Wissenschaftsverständnis* (Nature of Science), d.h. erkenntnistheoretisches Wissen, so-

wie das *Methodenwissen* (naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen) in Bezug auf Verfahren, die für naturwissenschaftliches Arbeiten im Grundschulbereich angemessen sind sowie Teil der Konzeptionen naturwissenschaftlicher Kompetenz in der Grundschule im Sinne einer *scientific literacy* sind.

Die Kernbereiche der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen liegen in den Elementen des sogenannten *wissenschaftlichen Zyklus*, der das zirkuläre, auf die empirische Prüfung von Hypothesen ausgerichtete Vorgehen in den Naturwissenschaften beschreibt. Wesentliche Elemente des wissenschaftlichen Zyklus sind u.a. das Formulieren von Fragestellungen, das Bilden von Vermutungen, die Planung von Experimenten, das Beobachten, Messen und Dokumentieren von Daten und das wissenschaftliche Begründen und Argumentieren (siehe Kapitel 2.2). Dabei ist hervorzuheben, dass die aufgeführten Elemente weder in ihrer Reihenfolge festgelegt sind noch immer voneinander getrennt werden können.

Angelehnt an die Zieldimensionen der Kindebene kann von pädagogischen Fachkräften erwartet werden, dass ihre Handlungen in einer naturwissenschaftlichen Lernsituationen durch gezielte Vermutungen geleitet werden, welche in einfachen Versuchsanordnungen (unter Kontrolle von möglichen Einflussvariablen) überprüft werden können; weiterhin, dass Fachkräfte aus den Ergebnissen Informationen hinsichtlich der Bestätigung oder Falsifikation ihrer Vermutung ableiten können (Evidenznutzung) sowie weiterführende Schlussfolgerungen zu möglichen Folgeuntersuchungen anstellen können. Hier wurde in der fachdidaktischen Literatur beispielsweise bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe untersucht, welche Formen einer Experimentierkompetenz zu unterscheiden sind (Schreiber, Theyßen & Schecker, 2009), wobei das Hypothesenbilden, Generieren von Versuchsanordnungen, Messen von Ergebnissen und Interpretieren von Ergebnissen auf unterschiedlichen Verständnisniveaus differenziert werden kann.

Für die Fachkräfte wird eine *fortgeschrittene Methodenkompetenz* angestrebt: Diese beinhaltet ein reflexives Verständnis von Theorien, Kenntnis von Methoden der Hypothesenprüfung, Evidenzevaluation sowie selbstgesteuertes Lernen durch Explorationsprozesse.

Pädagogische Fachkräfte sollten diese *Denk- und Arbeitsweisen* nicht nur anwenden können, sondern auch ein übergeordnetes Verständnis dieser Arbeitsweisen haben, z.B. ein Verständnis dafür, dass jegliche Art der Messung immer der Vergleich mit einer Standardeinheit bedeutet, mit dem Ziel, objektivere und quantifizierbare Aussagen machen zu können, oder ein Verständnis dafür, warum Messfehler bei Interpretationen berücksichtigt werden müssen. Gleichmaßen sollte die Fähigkeit zur Produktion und Interpretation von einfachen Versuchsanordnungen bei pädagogischen Fachkräften vorhanden sein sowie die Fähigkeit zur Interpretation und Konstruktion einfacher, in den Naturwissenschaften verwendeter Darstellungsformen wie Tabellen, Balkendiagrammen und Koordinatensystemen.

Studien zum *Wissenschaftsverständnis* von pädagogischen Fachkräften im Hortbereich wurden bisher nicht durchgeführt. Auch zum Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften gibt es nur wenige Studien (Pomeroy,

1993; Lunn, 2002). Der Großteil der Literatur befasst sich mit dem Wissenschaftsverständnis von Sekundarstufenlehrern, die eine universitäre naturwissenschaftliche Ausbildung erhalten haben (Lederman, 1992). Im deutschen Sprachraum untersuchte Günther (2004; siehe Günther, Grygier, Kircher, Sodian, & Thoermer, 2004) das Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften in mehreren Interviewstudien. Eingesetzt wurde eine modifizierte Form des Nature of Science Interviews nach Carey et al. (1989) (siehe auch Kapitel 2.2.6). Außerdem erhoben Günther et al. (2004) sog. Concept Maps, d.h. von den Probanden selbst hergestellte Begriffsnetze zu wissenschaftstheoretischen Schlüsselbegriffen.

Unterschieden wurden die folgenden Niveaus des Wissenschaftsverständnisses:

- 1a Wissenschaft als Beschreibung der Umwelt
- 1a Wissenschaft als Aktivität
- 1b Wissenschaft als Sammlung von objektiven Fakten
- 1,5 Wissenschaft als Suche nach Antworten, Zusammenhängen
- 2 Wissenschaft als Suche nach überprüfbaren Erklärungen
- 3 Elaboriertes Wissenschaftsverständnis: Verständnis von Rahmentheorien

Die Ergebnisse zeigten große Heterogenität der Niveaus des Wissenschaftsverständnisses, die nicht mit Alter oder Berufserfahrung (Lehramtsanwärter vs. erfahrene Lehrer) kovariierten. Über die Hälfte (ca. 60%) der Lehrer antworteten konsistent auf Ebene 1.5 oder höher, wobei Ebene 3 nahezu nie erreicht wurde und nur eine Person konsistent auf Ebene 2 antwortete. 20% der Probanden gaben überwiegend Antworten auf Ebene 1a oder 1b und keine einzige auf Ebene 2. Dabei ist zu beachten, dass es sich um ausgewählte Stichproben von Lehrern handelte, die sich zu einer mehrwöchigen Fortbildung im Bereich Naturwissenschaften angemeldet hatten.

Als Ergebnis der wissenschaftstheoretisch orientierten Fortbildung durch Curriculumentwicklung verbesserte sich das Wissenschaftsverständnis nahezu aller Teilnehmer deutlich: Über die Hälfte antwortete im Nachtest konsistent auf Ebene 2. Die Befunde des Concept Mapping waren mit den Interviewbefunden konsistent und belegen die Effekte der Fortbildung hin zu einem integrierten Verständnis wissenschaftstheoretischer Grundbegriffe. Insgesamt deuten diese Befunde darauf hin, dass Grundschullehrkräfte spontan zwar mehrheitlich nicht naiv-realistisch (1a, 1b) denken, aber Schwierigkeiten haben, ihr Vorverständnis des Zusammenhangs von Theorie, Hypothese, Experiment und Evidenz zu artikulieren. Die Wirkung geeigneter Fortbildungsmaßnahmen kann als gut eingestuft werden.

Für pädagogische Fachkräfte wird als Ziel ein *fortgeschrittenes Niveau im Wissenschaftsverständnis (mindestens Level 2)*, auf dem *Wissenschaft als die Suche nach Erklärungen angesehen wird*, als notwendig erachtet, um die Rolle von Experimenten und Versuchen in Lernanordnungen begründen und bei Lernprozessen produktiv berücksichtigen zu können. Aus dem Wissenschaftsverständnis leitet sich auch ab, welche Begründungsqualität zu erwarten ist (siehe Kindebene, Kapitel 2.3). Hier sollten mindestens auf relationaler Ebene die Gemeinsamkeiten von Beobachtungen als Grundlage für Begründungen herangezogen werden bzw. regelhafte Zusammenhänge herstellen. In

Bezug auf das wissenschaftliche Denken ist zusätzlich hervorzuheben, dass die grundsätzliche Bedeutung der empirischen Evidenz (d.h. auch die Rolle des Experiments) im Denken und Handeln der pädagogischen Fachkräfte erkennbar sein sollte. Dies bedeutet, dass bei Begründungen grundsätzlich ihre empirische Überprüfung bzw. Überprüfbarkeit hinterfragt wird und solche Begründungen auf relationaler oder regelhafter Ebene auch deshalb auftreten und als höherwertig angesehen werden, weil sie auf empirischen Daten beruhen.

Messung:

Das Wissen über Naturwissenschaften auf Seiten von Lehrenden ist in der Forschung bisher wenig thematisiert worden. Neben dem Interviewverfahren von Carey werden aktuell im Projekt Science-P (Möller, Sodian, Hardy, Koerber & Schwippert) Instrumente für Grundschullehrkräfte entwickelt, die zur Erfassung des Wissenschaftsverständnisses und des Wissens zur fachdidaktischen Umsetzung von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen dienen sollen, wobei bei der Einschätzung des Wissenschaftsverständnisses auf eine international erprobte Skala (SUSSI; Liang, Chen, Chen, Kaya, Adams, Macklin & Ebenezer, 2006) zurückgegriffen werden kann.

Der Bereich des fachdidaktischen Wissens zu naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen / Wissenschaftsverständnis ist wenig erforscht, so dass unklar ist, inwieweit es sich hier um eine eigene Dimension handelt. Insgesamt muss auch geprüft werden, inwieweit die wenigen vorhandenen Instrumente auch für pädagogische Fachkräfte valide sind.

Im Bereich der Methodenkompetenzen liegt ein Testinstrument von Lawson et al. (1978; 2000) vor, das in Paper-Pencil Format Fähigkeiten des wissenschaftlichen Denkens (z.B. induktiven und deduktiven Schließens, Variablenkontrolle, proportionales Denken) bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe erfasst, aber für Erwachsene adaptiert werden könnte. Zur Erfassung der Evidenznutzung bzw. der Begründung von Aussagen durch empirische Daten liegen erste Erkenntnisse vor (z.B. Furtak et al., 2010 im Themenheft von Educational Assessment: Evidence-Based Reasoning in School Science), die sich im Wesentlichen auf Kodierverfahren für Unterrichtssituationen beziehen; eine Übertragung dieser Kategorien auf Interviews mit pädagogischen Fachkräften bzw. auf Paper-Pencil Tests ist jedoch denkbar.

3.3.3 Fachdidaktisches Wissen

Mirjam Steffensky und Ilonca Hardy

Fachdidaktisches Wissen beschreibt das Wissen, das Lehrpersonen benötigen, um Lernenden den Aufbau der angestrebten fachlichen Kompetenzen zu ermöglichen. In verschiedenen Modellen wurden dem fachdidaktischen Wissen im Sinne von Shulman (1986) mehrere Facetten zugeordnet (Grossman, 1990), die sich auch in den für die Naturwissenschaften spezifizierten Modellen wiederfinden lassen (Magnusson, Krajcik & Borko, 1999; Park & Oliver, 2008). Dazu gehören unter anderem die beiden Facetten Schülerkognitionen und Instruk-

tionsstrategien¹⁹, die als wesentliche Elemente des fachdidaktischen Wissens angenommen werden (Park & Oliver, 2008). Es gibt Evidenz einerseits für den Zusammenhang zwischen diesen Wissensfacetten und Schülerleistungen (Baumert et al., 2010; Hill, Rowan & Ball, 2005), andererseits für die Trennbarkeit der Konstrukte Fachwissen und fachdidaktisches Wissen (Baumert et al., 2010). Insgesamt wird das fachdidaktische Wissen als höchst relevant für die Gestaltung von Lerngelegenheiten, die Aufgabenauswahl und die adaptive Lernbegleitung von Schülerinnen und Schülern angesehen.



Wissen über Schülerkognitionen

Unter der Facette „Schülerkognitionen“ werden beispielsweise die folgenden Aspekte gefasst: Wissen über...

- Schülervorstellungen in bestimmten Inhaltsbereichen sowie deren Diagnose und Erfassung,
- sachimmanente Lernschwierigkeiten bei bestimmten Inhaltsbereichen.

Wissen über Instruktionsstrategien

Unter der Facette „Instruktionsstrategien“ werden z.B. die folgenden Aspekte gefasst: Wissen über...

- geeignete Experimente zur Erarbeitung eines Sachverhaltes,
- multiple Repräsentationen und Erklärungen,
- geeignete Kontexte für die Anwendung von Konzepten, zur Förderung von Interessen,
- eine geeignete Sequenzierung von Lernprozessen.

Die folgende Tabelle 7 gibt eine exemplarische Konkretion dieses Wissens im Kontext der zwei Inhaltsbereiche Schwimmen und Sinken sowie Aggregatzustände. Die aufgeführten Teilaspekte stammen aus Forschungsarbeiten zum Inhaltsgebiet Schwimmen und Sinken (z.B. Möller, Jonen, Hardy & Stern, 2002) und Aggregatzustände (z.B. Steffensky, Nölke & Lankes, 2011).

¹⁹ Die Abgrenzung zwischen Schülerkognitionen und Instruktionsstrategien bezieht sich auf das Wissen; in der Lernsituation selbst sind die beiden Komponenten nicht klar voneinander abzugrenzen. So gehen z.B. die Erfassung von Schülervorstellungen und entsprechende Reaktion auf eine spezifische Schülervorstellung (Instruktion) oft ineinander über.

Tabelle 7: Fachdidaktisches Wissen bezüglich der zwei Themenbereiche Schwimmen/Sinken sowie Aggregatzustände (es ist lediglich eine Auswahl von Aspekten aufgeführt)

Schwimmen und Sinken	
Schülerkognitionen	<i>Typische naive Vorstellungen jüngerer Kinder sind:</i> Ein Gegenstand muss mit Luft gefüllt sein, damit er schwimmt. Leichte Gegenstände schwimmen, schwere Gegenstände gehen unter. Kleine Gegenstände schwimmen, große Gegenstände gehen unter. Flache Gegenstände schwimmen. Gegenstände mit Löchern gehen unter. Schwere Gegenstände verdrängen mehr Wasser. Die Verdrängung hängt vom Material des eingetauchten Gegenstandes ab. Die Verdrängung hängt von der Form des eingetauchten Gegenstandes ab. Der Auftrieb ist stärker, wenn viel Wasser vorhanden ist. <i>Schülervorstellungen erfassen</i> Fragen stellen wie z.B. Was schwimmt und was sinkt? Was würde passieren, wenn ich ein Loch in ein schwimmendes Holzbrett mache? Wie kommt es, dass ein großes schweres Schiff nicht untergeht? Wie könnte ich vorgehen, um ein Stück Knete zum Schwimmen zu bekommen? <i>Beobachtungen in einem Versuch, der eine spezifische Fehlvorstellung aufgreift, begründet vorhersagen lassen, Versuch durchführen (und dann Ergebnis erarbeiten) (Predict-Observe-Explain), z.B. fragen, was mit einem Holzbrett mit Löchern geschieht, wenn man es in Wasser legt.</i> SuS Zeichnungen anfertigen lassen, z.B. Zeichne ein, wie sich der Wasserstand verändert, wenn du eine Holzkugel und eine gleich große Steinkugel in das Glas tauchst <i>Sachimmanente Lernschwierigkeiten</i> (auf die entsprechend besondere Aufmerksamkeit gelegt werden sollte) Ein Verständnis der Dichte als zusammengesetzte Größe bereitet SuS häufig Schwierigkeiten. Zur Erklärung des Schwimmens und Sinkens müssen verschiedene Aspekte berücksichtigt und integriert werden.
Instruktionsstrategien	<i>Sequenzierung</i>²⁰ des Lernprozesses, z.B. Hilfreiches Vorwissen überprüfen und ggf. nachholen, z.B. Kenntnis des Materialbegriffes, Vorstellung von Luft als Materie. Teilfragen bearbeiten lassen, z.B. erst die Bedeutung des Materials erarbeiten und dann schrittweise auf den Auftrieb und die Verdrängung fokussieren. Anschlussfähige Vorstellungen erarbeiten, die im nachfolgenden Unterricht weiterentwickelt werden, z.B. die Bedeutung des Materialkonzeptes erarbeiten, das später zum Dichte-Konzept entwickelt wird; Dichte nicht als Verhältnis von Volumen und Masse erarbeiten, sondern als Verhältnis von Volumen und Gewicht anstatt von Masse.²¹

²⁰ Sequenzierung bezieht auf die Sequenzierung einer spezifischen Lerneinheit, aber auch auf die Abfolge von Teilschritten bei der Entwicklung grundlegender Konzepte über mehrere Jahre hinweg.

²¹ Der Begriff Masse führt häufig zu Verwirrungen. Alltagsnäher ist der Begriff Gewicht; die beiden Größen stellen nicht dasselbe dar, es wird aber häufig vorgeschlagen, den physikalisch falschen Begriff Gewicht anstatt der Masse zu verwenden (stehen zu lassen) und eine Umdeutung in der Sekundarstufe vorzunehmen.

Schwimmen und Sinken	
Instruktionsstrategien	<i>Experimente zur Erarbeitung eines Sachverhaltes, z.B.</i> Überprüfung des Schwimmens und Sinkens von Gegenständen, die mit Luft gefüllt sind und trotzdem untergehen, z.B. Tonbecher)..., Versuche zur Verdrängung, z.B. der Vergleich verschieden großer Steine oder verschieden geformter Knetklumpen..., Versuche zum Auftrieb, z.B. Topf in Wasser eintauchen, verschieden große Plastikbecher eintauchen... <i>Repräsentationen, z.B.</i> der Dichte (ggf. vorläufiges Dichte-Konzept) durch Zeichnungen mit unterschiedlich vielen Masseneinheiten (Punkte, Blumen, Tiere...) im selben Raum oder gleiche Masseneinheiten in unterschiedlich großen Räumen. <i>Alltagsnahe Kontexte</i> zum Anknüpfen an Alltagserfahrungen oder zur Anwendung des Gelernten, z.B. Schiffe, Gegenstände in der Badewanne schwimmen lassen, Auftrieb im Schwimmbad erfahren, Bedeutung der Luft für die Schwimmfähigkeit (Schwimmflügel), Luftmatratze, Schwimmtiere, Lufträume im Schiff, Fischblase, Beladungsmarkierungen eines Schiffes...
Aggregatzustände	
Schülerkognitionen	<i>Typische naive Vorstellungen jüngerer Kinder sind:</i> • Wasser und Eis sind unterschiedliche Stoffe, • beim verdunsten verschwindet Wasser (keine Erhaltung), • beim verdunsten wird Wasser in den Boden, in die Reifen, Tafel etc. eingezogen (Änderung des Ortes, aber nicht der Form), • beim verdunsten wird Wasser zu Luft (Änderung des Ortes und der Form, aber noch keine Erhaltungsvorstellung des Stoffes Wasser), • situationsspezifische Erklärung für die Kondensation, z.B. Tröpfchen am Deckel kommen durch hochspritzendes Wasser. <i>Schülervorstellungen erfassen</i> Fragen stellen wie, die die SuS einzeln beantworten wollen, wie Wo ist das Wasser von der Tafel hingekommen? Wie kommen die Tröpfchen an das (kalte) Glas? Beobachtungen in einem Versuch, der eine spezifische Fehlvorstellung aufgreift, begründet vorhersagen lassen, Versuch durchführen (und dann Ergebnis erarbeiten) (Predict-Observe-Explain), z.B. Eiswürfel im Schrank schmelzen lassen (Überprüfung der Rolle des Lichtes) SuS Zeichnungen anfertigen lassen, z.B. Male, wo das Wasser hingeht, wenn die Pfütze trocknet. <i>Sachimmanente Lernschwierigkeiten</i> (auf die entsprechend besondere Aufmerksamkeit gelegt werden sollte) Im Vergleich zur Verdunstung/Kondensation werden Schmelzen/ Gefrieren (auf der Phänomenebene) als relativ einfache Konzepte angenommen, da sowohl der feste als auch der flüssige Zustand direkt beobachtbar ist. Schwieriger ist es, ein Verständnis der Prozesse Verdampfen und Kondensieren zu entwickeln, weil der gasförmige Zustand nicht direkt wahrnehmbar ist. Verwechslung Schmelzen und Lösen, da in beiden Fällen ein Feststoff „flüssig“ wird, z.B. der Lolli schmilzt im Mund Festes kann flüssig werden, aber nicht umgekehrt.

Aggregatzustände	
Instruktionsstrategien	<i>Sequenzierung des Lernprozesses, z.B.</i> Hilfreiches Vorwissen überprüfen und ggf. nachholen, z.B. Vorstellung von Luft als Materie, Teilfragen bearbeiten lassen, z.B. erst die Begriffe und Zustände fest und flüssig klären und dann den Übergang erarbeiten, Anschlussfähige Vorstellungen erarbeiten, die im nachfolgenden Unterricht weiterentwickelt werden, z.B. das Wasser geht als unsichtbares Wasser in die Luft, diese Vorstellung kann dann differenziert werden in gasförmiges Wasser.
	<i>Experimente zur Erarbeitung eines Sachverhaltes, z.B.</i> Vergleich des festen, flüssigen und gasförmigen Zustandes, z.B. mit drei Tüten mit a) Eis, b) Wasser und c) Luft..., Versuche zu den Zustandsänderungen, z.B. Pfützen einkreisen und beobachten, Eiskwürfel schmelzen, Kondensation an Spiegel, Topfdeckel..., Experimente zur Beeinflussung der Zustandsänderungen durch Temperatur, Licht, Menge, Oberfläche..., Versuche zu Schmelz- und Siedetemperatur, z.B. Siedepunkt von Wasser und Parfüm vergleichen.
	Materialien zur Veranschaulichung, z.B. Schema zu den Phasenübergängen
	<i>Kontexte zum Anknüpfen an Alltagserfahrungen und zur Anwendung des Gelernten, z.B.</i> Eiskwürfel im Getränk, Schneemann, andere Schmelzvorgänge wie Käse auf der Pizza, Wäsche trocknen, Haare föhnen, Bild mit Wasserfarben trocknen lassen...

Wissen über das schulische Lernen

Da angenommen wird, dass das Angebot der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ für Grundschüler/-innen auch Inhalte des Sachunterrichts aufgreift, sollten die pädagogischen Fachkräfte über ein Wissen über Curricula, Ziele, angestrebte Kompetenzen bei den Kindern (vgl. Abschnitt 2, Zieldimensionen Kind) sowie typische Unterrichtsmaterialien verfügen. Dieses Wissen kann als die Voraussetzung einer geeigneten Abstimmung zwischen Unterricht und Nachmittagsangebot angesehen werden. Da weiterhin angenommen wird, dass der Sachunterricht in verschiedenen Klassen und Schulen sehr heterogen ist, wird hier empfohlen, dass die Hortkräfte gezielt mit den Lehrpersonen der relevanten Schulen zusammenarbeiten, um eine passgenaue Abstimmung zu realisieren.

Fähigkeit zur Gestaltung effektiver Lernumgebungen

Wie schon im Kapitel zum naturwissenschaftlichen Wissen von Kindern erläutert, weist die Unterrichtsforschung darauf hin, dass die Unterstützung von Lernenden innerhalb konstruktivistischer Lernumgebungen eine bedeutende Rolle für den Aufbau adäquater Vorstellungen spielt sowie sich positiv auf einzelne Bereiche der Motivation und des Kompetenzerlebens auswirken (Blumberg, Hardy, & Möller, 2008; Hardy, Jonen, Möller und Stern, 2006). Das Wissen um themenspezifische Schülerkognitionen und Instruktionsstrategien sollte bei pädagogischen Fachkräften also auch mit einem Wissen über die eigene *konstruktiv-aktive* Rolle im Lernprozess einhergehen. Anzunehmen ist, dass die Umsetzung von Lernangeboten auch durch allgemeine Einstellungen (im Sinne von Überzeugungen, Haltungen) zum Lehren und Lernen beeinflusst ist (vgl. Kapitel 3.2). Wie im Kapitel 3.2.1 beschrieben sind für die Kom-

petenzentwicklung der Kinder insbesondere *konstruktivistisch-orientierte Überzeugungen zum naturwissenschaftlichen Lernen* Einstellungen wünschenswert, während „praktizistische“ („hands-on, aber nicht minds-on“) oder „laissez faire“-Einstellungen (starke Betonung selbstgesteuerten Lernens und Ablehnung von Unterstützungsmaßnahmen durch die Lehrkraft) wenig hilfreich sind (z.B. Kleickmann, 2008).

Aus der Unterrichtsforschung ist bekannt, dass für effektive Lernumgebungen Sichtstrukturen, wie beispielsweise Gruppenunterricht, weniger bedeutsam sind als so genannte *Tiefenstrukturen des Unterrichts*. Zwei zentrale Tiefenstrukturen von Lernumgebungen sind die kognitive Aktivierung und inhaltliche Strukturierungen (Kunter & Voss, 2011; Lipowsky, 2009).

In einer effektiven Lernumgebung wird ein Kind durch Maßnahmen mit dem Potential zur *kognitiven Aktivierung* herausgefordert; zu solchen Maßnahmen gehören beispielsweise die Exploration von Schülervorstellungen sowie der Hinweis auf Widersprüche in Vorstellungen sowie das Stellen offener Fragen. Durch die Nutzung empirischer Evidenz bzw. Gegenevidenz im Sinne der didaktischen „Konfliktstrategie“ können Fachkräfte es Kindern gezielt ermöglichen, ihre naiven Vorstellungen zu hinterfragen und Raum für neue Erklärungen zu schaffen (Troebst, Hardy & Möller, 2011). Auch die Anregung des Vergleichens von Ähnlichem und Unähnlichem in bestimmten Phänomenen kann Kinder kognitiv aktivieren und sie unterstützen, ein stärker generalisiertes Wissen zu entwickeln.

Gleichzeitig benötigen Kinder Maßnahmen, die den Lerninhalt aus fachdidaktischer Sicht *strukturieren* und damit die Komplexität der Lernsituation so reduzieren, dass kognitiv aktivierende Lerngelegenheiten von möglichst vielen Lernenden bewältigt und genutzt werden können (Pea, 2004; Reiser, 2004). Zu diesen Maßnahmen gehören z.B. die geeignete Sequenzierung oder die Nutzung geeigneter Veranschaulichungen, Repräsentationen und Modelle, da sie strukturelle Gemeinsamkeiten und Unterschiede unterschiedlicher Vorgehensweisen durch Visualisierung besonders deutlich machen können und somit den Aufbau von Zusammenhangswissen unterstützen (zusammenfassend Hardy & Koerber, 2012). Beispielsweise zeigte sich, dass im Kontext von Schwimmen und Sinken verschiedene Formen der Repräsentation wie Balkenwaage, schülergenerierte Formen oder Matrix hilfreich für Drittklässler beim Aufbau eines konzeptuellen Verständnisses der Dichte sind (Hardy, Schneider, et al., 2005; Hardy & Stern, 2011; siehe auch Tytler & Prain, 2010). Zur Strukturierung gehört auch die adaptive Unterstützung der Kinder, z.B. durch strukturierende Maßnahmen im Unterrichtsgespräch wie das Hervorheben relevanter Aussagen oder Erkenntnisse die Aufmerksamkeit der Lernenden fokussieren (Einsiedler, 2009; Pea, 2004; Reiser, 2004).

Fachkräfte sollten also Wissen *über Möglichkeiten der Lernunterstützung* im Sinne von Maßnahmen mit dem Potential zur kognitiven Aktivierung und der inhaltlichen Strukturierung haben (international und in anderen Kontexten finden sich vergleichbare Merkmale auch unter den Begriffen scaffolding, sustained shared thinking). Inwieweit es sich hierbei um fachdidaktisches Wissen handelt oder aber um einen Bereich der professionellen „Handlungskompetenz“, welcher ausschließlich in der konkreten Gestaltung von Lernsituatio-

nen messbar ist, ist sowohl für Lehrpersonen als auch für frühpädagogisches Fachpersonal nicht geklärt. Allerdings finden sich für Sekundarstufenlehrpersonen Zusammenhänge zwischen dem fachdidaktischen Wissen und Aspekten der Gestaltung von Unterricht wie der kognitiven Aktivierung (Kunter & Voss, 2011).

Zusammenfassend werden die Facetten *Wissen über Schülerkognitionen und Wissen über Instruktionen* als Zieldimensionen des fachdidaktischen Wissens empfohlen; für das spezifische Programm der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ ist zusätzlich das Wissen über das schulische Lernen bedeutsam. Dieses Wissen kann als eine Voraussetzung für eine hohe Prozessqualität angesehen werden. Gleichzeitig sollte dieses Wissen mit der *Fähigkeit zur Gestaltung effektiver Lernumgebungen* und Interaktionen einhergehen

Messung:

Zum Wissen über Schülerkognitionen und Instruktionsstrategien gibt es einige wenige Instrumente in ausgewählten Inhaltsbereichen, die man nutzen könnte; z.B. aus den Forschungsprojekten PLUS und VIU. Darüber hinaus könnte man in Anlehnung an diese Instrumente weitere themenspezifische Tests entwickeln.

Ein spezifisches Instrument zum Wissen über das schulische Lernen (Wissen über Curricula, typische Grundschulthemen und Umsetzungen) müsste neu entwickelt werden.

Für die Messung der Fähigkeit zur Gestaltung effektiver Lernumgebungen (Prozessqualität der Lernsituationen) könnten Rating-Instrumente herangezogen werden. Entsprechende Rating-Instrumente gibt es zum Beispiel zur Erfassung der Quantität und Qualität bestimmter pädagogischer Interaktionen (Sustained-Shared Thinking: Siraj-Blatchford et al., 2003; Hopf, 2011; vgl. auch Instrumente aus der Unterrichtsforschung, z.B. Rakoczy & Pauli, 2006, Kobarg & Seidel, 2003; Kunter, 2005).

3.4 Allgemeine Aspekte des professionellen Rollen- und Selbstverständnisses

Yvonne Anders

Während die bislang beschriebenen Dimensionen auf Seiten der pädagogischen Fachkraft Aspekte umfassen, die sich spezifisch auf die Naturwissenschaften beziehen, zielt das Angebot der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ auch auf Aspekte des allgemeinen professionellen Rollen- und Selbstverständnisses, die wie auch Einstellungen und Überzeugungen (vgl. Kapitel 3.2) als Komponenten der professionellen Haltung aufgefasst werden können. An dieser Stelle werden nur solche Aspekte als Zieldimensionen vorgeschlagen, die einerseits in den Fortbildungsinhalten der Stiftung eine relevante Rolle spielen und die andererseits in der wissenschaftlichen Literatur zu professionellen Kompetenzen von Lehrkräften als ausschlaggebend beschrieben sind. Hierbei handelt es sich um: Reflexionsfähigkeit, Kooperationsfähigkeit und den Willen zur Entwicklung der eigenen Professionalität.

3.4.1 Reflexionsfähigkeit

Die Anforderungen an pädagogische Fachkräfte im vorschulischen, schulischen und außerschulischen Bereich sind in den letzten Jahren gestiegen. Eine der größten Anforderungen, die in der Literatur beschrieben wird, stellt die große Aufgabenvielfalt und Aufgabenkomplexität dar. Um diese angemessen meistern zu können, sind eine Reihe von Kompetenzen notwendig, unter anderem die Fähigkeit, sich selbst in seiner eigenen Rolle wie auch den eigenen Lehr-Lern-Prozess zu reflektieren. Reflexion kann in gedanklicher oder schriftlicher Form stattfinden. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird unter Selbstreflexion „eine Art geistiger, mentaler Selbstbetrachtung der eigenen Gedanken, inneren Gefühle, Phantasien, Erfahrungen aus der Vergangenheit und Erwartungen an die Zukunft“ verstanden (Dauber, 2006, S. 13).

Die Fähigkeit, die eigene Praxis vorurteilsarm aus anderen Perspektiven zu betrachten, kann als *reflexive Distanz* bezeichnet werden. Reflexionsfähigkeit wird eine entscheidende Rolle bei der Weiterentwicklung der pädagogischen Praxis zugeschrieben. Dementsprechend kann für die pädagogischen Fachkräfte als Zieldimension ein Rollen- und Selbstverständnis beschrieben werden, bei dem die eigene Rolle, eigene pädagogische Konzepte und das eigene pädagogische Handeln kritisch und konstruktiv bewertet werden.

3.4.2 Kooperationsfähigkeit

In der Schuleffektivitätsforschung wird Kooperation von Lehrkräften – gerade im internationalen Raum – als ein zentrales Merkmal guter und effektiver Schulen angesehen (vgl. z.B. Fend; 1998; Sammons, Hillmon & Mortimore, 1995; Steinert et al., 2006; Teddlie & Reynolds, 2000). Kooperation von Lehrkräften kann sich dabei auf verschiedene Aspekte beziehen: Schulorganisation, Personalmanagement und Professionalisierung sowie die Unterrichtsorganisation (Steinert et al., 2006).

Kooperation in Bezug auf die *Schulorganisation* bezieht sich dabei z.B. auf ein geteiltes Zielkonzept, die Koordination verschiedener Bildungsangebote, schulinterne Information und Kommunikation sowie die Aufgabenverteilung und Entscheidungsprozesse. In Bezug auf das *Personalmanagement* und die *Professionalisierung* werden folgende Kooperationsbereiche diskutiert: Fortbildung und Training von Lehrkräften; Rekrutierung und Supervision. Letztlich bezieht sich Kooperation auch auf die Unterrichtsorganisation, einerseits auf die Abstimmung der Inhalte, andererseits auf unterrichtsmethodische Aspekte sowie auf die kollegiale Beratung bei der individuellen Förderung von Schülerinnen und Schülern.



Es wird angenommen, dass in Schulen, in der ein hohes Ausmaß von Kooperation realisiert wird, auch eine hohe Unterrichtsqualität und Schulqualität realisiert wird, die dementsprechend positiv auf die Entwicklung der Kinder wirkt (vgl. Steinert et al., 2006, für einen Überblick).

Eine hohe Schulkooperation erfordert von den Lehrkräften als ersten Schritt ein hohes Maß an Kooperationsfähigkeit. Nach Spieß (2004) zeichnet sich Kooperation zum einen durch den Bezug auf andere und gemeinsam zu erreichende Ziele bzw. Aufgaben aus. Außerdem ist sie intentional, kommunikativ und erfordert ebenso Vertrauen wie ein gewisses Maß an gegenseitiger Verpflichtung (vgl. Schmich & Burchert, 2010). Empirische Studien weisen darauf hin, dass die Kooperation zwischen Lehrkräften oftmals gering ausgeprägt ist und sich nur auf wenige Aspekte, z.B. den Austausch von Unterrichtsmaterialien oder Gespräche über die Lernentwicklung von Schülerinnen bezieht (Schmich & Burchert, 2010). Kullmann (2009) legte eine Dissertation zur Kooperation an Gymnasien im Bereich der Naturwissenschaft vor und schlussfolgert ebenfalls, dass es noch großen Spielraum gibt, die Kooperationskultur zu verbessern.

Betrachtet man die Programmstruktur der Initiative der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, so wird deutlich, dass dieses insbesondere im Grundschulbereich ein hohes Ausmaß an Kooperation bedeutet. Angesprochen ist hierbei einerseits die Kooperation zwischen den pädagogischen Fachkräften in Hort und Nachmittagsbereich, andererseits aber auch in besonderem Maße die Kooperation zwischen Hortkräften und Grundschullehrkräften. Kooperationsfähigkeit kann dementsprechend als besonders relevante Zieldimension angesehen werden. Pädagogische Fachkräfte sollten die Fähigkeit und den Willen zur Kommunikation, Interaktion und Zusammenarbeit mit Akteuren des professionellen Umfelds bzw. relevanten Akteuren bei der Umsetzung von Angeboten des „Hauses der kleinen Forscher“ besitzen. Darüber hinaus sollten sie über die Fähigkeit verfügen, unterschiedlichen Adressatengruppen (z.B. Fachkolleginnen und -kollegen, Eltern, Berufspraktikantinnen und -praktikanten) fachliche oder didaktische Inhalte zu vermitteln.

3.4.3 Entwicklung der Professionalität

Wie in anderen Berufen wird auch für den Lehrerberuf angenommen, dass sich die Weiterentwicklung professioneller Kompetenzen nicht nur auf die Ausbildungsphase, sondern in besonderem Maße auch die berufspraktische Phase relevant ist. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich professionelle Kompetenz von Lehrkräften ganz wesentlich in berufspraktischen Situationen ausbildet und weiterentwickelt (Oser, Achtenhagen & Reynold, 2006). Lehrkräfte sollen danach streben souverän, d.h. zuverlässig und dauerhaft, ihre beruflichen Anforderungen zu bewältigen.

Dieses Streben nach Professionalität kann auch für pädagogische Fachkräfte z.B. im Hort als eine Zieldimension definiert werden. Im Idealfall sind die pä-

dagogischen Fachkräfte in der Lage, ihren Weiterbildungsbedarf zu erkennen, zu organisieren und nachhaltig zu gestalten. Sie verfügen über eine ausgeprägte Lernkompetenz und verstehen die Entwicklung ihrer Professionalität als lebenslangen Prozess. Sie haben sowohl die Bereitschaft, als auch die Einsicht in die Notwendigkeit zur Weiterbildung und zur Aktualisierung des eigenen fachlichen Wissens und Könnens.

Messung:

In der Lehrkräfteforschung wurden alle drei Aspekte des professionellen Rollenverständnisses bereits auch im deutschsprachigen Raum untersucht. Dementsprechend existieren unterschiedliche qualitative und quantitative Instrumente.

Die Entwicklung der Reflexionsfähigkeit von Lehrkräften ist z.B. im Projekt „Standarderreichung beim Erwerb von Unterrichtskompetenz im Lehrerstudium und im Übergang zur Berufstätigkeit“ ein zentrales Thema (Baer et al., 2010; 2011). Im Forschungsprogramm COACTIV (Kunter et al., 2011) wurde neben der Struktur professioneller Kompetenzen auch die Genese und Weiterentwicklung intensiv beleuchtet und entsprechende Instrumente entwickelt (Richter et al., 2011).

Zum Aspekt der Kooperation existiert umfangreiche Forschung und Literatur, dementsprechend existieren auch zum Teil gut geprüfte Instrumente, die oftmals auf Fragebogen basieren (vgl. Steinert et al., 2006 für einen Überblick). Für eine Begleitforschung der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, die sich u.a. auf die Hortkräfte bezieht, wäre aber bei einer Erfassung der beschriebenen Aspekte des Rollen- und Selbstverständnisses die spezifische Funktion und Rolle der beteiligten pädagogischen Fachkräfte zu berücksichtigen, so dass existierende Instrumente lediglich ein Ausgangspunkt für eine Neu- oder Weiterentwicklung sein können.

4. Fazit und Empfehlungen

Yvonne Anders, Ilonca Hardy, Beate Sodian und Mirjam Steffensky

In dieser Expertise wurden auf der Ebene der Kinder und auf der Ebene der pädagogischen Fachkräfte Zieldimensionen der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ beschrieben. Für die weitere Stiftungsarbeit und eine mögliche Begleitforschung werden aus diesen Zieldimensionen diejenigen priorisiert, die

- Die einen hohen Stellenwert in den Angeboten der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ haben,
- die aus empirischer Sicht zentral für die Unterstützung naturwissenschaftlicher Bildung sind und
- deren Erfassung praktikabel erscheint, weil z.B. bereits Instrumente zur Erfassung vorhanden sind.

In diesem Fazit werden die priorisierten Zieldimensionen nochmals kurz charakterisiert.

4.1 Priorisierte Zieldimensionen für Grundschul Kinder

4.1.1 Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit

Wie in Kapitel 2.1 erläutert, werden folgende Dimensionen als Zielbereiche empfohlen:

- Motivation und Lernfreude beim Umgang mit Naturphänomenen
- Interesse an Naturwissenschaften und
- Selbstwirksamkeitserwartung beim Forschen.

Messung:

In Bezug auf motivationale und emotionale Aspekte lässt sich feststellen, dass es für Kinder im Grundschulalter bereits verschiedene Studien auch im deutschsprachigen Raum gibt, die ähnliche Aspekte wie die beschriebenen Zieldimensionen bereits erfolgreich erfasst haben. Die Erfassung erfolgt vielfach über Fragebogen oder Interviewinstrumente. Dennoch müssten entsprechende Instrumente auf die spezifischen Ziele der Initiative „Stiftung Haus der kleinen Forscher“ im Grundschulbereich angepasst werden, so dass ein (Weiter-)Entwicklungsbedarf besteht.

Naturwissenschaftliche Kompetenzentwicklung Kinder

Anders als im Vorschulbereich gibt es für das Grundschulalter neuere Forschung zur naturwissenschaftlichen Kompetenzentwicklung, die die Grundlage bildet für die Entwicklung von Messinstrumenten, die zur Evaluation der Maßnahmen des Hauses der kleinen Forscher geeignet sein könnten. Wir unterscheiden zwischen naturwissenschaftlichem (Inhalts)wissen und dem Wissen über Naturwissenschaften.

4.1.2 Wissen über Naturwissenschaften und wissenschaftliches Vorgehen

Das Wissen über Naturwissenschaften umfasst zwei Komponenten, *Wissenschaftsverständnis* und *Methodenkompetenzen* (siehe Kapitel 2.2). Analog zum naturwissenschaftlichen Wissen lässt sich der Kompetenzerwerb als ein Prozess der Umstrukturierung naiver Vorstellungen zu wissenschaftlich adäquaten Vorstellungen darstellen, wobei Zwischenvorstellungen im Prozess der Restrukturierung durchlaufen werden. Im Grundschulalter lassen sich unter unterstützenden Aufgabenbedingungen bereits einzelne wissenschaftlich adäquate Vorstellungen über Methoden der Hypothesenprüfung demonstrieren. Im Bereich des breiteren Verständnisses von Wissenschaft herrschen naive Vorstellungen vor, Zwischenvorstellungen und einzelne wissenschaftlich adäquate Vorstellungen können durch Unterricht erreicht werden.

Es werden folgende Dimensionen als Zielbereiche empfohlen:

- Reflexives Verständnis von Theorien
- Kenntnis von Methoden der Hypothesenprüfung

- Evidenzevaluation
- selbstgesteuertes Lernen durch Explorationsprozesse und
- Wissenschaftsverständnis und Einsicht in den Forschungsprozess

Messung:

Valide und ökonomische Testverfahren zur Messung von Methodenkompetenzen und Wissenschaftsverständnis wurden in neuerer Zeit entwickelt (Science-P). Diese könnten für eine mögliche Evaluation adaptiert werden. Ferner hat sich Unterricht im Bereich Wissen über Naturwissenschaften als förderlich für den naturwissenschaftlichen Wissenserwerb von Grundschulern erwiesen (Grygier, 2008). Dieser Befund könnte Anstöße bieten sowohl für die Curriculumentwicklung, als auch für formative Evaluationen der Angebote des Hauses der kleinen Forscher.

4.1.3 Naturwissenschaftliches Wissen

Naturwissenschaftliches Wissen wird hier im Sinne eines konzeptuellen Wissens verstanden, welches zusammenhängend, elaboriert und anwendbar ist bzw. als individuelle Vorstellung/en zu spezifischen Phänomenen bezeichnet werden kann. Die Entwicklung dieses Wissens wird in Anlehnung an die Konzeptwechseltheorien als Ausdifferenzierung und Umstrukturierung von naiven Vorstellungen hin zu wissenschaftlichen Vorstellungen beschrieben. Dieser Prozess ist häufig durch verschiedene Zwischenvorstellungen gekennzeichnet, die bereits manche Phänomene deuten können, die aber in ihrer Erklärungsreichweite noch beschränkt sind. Zudem kommt häufig gerade zu Beginn des Lernprozesses eine Kombination von verschiedenen Vorstellungen vor, die manchmal auch als fragmentiertes Wissen bezeichnet wird. In der Grundschule werden *Vorstellungen auf Alltagsniveau* und *erste wissenschaftliche Vorstellungen* angestrebt (siehe Kapitel 2.3). Die Ausprägung des naturwissenschaftlichen Wissens der Kinder kann als zentraler Indikator für die naturwissenschaftliche Kompetenz angenommen werden und ist damit eine besonders wichtige Zieldimension der Initiative.

Es werden folgende Dimensionen als Zielbereiche empfohlen:

- Vorstellungen auf Alltagsniveau (für jüngere Grundschulkinder) bzw. erste wissenschaftliche Vorstellungen (für ältere Grundschulkinder)
- evidenzbasiertes Argumentieren zu bestimmten Inhalten

Messung:

Es gibt mittlerweile valide und ökonomische Wissenstests zu ausgewählten Inhaltsbereichen, z.B. Schwimmen und Sinken und Verdunstung/Kondensation (z.B. aus dem Projekt Science-P bzw. Ohle und Fischer, Kauertz, 2011; Ohle, 2010), die für eine mögliche Evaluation ggf. adaptiert eingesetzt werden könnten.

Da die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ Materialien und Fortbildungskonzepte zu verschiedenen naturwissenschaftlichen Inhaltsbereichen entwickelt, sollten analog zum Vorgehen, das in den oben genannten Forschungsprojekten gewählt wurde (z.B. Science-P) zu jedem Inhaltsbereich Skalen entwickelt werden, die die Erfassung des Kompetenzniveaus der Schülerinnen und Schüler erlauben. Dies setzt die Entwicklung und Erprobung einer großen Zahl

von inhaltvaliden Items voraus, die die theoretisch postulierten Niveaus der naiven Vorstellungen, Alltagsvorstellungen und wissenschaftlich adäquaten Vorstellungen abbilden. Alternativ könnte die Begleitforschung auf einen Inhaltsbereich (z.B. Wasser) fokussieren.

4.1.4 Basiskompetenzen

Wie in Kapitel 2.4 erläutert, wird empfohlen, folgende Dimensionen als potentiell relevante Moderatorvariablen zu beachten:

- Kognitive Kompetenzen
- Soziale Kompetenzen
- Sprachliche Kompetenzen
- Mathematische Kompetenzen

Messung:

Für die genannten Basiskompetenzen existieren Instrumente bzw. Testbatterien, die für die Erfassung der Kompetenzen im Sinne von Kontroll- bzw. Moderatorvariablen genutzt werden könnten.

4.2 Priorisierte Zieldimensionen für pädagogische Fachkräfte

Zu betonen ist, dass es keine Forschung zu den angezielten Kompetenzen der spezifischen Gruppe der pädagogischen Fachkräfte (HorterzieherInnen) gibt. Die Darstellung der Forschungslage stützt sich daher weitgehend auf die Forschung zu Grundschullehrkräften, die sich allerdings schon aufgrund der Ausbildung wesentlich von den pädagogischen Fachkräften unterscheidet. Empfohlen werden daher breit angelegte Studien zu fachbezogenem Professionswissen und den anderen Kompetenzfacetten bei pädagogischen Fachkräften, die der eigentlichen Evaluationsforschung vorauslaufen sollten.

4.2.1 Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit

Wie in Kapitel 3.1 erläutert, werden folgende Dimensionen als Zielbereiche empfohlen:



- Emotionale Haltung und Interesse an Naturwissenschaften
- Enthusiasmus in Bezug auf die Begleitung naturwissenschaftlicher Lernprozesse
- Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf die Begleitung naturwissenschaftlicher Lernprozesse

Der vorliegende empirische Forschungsstand zu Lehrkräften lässt darauf schließen, dass diejeni-

gen Kompetenzen, die sich direkt auf die pädagogischen Interaktionen beziehen (in diesem Fall Enthusiasmus und Selbstwirksamkeitserwartung) auch einen größeren – weil direkten – Einfluss auf die Qualität der pädagogischen Interaktionen haben. Dementsprechend ist davon auszugehen, dass diese in stärkerem Zusammenhang zur kindlichen Entwicklung stehen.

Messung:

In Bezug auf die beschriebenen motivationalen und emotionalen Aspekte ist festzustellen, dass teilweise Instrumente existieren, die die beschriebenen Aspekte für Lehrkräfte im Primarbereich erfassen. Diese Instrumente müssten allerdings für die Begleitforschung der Stiftung spezifisch auf das Angebot von Fachkräften im Hortbereich angepasst werden.

4.2.2 Epistemologische Überzeugungen und Einstellungen

Gemäß der Darstellung in Kapitel 3.2, werden folgende Dimensionen als Zielbereiche empfohlen:

- Konzeptuelle Einstellungen zum Wesen der Naturwissenschaften
- Epistemologische Überzeugungen in Bezug auf den Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen
- Einstellungen in Bezug auf den Stellenwert und Inhalt naturwissenschaftlicher Bildung in Hort und Grundschule

Messung:

Es liegen verschiedene Studien vor, die die beschriebenen Aspekte auch im deutschsprachigen Raum bereits untersucht haben (Brickhouse, 1990; Dubberke et al., 2008; Staub & Stern, 2002; Kleickmann, 2008; Strunck et al., 1999; Möller, 2004).

Die entsprechenden – oftmals fragebogenbasierten Instrumente – müssten jedoch auf die spezifischen Inhalte und Bildungsziele der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ hin angepasst werden.

4.2.3 Fachbezogenes Professionswissen

In Anlehnung an Ergebnisse der Lehrerprofessionsforschung wird das Fachwissen und insbesondere das fachdidaktische Wissen als bedeutsam für die Gestaltung effektiver Lehr-Lern-Situationen angenommen (vgl. Kapitel 3.3). **Fachwissen** wird hier als konzeptuelles Wissen verstanden, das Wissen über Basiskonzepte und über die Struktur des Faches enthält sowie ein vertieftes Wissen in den Grundschul-relevanten Inhaltsgebieten auf dem Niveau der Sekundarstufe I. Dieses Wissen schließt nicht direkt sichtbare Zusammenhänge ein, es erklärt die Regelmäßigkeit von Phänomenen mit evidenz-basierten Erklärungen. Insofern enthält es auch komplexeres Wissen und Erklärungen, z.B. Teilchenmodelle. Als Ziele empfohlen werden:

- Kenntnis von Basiskonzepten der Naturwissenschaften
- Vertieftes naturwissenschaftliches Fachwissen über ausgewählte Inhalte.

Messung:

Da es nur wenige Instrumente gibt, mit denen Fachwissen von Grundschullehrkräften erfasst werden kann (Ohle, 2010), wäre es naheliegend, zusätzlich Schülerleistungstests zu adaptieren oder einzusetzen, die sich an Basiskonzepten orientieren und mit denen entsprechende Grundschulthemen erfasst werden.

Neben dem Fachwissen wird auch das **Wissen über Naturwissenschaften** als relevante Komponente des professionellen Wissens von Hortkräften angesehen. Das Wissen über Naturwissenschaften bezieht sich einerseits auf Methodenkompetenzen, andererseits auf das Wissenschaftsverständnis. Ausgehend von Forschungsansätzen im Rahmen des Projekts Science-P wird ein methodisches Wissen angenommen, welches die evidenzbasierte Begründung von Annahmen in Form von kontrollierten Experimenten und angemessenen Darstellungsformen einschließt. Als Ziele empfohlen werden:

- Fortgeschrittene Methodenkompetenz
- fortgeschrittenes Wissenschaftsverständnis.

Messung:

Instrumente zur Erfassung des Wissenschaftsverständnisses finden sich beispielsweise im SUSSI (Liang, Chen, Chen, Kaya, Adams, Macklin & Ebenezer, 2006) sowie bei derzeit in der Erprobung befindlichen Lehrerinstrumenten zu fachdidaktischen Aspekten des Methodenwissens im Rahmen von Science-P. Im Bereich der Methodenkompetenzen könnte ein Instrument von Lawson et al. (1978; 2000) aus der Forschung mit Sekundarstufenschülern adaptiert werden.

Fachdidaktisches Wissen wurde in die Facetten

- Wissen über Instruktionsstrategien und
- Wissen über Schülerkognitionen

differenziert (vgl. Baumert et al., 2010; Magnusson, Krajcik & Borko, 1999; Park & Oliver, 2008).

Messung:

Hier gibt es einige wenige Instrumente in ausgewählten Inhaltsbereichen, die man nutzen könnte, z.B. aus den Forschungsprojekten PLUS und VIU; darüber hinaus könnte man in Anlehnung an diese Instrumente weitere themenspezifische Tests entwickeln.

Ausgehend davon, dass die außerunterrichtlichen Hortangebote der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ in Abstimmung mit dem naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht stehen, wird als weitere Facette des fachdidaktischen Wissens das

- Wissen über das schulische Lernen

als relevant vorgeschlagen. Unter dieser Bezeichnung werden Wissen über Curricula, typische Grundschulthemen und Umsetzungen subsumiert.

Messung: Ein solches (spezifisches) Instrument müsste neu entwickelt werden.

Neben der Erfassung dieser Wissenskomponenten könnten für die Evaluation des Programmes ggf. auch Instrumente eingesetzt werden, mit denen die

■ Fähigkeit zur Gestaltung effektiver Lernumgebungen und Interaktionen

untersucht wird. Dies betrifft die Prozessqualität der Lernsituationen, wie die Interaktionen zwischen Lehrperson und Lernendem sowie die Effektivität der gestalteten Lernumgebung.

Messung:

Entsprechende Rating-Instrumente gibt es zum Beispiel zur Erfassung der Quantität und Qualität bestimmter pädagogischer Interaktionen (Sustained-Shared Thinking: Siraj-Blatchford et al., 2003; Hopf, 2011; vgl. auch Instrumente aus der Unterrichtsforschung, z.B. Rakoczy & Pauli, 2006, Kobarg & Seidel, 2003; Kunter, 2005).

4.2.4 Allgemeine Aspekte des professionellen Rollen- und Selbstverständnisses

Wie in Kapitel 3.4 erläutert, werden folgende Dimensionen als Zielbereiche empfohlen:

- Reflexionsfähigkeit
- Kooperationsfähigkeit
- Entwicklung der Professionalität

Dabei kann die Kooperationsfähigkeit als besonders relevante Zieldimension im Kontext der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ angesehen werden.

Messung:

Im Bereich der allgemeinen Aspekte des professionellen Selbst- und Rollenverständnisses besteht ein größerer Entwicklungsbedarf für Messinstrumente. Die existierenden Studien zum Rollen- und Selbstverständnis von Fachkräften beziehen sich nicht auf die spezifische Struktur der Initiative „Stiftung Haus der kleinen Forscher“. Darüber hinaus scheint eine reliable und valide Messung dieser Dimensionen in ihrer Entwicklung und Durchführung so aufwändig, dass sie sich in ihrem Aufwand kaum für eine größer angelegte Begleitforschung eignen.

4.3 Zusammenfassung und Ausblick

Die angezielte Kompetenzmessung sowohl auf der Ebene der Kinder als auch der pädagogischen Fachkräfte ist sehr breit. Auf der Ebene der Zieldimensionen Kinder sind Instrumente vorhanden, die wesentliche Kompetenzbereiche abdecken und die für eine Wirkungsstudie eingesetzt werden könnten. Auf der Ebene der Zieldimensionen pädagogische Fachkräfte ist der Entwicklungsbedarf höher, jedoch kann zumindest teilweise auf Instrumente aus dem Bereich Grundschullehrkräfte zurück gegriffen werden, die adaptiert werden können. Insgesamt scheint also eine umfassende Wirkungsmessung des Angebots der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ im Grundschulbereich auf der Basis der bestehenden Forschungslage machbar zu sein.

Über die reine Evaluation einer Bildungsmaßnahme hinaus können Studien zur Wirkung naturwissenschaftlicher Bildung im Grundschulalter wesentlich zur Grundlagenforschung in diesem Bereich beitragen und sind daher aus der Sicht der Entwicklungs- und Pädagogischen Psychologie, sowie der Didaktik der Naturwissenschaften und der Grundschulpädagogik wünschenswert.



C

Prozessbezogene Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht – Zehn Kriterien für wirksames didaktisches Handeln im Elementar- und Primarbereich

Jörg Ramseger

- 1 Einführung
- 2 Das Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts
- 3 Lerntheoretische und didaktische Prämissen
- 4 Wissenschaftliches Argumentieren im Grundschulalter
- 5 Qualitätskriterien
- 6 Relevanz und Hierarchie der einzelnen Kriterien
- 7 Ausblick

1. Einführung

Im folgenden Beitrag wird versucht, allgemeine Qualitätskriterien für didaktisches Handeln im naturwissenschaftlichen Unterricht zu bestimmen, anhand derer jeder Pädagoge und jede Pädagogin die Angemessenheit oder Unangemessenheit von unterrichtlichen und unterrichtsergänzenden Bemühungen zur naturwissenschaftlichen Grundbildung im Elementar- und Primarbereich überprüfen kann. Mit Unterricht sind hier alle schulischen, aber auch alle vor- und außerschulischen Bildungsangebote gemeint, durch die naturwissenschaftliche Kompetenzen bei Kindern im Vor- und Grundschulalter angebahnt werden sollen.

Die Bestimmung von Qualitätskriterien für professionelles Handeln im naturwissenschaftlichen Unterricht setzt voraus, zunächst Klarheit über die Zielsetzungen des Unterrichts zu gewinnen (Kap. 1). Anschließend geht es darum, anerkannte Prinzipien effektiven Lehrens und Lernens in der jeweiligen Disziplin zusammenzutragen, die in der allgemeindidaktischen Forschung der letzten 200 Jahre und in der fachdidaktischen Forschung der letzten 20 Jahre herausgearbeitet worden sind, und diese Prinzipien auf die zuvor bestimmten Ziele zu beziehen (Kap. 2 und 3). Diese Prinzipien lassen sich in Form von allgemeinen Erfolgskriterien für das didaktische Handeln ausdrücken (Kap. 4), die ihrerseits Orientierung für die Konstruktion wie auch für die Evaluation von Lehr-Lern-Situationen in unterrichtlichen und unterrichtsergänzenden Bildungsangeboten bieten. Diese Kriterien sind aber nicht alle gleichwertig, sondern lassen sich hinsichtlich ihrer Relevanz für das Gelingen von naturwissenschaftlichen Bildungsprozessen in der genannten Altersstufe hierarchisieren (Kap. 5).

Weiter unten wird somit ein Katalog von zehn Qualitätskriterien „auf middlem Abstraktionsniveau“ dargeboten, der teils lerntheoretisch, teils bildungstheoretisch und teils aus der Funktion und dem Auftrag der Bildungseinrichtungen begründet wird. Wenn hier von einem „mittleren Abstraktionsniveau“ gesprochen wird, soll damit angedeutet werden, dass die umfangreichen Studien zur Kompetenzmessung in der naturwissenschaftlichen Bildung, die derzeit an diversen Forschungseinrichtungen betrieben werden und zu sehr komplexen Erkenntnissen führen oder schon geführt haben (vgl. hier in diesem Band: Anders, Hardy, Pauen & Steffensky, 2013(a); Anders, Hardy, Sodian & Steffensky, 2013(b); ferner Doll & Prenzel, 2004), durch diesen Katalog keineswegs ersetzt werden können oder sollen. Allerdings sind die in diesen Forschungsprojekten entwickelten Kompetenztests in aller Regel nicht für die Hand der Pädagoginnen und Pädagogen gedacht, sondern dienen eher dem fachdidaktischen oder erziehungswissenschaftlichen Erkenntnisgewinn oder der Erfolgskontrolle des Bildungssystems. Die diesen Kompetenztests zugrunde liegenden Qualitätskriterien zielen auf nachweisbare *Unterrichtseffekte* auf der Seite der Lernenden und versuchen insoweit, den Unterrichtserfolg bei den Lernenden messbar zu machen.

Die hier nachfolgend entwickelten Qualitätskriterien beziehen sich demgegenüber auf *das didaktische Handeln der Pädagoginnen und Pädagogen*, für das es – neben den Unterrichtseffekten bei den Lernenden – zusätzliche professions-eigene Erfolgsmaßstäbe gibt. Diese Kriterien zielen auf eine qualitative Bewertung der *Prozessstruktur* des Unterrichts ab und nicht auf die „Outcomes“. Mit

Bezug auf die den Kriterien zugrunde liegende allgemeinpädagogische und fachdidaktische Forschung wird allerdings unterstellt, dass durch einen Unterricht, der den nachfolgend beschriebenen fachdidaktischen und allgemeinpädagogischen Kriterien genügt, der gewünschte Kompetenzzuwachs bei den Lernenden eher erreicht werden kann als durch einen Unterricht, der diese Kriterien ignoriert. Ob diese Unterstellung tragfähig ist, bleibt dabei weiterer Forschung vorbehalten.

Aus pragmatischen Erwägungen müssen zehn Kriterien ausreichen, damit jede Pädagogin und jeder Pädagoge diesen Katalog bei der Unterrichtsplanung und jedes Pädagogenteam die Kriterien bei der Selbstevaluation der naturwissenschaftlichen Angebote heranziehen kann, um die didaktische Qualität der eigenen Arbeit einschätzen zu können. Die in den Bildungs- und Lehrplänen genannten *fachspezifischen und prozessgebundenen Kompetenzen*, die im jeweiligen Einzelfall in Abhängigkeit vom konkreten Lerngegenstand erworben werden sollen – dass die Kinder also beispielsweise die Aggregatzustände des Wassers kennenlernen oder lernen, wie man eine einigermaßen exakte Messung durchführt oder was eigentlich Begriffe wie „Auftrieb“ und „Dichte“ bedeuten – kommen natürlich immer noch hinzu. Auf diese gegenstandsspezifischen Einzelziele und kompetenzen wird im Folgenden nicht eingegangen.

2. Das Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts

Es gibt vermutlich nur wenige Schulfächer, bei denen es nahezu weltweit Übereinstimmung hinsichtlich der großen allgemeinen Zielsetzung für den Unterricht gibt. Für die Naturwissenschaften lässt sich dieses behaupten: Hier gehen die meisten Bildungsverwaltungen in Übereinstimmung mit der fachdidaktischen Forschung von einer weltweit weitgehend ähnlichen Zielformel aus, die im angelsächsischen Raum „*scientific literacy*“ oder „*science literacy*“ (Bybee, 1997; Bybee, McCrae & Laurie, 2009) genannt wird und auf Deutsch mit „naturwissenschaftlicher Grundbildung“ umschrieben werden kann. Eine immer wieder zitierte und insoweit wirkungsmächtige Formulierung aus dem „Project 2061 – Science for All Americans“ (AAAS/NSBA, 2008, S. 23) beschreibt naturwissenschaftliche Grundbildung in folgenden Dimensionen:

- „Vertraut sein mit der natürlichen Welt und Respekt empfinden für ihre Einheit;
- ein Bewusstsein davon haben, wie Mathematik, Technik und Naturwissenschaften voneinander abhängen;
- einige Schlüsselkonzepte und wesentliche Prinzipien der Naturwissenschaften verstehen;
- über die Fähigkeit verfügen, naturwissenschaftlich zu denken;
- verstehen, dass Naturwissenschaften, Mathematik und Technik menschliche Erfindungen sind, und die Stärken und die Grenzen einer solchen Sichtweise kennen;
- fähig sein, naturwissenschaftliche Erkenntnisse und Denkweisen für persönliche und soziale Zwecke einzusetzen.“

Gegen diese äußerst populäre Zielbestimmung lassen sich erhebliche Einwände vorbringen: Der Mensch hat z.B., seit es ihn gibt, die vermeintlich

„natürliche Welt“ immer schon bearbeitet. Spätestens seit dem ersten Nukleartest in der Atmosphäre, der Zündung der Trinity-Bombe im Jahre 1945, deren Radionuklide vom Wind über die ganze Welt verteilt wurden und sich heute noch im Polar-Eis nachweisen lassen, gibt es überhaupt keine vom Menschen unberührte Natur mehr. Und eine irgendwie geartete „Einheit“ der Natur hat es auch nie gegeben. Vielmehr sind eine geradezu atemberaubende Artenvielfalt, Konkurrenz und Verdrängungskampf zwischen den Arten sowie beständiger Wandel der Lebensverhältnisse und beständige Anpassung der Arten an diesen Wandel nach Darwin wesentliche Kennzeichen der Natur. „Respekt“ könnte man also lediglich vor der Vielfalt der Natur haben und gerade nicht vor ihrer „Einheit“.

Zu begreifen, das „Naturwissenschaften, Mathematik und Technik menschliche Erfindungen sind“, ist insofern auch nicht so einfach, wie der Zielkatalog der AAAS nahelegt, als ja die Natur selbst keine menschliche Erfindung ist, sondern unabhängig von ihrer Wahrnehmung und Interpretation durch den Menschen existiert. Zwar sind die Gesetzmäßigkeiten, die der Mensch durch Betreiben von Naturwissenschaften in der Natur zu erkennen glaubt, Konstruktionen seines Geistes. Aber sie sind doch zugleich von den Gesetzmäßigkeiten, die in der Natur herrschen, abhängig. Heinrich Hertz hat diese Dialektik von Welt und erkennendem Geist in seiner Einleitung zur „Mechanik“ wie folgt ausgedrückt: „Wir machen uns innere Scheinbilder oder Symbole der äußeren Gegenstände ... von solcher Art, daß die denknotwendigen Folgen der Bilder stets wieder die Bilder seien von den naturnotwendigen Folgen der abgebildeten Gegenstände“ (Hertz, 1894, S. 1).

Die Forderung schließlich, dass Kinder befähigt werden sollen, „naturwissenschaftliche Erkenntnisse und Denkweisen für persönliche und soziale Zwecke einzusetzen“, verwechselt am Ende gar Naturwissenschaften mit Technik einerseits und Ethik andererseits: Die Schwerkraft oder die Evolution lassen sich schwerlich für „soziale Zwecke“ einsetzen.

Richtig am Konzept der AAAS ist nur die Tendenz, dass „scientific literacy“ nicht primär auf bloßes Fachwissen zielt. Nach Gräber, Nentwig, Koballa und Evans (2002) ist sie vielmehr als ein komplexes „Bündel von Kompetenzen“ zu begreifen (Gräber et al., 2002, S. 137). Es geht weniger um umfassenden Wissenserwerb und auch nicht primär um schlichtes Faktenwissen als um ein „anschlussfähiges, gründliches Erarbeiten und Verstehen einzelner, auch subjektiv bedeutsamer Frage- und Problemstellungen“ (Möller, Jonen, Hardy & Stern, 2002, S. 415), die durch eigenaktive Erkundungen in genuin wissenschaftlichen Diskursen erworben werden.

Duit, Häußler und Prenzel (2001) gehen davon aus, dass die zur naturwissenschaftlichen Grundbildung gehörenden Kompetenzen vier übergeordneten Bereichen zugeordnet werden können (zitiert nach Prenzel, Rost, Senkbeil, Häußler & Klopp, 2001, S. 195):

- „naturwissenschaftliche Begriffe und Prinzipien (Wissen bzw. Verständnis zentraler naturwissenschaftlicher Konzepte),

- naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden und Denkweisen (Verständnis naturwissenschaftlicher Prozesse, grundlegende Fertigkeiten, Denkhaltungen),
- Vorstellungen über die Besonderheit der Naturwissenschaft (Verständnis der *nature of science*, epistemologische Vorstellungen, Wissen über die Grenzen der Naturwissenschaft),
- Vorstellungen über die Beziehungen zwischen Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft (Verständnis des ‚Unternehmens Naturwissenschaft‘ im sozialen, ökonomischen und ökologischen Kontext).“

Diese Liste ist insofern angemessener als die der AAAS, als sie sich einer normativen Indienstnahme der Naturwissenschaften für ethische und soziale Zwecke enthält, sich auf „Vorstellungen“ beschränkt und zugleich die Komplexität des Vorhabens „naturwissenschaftliche Grundbildung“ durchschimmern lässt. Denn es gibt ja nicht *die eine*, z. B. szientifisch-kausale Naturwissenschaft, sondern eine Vielzahl von Betrachtungsarten der und Denkweisen über die Natur, die vom Standpunkt des Fragenden aus und für den Erkenntnisgewinn der Menschheit als Ganzer alle ihre Berechtigung haben. Und die Aneignung dieser vielfältigen Denk- und Betrachtungsweisen unterliegt dazu noch komplexen Wechselverhältnissen von Erfahrung, Denken und Lernen, die schwer in eine einfache Zielbestimmung und einfache Kompetenzkataloge zu fassen sind (vgl. Benner, 2008, 2012).

Dies gilt für alle neueren Bestimmungen der Leitformel „scientific literacy“. Hackling und Prain (2008, S. 7) haben „scientific literacy“ in einem Kontextmodell grafisch dargestellt. Danach umfasst das multi-dimensionale Konstrukt „scientific literacy“ (SL) eine Schnittmenge von konzeptuellem Verstehen, prozessuellem Wissen, spezifischen Haltungen gegenüber der Wirklichkeit und Fachwissen aus den einzelnen Fachdisziplinen – jeweils in Bezug auf einen spezifischen Inhaltskontext (siehe Abbildung 6).

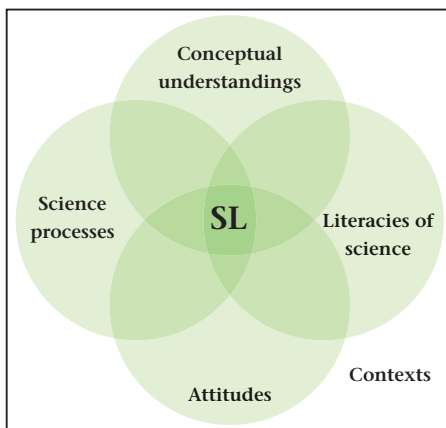


Abbildung 6. Kontextmodell „scientific literacy“ nach Hackling und Prain (2008).

Diese Mehrdimensionalität des Leitziels „scientific literacy“ spiegelt sich auch in den Zieldimensionen für die naturwissenschaftliche Bildung von Anders et al. (2013a, b, vgl. hier in diesem Band Kapitel B 1.2) wieder. Neben den genannten konzeptuellen und epistemologischen Zielen führen die Autorinnen zusätzlich einen Katalog von Basiskompetenzen an, „worunter allgemeine Fähigkeiten wie kognitive, sprachliche, mathematische, und soziale Kompetenzen zusammengefasst sind, von denen angenommen wird, dass sie die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen moderierend beeinflussen“ (Anders et al., 2013a, S. 23, b, S. 87; im Detail siehe dort jeweils Kapitel 2.4).

„Naturwissenschaftliche Grundbildung“ stellt mithin nicht – wie manche Lehrerinnen und Lehrer bisweilen denken und auch viele Handreichungen für den Unterricht nahelegen – *das Experimentieren* ins Zentrum der Überlegungen, sondern *das Fragen, das Beobachten und das Argumentieren* (siehe hierzu – immer noch wegweisend – Wagenschein 2010; 1. Aufl. 1968). Das Ziel ist dabei ein doppeltes: ein „wirkliches Verstehen“ der Naturgesetze („the sciences of nature“) und gleichzeitig ein Verstehen des Wesens der Naturwissenschaften („the nature of science“). Oder anders gesagt: verstehen, wie die Natur funktioniert, und verstehen, welche Fragen mit naturwissenschaftlichen Methoden und Prozeduren überhaupt nur beantwortet werden können. Beispielsweise können Naturwissenschaftler/innen in der Regel nur die Wie-Frage beantworten, also Aussagen darüber machen, wie sich etwas unter *bestimmten Bedingungen* verhält. Kinder stellen allerdings sehr häufig die Warum-Frage (z.B. „Warum gibt es Schwerkraft?“, „Warum leben die Arbeiterinnen bei den Bienen nur wenige Wochen lang?“) oder die Woher-Frage („Was war vor dem Urknall?“). Diese beiden Arten von Fragen sind allerdings keine naturwissenschaftlich zu klärenden Fragen und die naturwissenschaftlich einzig redliche Antwort auf solche Fragen wäre: „Das weiß kein Mensch!“

Da alle Bildungsprozesse des Jugend- und Erwachsenenalters auf den Bildungsprozessen der frühen Kindheit aufbauen, gilt die Multi-Dimensionalität naturwissenschaftlicher Bildung grundsätzlich auch schon für die Bildungsbemühungen von Eltern und Pädagoginnen und Pädagogen im Kindergarten und in der Grundschule, selbst wenn eine umfassende naturwissenschaftliche Bildung natürlich erst im Durchgang durch das ganze Bildungssystem erlangt werden kann.

3. Lerntheoretische und didaktische Prämissen

3.1 Konstruktivistischer Lernbegriff

Ich schlage vor, Lernen nicht als Reiz-Reaktions-Schema, sondern als „Erfahrungslernen“ in einem klassischen Sinn zu begreifen. Mein Ausgangspunkt ist der Lernbegriff von John Dewey. Durch Erfahrung lernen heißt nach Dewey: „Das, was wir den Dingen antun, und das, was wir von ihnen erleiden, nach rückwärts und vorwärts miteinander in Verbindung bringen“ (Dewey, 1964, S. 187; Erstauflage 1916²²). Lernen erfolgt nach Dewey und später – in anderem Vokabular – auch bei Wygotski, Piaget und Bruner, wenn ein lernendes Subjekt in einer gegebenen Problemsituation die vorhandenen Erfahrungen oder kognitiven Schemata mit den Folgen des eigenen Tuns und die Rückwirkungen der äußeren Wirklichkeit auf das eigenen Tun denkend verarbeitet und – mit Piaget gesprochen – im Sinne einer permanent fortschreitenden Akkomodation (Anpassung) bewährter und Assimilation (Zuordnung) neuer Schemata immer komplexere gedankliche Strukturen aufbaut, die wiederum in komplexeren Handlungsvollzügen ihre Bewährung finden.

Das Denken des Vor- und Grundschulkindes ist diesem Verständnis von Lernen zufolge immer an ein eigenes geistiges Handeln gebunden. Dies entspricht einer Forderung nach *strukturiertem eigenaktivem Handeln* im Lernprozess, wie sie die Allgemeine Didaktik seit Rousseau und die zeitgenössische fachdidaktische Forschung konstruktivistischer Provenienz wenigstens seit Wygotski immer wieder für unerlässlich erklärt hat (für aktuelle Positionen siehe Möller, 2004; Einsiedler, 2005; Hardy, Jonen, Möller & Stern, 2006).

Wenn das Ziel naturwissenschaftlicher Bildung ein „wirkliches Verstehen“ der Naturgesetze und der Naturwissenschaften ist – „the sciences of nature“ und „the nature of science“ – , sind auf der Basis eines solchen Lernbegriffs vier Prinzipien einsichtig:

1. Ein bildender Unterricht beginnt immer mit einer problemhaltigen Situation, die *eine Frage an die Welt* aufwirft. Da den Kindern die (naturwissenschaftlichen) Fragen, die in einer problemhaltigen Situation gegeben sind, meist nicht bewusst sind, ist es die erste Aufgabe der Pädagoginnen und Pädagogen, diese Fragen mit den Kindern herauszuarbeiten, um sie bearbeitbar zu machen. „Didaktik“ heißt „lehren“. Es ist mithin durchaus geboten, den Kindern etwas „aufzuzeigen“, was sie von sich aus nicht sehen und nicht fragen würden.
2. Es geht im naturwissenschaftlichen Unterricht grundsätzlich um Verstehen und nicht primär ums Experimentieren.
3. Experimente sind nur ein Mittel zum Zweck der *Überprüfung einer Frage* an die Natur. Sie sind keineswegs der Hauptzweck des naturwissenschaftlichen Unterrichts, sondern sollen dem Verstehen dienen.

²² Im Original: „To ‘learn from experience’ is to make a backward and forward connection between what we do to things and what we enjoy or suffer from things in consequence. Under such conditions, doing becomes a trying; an experiment with the world to find out what it is like; the undergoing becomes instruction - discovery of the connection of things.“ (Dewey, 1916, S. 187)

4. Experimente sollten den Kindern nicht vorgegeben, *sondern mit ihnen entwickelt werden*, wenn sie benötigt werden, um eine Frage zu klären.

Die vierte Forderung weckt allerdings Zweifel, ob Kinder im Grundschulalter denn überhaupt schon in der Lage sind, Hypothesen-prüfende Verfahren selber zu entwickeln, selbstverständlich nur im Rahmen von alters- und erfahrungstypischen Fragestellungen. Hierzu liegen widersprüchliche Einschätzungen vor. So haben wir im Programm „prima(r)forscher“ durchaus Situationen erlebt, in denen Grundschulkinder eigene experimentelle Anordnungen selbst entwickelt haben (vgl. Internationale Akademie, 2011, Abschnitt 3.2, S. 30-38). Auch Beate Sodian stellt fest, „dass auf der Zieldimension ‚Kenntnis von Methoden der Hypothesenprüfung‘ erste Kompetenzen bereits im frühen Grundschulalter vorhanden sind und dass der Einsatz adäquater Strategien zur Prüfung von Kausalhypothesen durch gezielte Förderung erreichbar ist“ (Anders et al. 2013b, S. 100 in diesem Band). Andererseits verweist Sodian auch auf die Studien von Bullock und Ziegler (1999), wonach „erst ab der fünften Klassenstufe von etwa einem Drittel der Probanden spontan ein kontrollierter Test produziert [wurde]. Erst im Alter von 17 Jahren produzierten ca. 80% der Probanden spontan ein kontrolliertes Experiment“ (Anders et al., 2013b, S. 99 in diesem Band).

Offenkundig benötigen Grundschulkinder eine gezielte Anleitung bei der Durchführung hypothesentestender Verfahren. Diese Anleitung muss meines Erachtens nach immer auch den Kontextbezug zu der den Experimenten zugrunde liegenden Fragestellung sichern. Wenn Pädagoginnen und Pädagogen nicht darauf warten wollen, dass die Kinder selbst zielführende experimentelle Anordnungen zur Überprüfung ihrer Hypothesen finden werden, oder wenn den Kindern dieses nicht von alleine gelingt, kann es durchaus Sinn machen, den Kindern auch experimentelle Anordnungen darzubieten. Allerdings nur unter einer Voraussetzung, die wir als fünftes Prinzip an die Gruppe der eben genannten Prinzipien anfügen können:

5. Wenn Pädagoginnen und Pädagogen selbst ein Experiment einbringen, muss den Kindern wenigstens bewusst sein oder durch den Unterricht bewusst werden, *auf welche Frage an die Natur dieses Experiment eine Antwort liefern soll*.

Dabei müssen sich die Pädagoginnen und Pädagogen stets des Doppelcharakters des Experimentierens bewusst sein. Denn im Experimentieren erfahren die Kinder etwas auf doppelte Weise: einmal die Auseinandersetzung mit einem Gegenstand und den diesen Gegenstand determinierenden Variablen; zum anderen aber auch das didaktische Arrangement des Experiments als pädagogischem Mittel, mit dem ihnen etwas beigebracht werden soll, was sie ohne das Experiment offenbar nicht erfahren könnten.

3.2 Geeignete Lehr-Lern-Arrangements

Die naturwissenschaftsdidaktische Forschung hat in Deutschland und auch international in den vergangenen Jahren sehr klare Aussagen dazu gemacht, wie Lernsituationen beschaffen sein müssten, die ein wirkliches Verstehen

von Naturgesetzen ermöglichen. Für die deutsche Grundschulforschung sind vor allem die Arbeiten von Kornelia Möller, Beate Sodian, Elsbeth Stern, Ilonca Hardy und Kolleg/inn/en zu nennen, die in richtungsweisenden Forschungsarbeiten identifiziert haben, was einen ‚guten‘ naturwissenschaftlichen Unterricht in der Grundschule ausmacht (vgl. Ewerhardy, Kleickmann & Möller, 2009; Jonen, Möller & Hardy, 2003; Möller, 2004; Möller et al., 2002; 2006; Sodian et al., 2002; Stern & Möller, 2004). Unter Bezugnahme auf die Zielkomponente „scientific literacy“ betont diese Forschung ebenso wie die grundschuldidaktische Forschung die Notwendigkeit von Lehr-Lern-Arrangements, in denen die Kinder eigenaktiv, problemorientiert und lebensweltorientiert an naturwissenschaftlichen Sachverhalten arbeiten können (vgl. Einsiedler, 2009; Fischer, Klemm, Leutner, Sumfleth, Tiemann & Wirth, 2003; Lauterbach, Hartinger, Feige & Cech, 2007; Treagust, Chittleborough & Mamiala, 2002; Tyson, Venville, Harrison & Treagust, 1997). Danach sind Unterrichtsansätze im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht als besonders wirksam einzuschätzen, in denen die Pädagoginnen und Pädagogen den Kindern im Unterricht Gelegenheiten zum selbsttätigen Aufstellen, Erproben, Prüfen und Widerrufen von Hypothesen geben.

Diese Prozesse müssen – und das ist entscheidend! – in aller Regel durch strukturierte Lernbegleitung, aktivierende Gesprächsführung („scaffolding“) sowie eine diesbezüglich anregende (konstruktivistische) Lernumgebung unterstützt werden. Wenn Dewey oben von einem „Erleiden“ der Wirkungen und Rückwirkungen der Natur auf das lernende Subjekt als Grundlage von Lernprozessen spricht, wird zudem deutlich, dass unterrichtlich angeleitete Lernprozesse niemals eine eindeutige Richtung im Sinne der direkten Instruktion haben (zum Lehr-Lern-Kurzschluss in der Didaktik und in der Kompetenzforschung siehe Holzkamp, 1996). „Leiden“ beinhaltet auch Enttäuschung, Irritation, phasenweises Nicht-Verstehen, das weder durch bloßes Handeln des lernenden Subjektes noch durch simples Vordenken und Vormachen seitens der Pädagogin oder des Pädagogen überwunden, sondern nur in gemeinsamen, ko-konstruktiven Denkakten bearbeitet werden kann.

Die Kommunikation über die Tätigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Unterrichtshandeln nimmt mithin einen besonderen Stellenwert für den Wissensaufbau bei den Kindern ein. Kornelia Möller (2004) fasst die Erkenntnis der gesamten fachdidaktischen Forschung der letzten 20 Jahre in zwei Sätzen zusammen und setzt damit einen primären Maßstab für die Unterrichtsqualität im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule:

„Um anwendungsbereites, integriertes und widerspruchsfreies Wissen aufzubauen, müssen Schüler aktiv und aufgrund eigener Denkprozesse bisherige Konzepte in Frage stellen, [sie] anhand von Erfahrungen überprüfen, alte Ideen verwerfen und neue Ideen entwickeln, diese wiederum überprüfen, in verschiedenen Situationen anwenden und in ihrer eigenen Sprache präsentieren. Den gemeinsamen Lern- und Denkprozessen in der Lerngruppe kommt hierbei eine wichtige Bedeutung zu“ (Möller, 2004, S. 153).

Lernen erfolgt in dieser Perspektive als Ko-Konstruktion der Lehrenden und Lernenden sowie der Lernenden untereinander, wobei der Prozess des Lernens in den sozialen Kontext des Unterrichts integriert ist (Widodo & Duit,

2004). Dabei wird angenommen, dass Lernprozesse auch auf kognitiver und motivationaler Ebene insbesondere dann nachhaltig wirksam sind, wenn eine systematische enge Verzahnung von Handlungs- und Verstehensprozessen gegeben ist (Beinbrech, Kleickmann, Tröbst & Möller, 2009; Möller, 2004; Möller et al., 2002, 2006). Der Unterricht sollte demnach bereits in seiner Struktur so gestaltet sein, dass er eine Kombination von eigenaktivem Erproben und Experimentieren und systematischem gemeinsamem Nachdenken über den Sachverhalt darstellt – „sustained shared thinking“, wie es die Angelsachsen nennen. Schwierig erscheint allerdings die Unterstellung der Möglichkeit eines „widerspruchsfreien“ Wissens. Widerspruchsfreies Wissen gibt es nur in bestimmten Wissensformen und – wie die Wissenschaftsgeschichte zeigt – auch immer nur auf Zeit.

Im Idealfall setzt der Unterricht an den Fragen der Kinder zum jeweiligen Gegenstand an, macht diese zum Thema und bearbeitet diese Fragen in einem Zyklus ähnlich einem realen Forschungsverlauf in wissenschaftlichen Projekten: von einer Frage an die Natur über Hypothesenbildung, Hypothesenprüfung, Ergebnisdokumentation bis zur Diskussion der Befunde (vgl. Ramseger, 2010 und 2011; ferner den Forschungskreislauf nach Marquardt-Mau (2011), auf dem auch die Methode „Forschungskreis“ der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ basiert²³).

Dieser Idealfall wird im Vor- und Grundschulunterricht allerdings nur selten erreicht. Denn ein solcher *Forschungszyklus* setzt erstens voraus, dass die Kinder die in den Naturphänomenen enthaltenen Fragen an die Natur selbstständig formulieren können. In der Regel bedürfen Sie dazu aber der Hilfe des professionellen Pädagogen bzw. der Pädagogin, die ihnen gegenstandsangemessene Fragen erst aufzeigen bzw. bei deren Formulierung helfen. Zum anderen setzt dieses Idealmodell voraus, dass die Pädagoginnen und Pädagogen selbst ein genuines Verständnis von naturwissenschaftlichem Denken und Handeln haben sowie das Fachwissen und den didaktischen Weitblick, Fragen der Kinder in – in der Regel langfristigen und nicht immer stringent ablaufenden – Forschungs- und Denkprozessen zu neuen Erkenntnissen aufzulösen. Kinder sind zunächst keine Naturwissenschaftler und ihre Pädagoginnen und Pädagogen sind es in der Regel auch nicht. Letztere haben bisweilen nicht einmal eine Vorstellung von einem genuin naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess, der immer auf Prozesse des wissenschaftlichen Argumentierens angewiesen ist.

²³ Siehe <http://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/forschen/paedagogik/methode-forschungskreis/>

4. Wissenschaftliches Argumentieren im Grundschulalter

Fragen wir nach den für „scientific literacy“ erforderlichen Kompetenzen, bietet es sich an, auf eine Übersicht von Jürgen Mayer (2007, S. 178) zurückzugreifen, der die in der Literatur zu „scientific literacy“ üblichen Kompetenzkonstrukte wie folgt anordnet (siehe Abbildung 7):

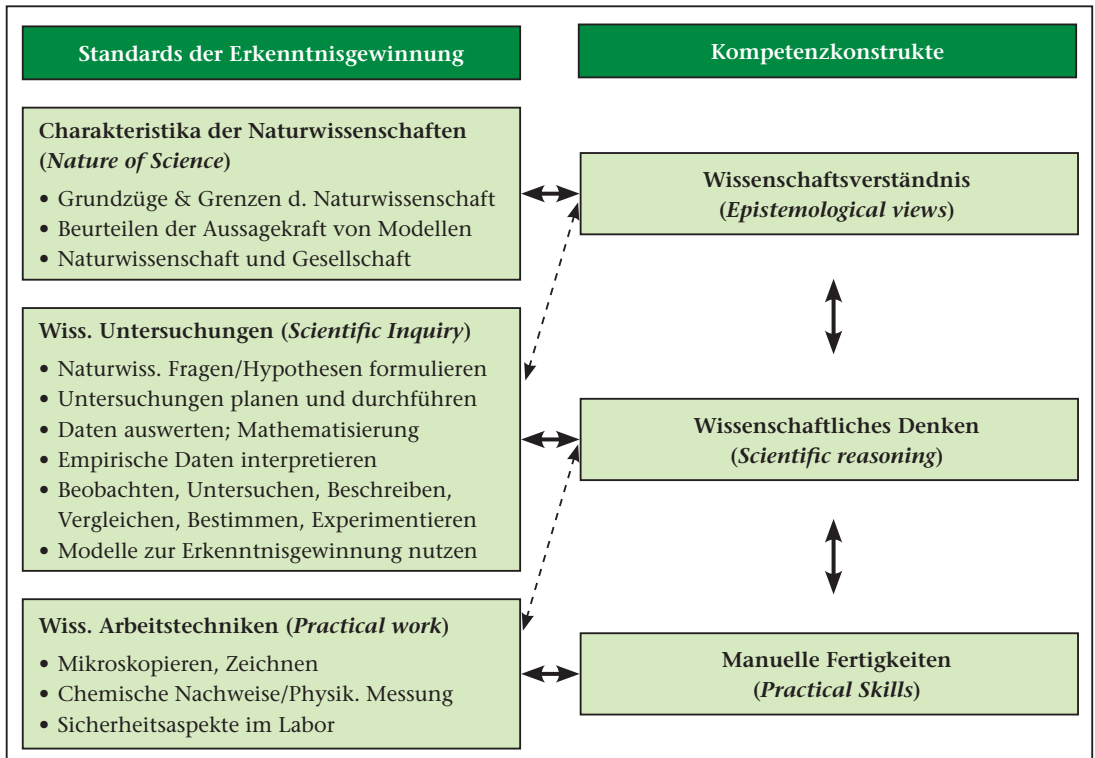


Abbildung 7. Rahmenkonzept wissenschaftlicher Kompetenzen nach Mayer (2007).

Natürlich bezieht sich Mayers Rahmenkonzept auf den ausgebildeten Naturwissenschaftler bzw. die hauptberufliche Forscherin und unterscheidet nicht zwischen lebensweltlichen, historischen, szientifisch-kausalen und ideologiekritischen Wissensformen. Unterstellt man aber, dass jede Kompetenz in einem lebenslangen Lernprozess angebahnt und ausgeformt wird, ist das Raster auch relevant im Hinblick auf die Fragen, welche Kompetenzen denn schon im Vor- und Grundschulalter angebahnt werden können.

Wenn man die Grafik von unten nach oben liest, lässt sich einschätzen, was davon in Vor- und Grundschule erreicht werden kann. Ich behaupte, dass ein Unterricht oder unterrichtsergänzende Arbeitsgemeinschaften, die sich primär auf ein *handlungsorientiertes Laborieren* beschränken – etwa im Sinne zahlreicher populärer Bücher oder der vielen Experimentieranleitungen, die im Internet kursieren – hauptsächlich dazu geeignet sind, manuelle Fertigkeiten im Umgang mit

einfachsten Instrumenten, Geräten und vielleicht einfache naturwissenschaftliche Prozeduren zu vermitteln: Umgang mit Flaschen, Trichtern, Messbechern, Kerzen sowie einfachen Messgeräten wie Zollstock, Windmessern, Thermometern und Ähnlichem. Solche Experimentieraufgaben und -anleitungen, die den Kindern meist ungefragt (!) vorgegeben werden, laufen aber immer Gefahr, das Verstehen der besprochenen Sachverhalte zu vernachlässigen, ja diesem sogar entgegenzuwirken, weil den Kinder Verstehensleistungen abverlangt werden, die in der Kürze der Zeit und in Bezug auf ihre altersgemäßen Vorstellungen von der Natur und deren Gesetzen kaum bewältigt werden können.

Die Anbahnung eines wahrhaften *Wissenschaftsverständnisses* im Sinne von „epistemological views“ stellt meines Erachtens dagegen nicht nur für Kinder im Vor- und Grundschulalter, sondern auch für die meisten Pädagoginnen und Pädagogen eine große Herausforderung dar, es sei denn, sie hätten in ihrer primären Berufsausbildung eine Naturwissenschaft studiert. Der oder die durchschnittliche Sachunterrichtslehrer/in ist dafür meist nicht hinreichend ausgebildet, und die vielen Erzieher/innen oder Sozialpädagog/inn/en, die in Vorschulgruppen oder nachmittags in der Ganztagschule naturwissenschaftliche Experimente anbieten, sind es mehrheitlich auch nicht. Ein Verständnis der „nature of science“ wird im Vor- und Grundschulalter zwar möglicherweise implizit aufgebaut, bedarf jedoch, so die fachdidaktische Forschung der letzten 20 Jahre, des systematischen Nachdenkens und des systematisch angeleiteten Diskurses über Wissenschaft. Dies beinhaltet einen langjährigen Erfahrungsprozess mit wissenschaftlichen Fragestellungen und deren Klärung in genuin wissenschaftlichen Lehr-Lernsituationen. Nach Sodian (2002) ist die Fähigkeit, zwischen einer theoretischen Vermutung und einer Evidenzprüfung zu unterscheiden, kaum von Grundschulkindern zu erwarten, weil sie oft schon Schwierigkeiten haben, „den Sinn und das Ziel von Hypothesenprüfungen zu verstehen“ (Hellmich & Höntges, 2010, S. 75; zum aktuellen Forschungsstand in Bezug auf die Erkenntnismöglichkeiten des Grundschulkindes siehe das Kapitel von Sodian in Anders et al., 2013b, S. 91-105 in diesem Band).

Angemessener Zielbereich für das Vor- und Grundschulalter sind meines Erachtens die in Abbildung 7 als mittlere Ebene eingezeichneten Kompetenz-Konstrukte: das *gemeinsame Nachdenken* über konkrete Fragen an die Natur, deren Beantwortbarkeit und die zu ihrer Beantwortung selbst durchgeführten Beobachtungen und Aktionen, kurzum das, was die Angelsachsen „scientific reasoning“ nennen.

Scientific Reasoning (Wissenschaftliches Argumentieren)

Was ist „scientific reasoning“? Im Folgenden werden vier Definitionen für dieses Konstrukt dargeboten.

In der einfachsten Form wird „wissenschaftliches Argumentieren“ nach Einsiedler wie folgt beschrieben: „...bei Behauptungen nach Gründen und Belegen (...) fragen...“ (Einsiedler, 1992, S. 484; zitiert nach Beinbrech et al., 2009, S. 140).

Tytler, Hubber und Chittleborough (2012, S. 3) definieren „wissenschaftliches Argumentieren“ so: „Abwägendes Denken, welches Entscheidungen beinhal-

tet und zu einer begründeten Behauptung führt. Das Setzen von identifizierbaren und generativen Beziehungen zwischen Einheiten. Es wird oftmals mit komplexem Denken, (...) dem Lösen von ungewöhnlichen Problemen und der Begründung von Behauptungen durch Evidenz in Verbindung gebracht“.²⁴

Shemwell und Furtak (2010; zitiert nach Tytler, 2011, S. 3) unterscheiden:

- „Auf einer *Behauptung* basierendes Argumentieren: eine Erklärung darüber, wie sich etwas in der Zukunft verhalten wird (Vorhersage) oder darüber, was in der Gegenwart geschieht oder in der Vergangenheit geschehen ist (Schlussfolgerung oder Ergebnis).
- Auf *Fakten* basierendes Argumentieren: eine Behauptung, die durch eine einzelne beobachtbare Eigenschaft gestützt wird. Und:
- Durch *Evidenz* gestütztes Argumentieren: eine Behauptung, welche durch Erklärungen über die kontextabhängige Beziehung zwischen zwei beobachtbaren Eigenschaften oder die kontextualisierte Beziehung zwischen einer Eigenschaft und einer beobachtbaren Konsequenz dieser Eigenschaft gestützt wird“.²⁵

Im Projekt „EQUALPRIME“²⁶ werden folgende Indikatoren benutzt, um Situationen zu bestimmen, in denen sich „wissenschaftliches Argumentieren“ ereignet.

„Wissenschaftliches Argumentieren“ ereignet sich demzufolge immer dann, wenn

- Kinder ihr Vorwissen und eigene Vermutungen zum Sachverhalt artikulieren,
- Kinder eigene Hypothesen formulieren und diese gegen Rückfragen verteidigen müssen,
- Kinder auf Grund ihrer Hypothesen eigene Versuchsanordnungen entwickeln und begründen,

²⁴ Im Original: „*Deliberative thinking that involves choices, leading to a justifiable claim. The setting of identifiable and generative relations between entities*“. It is often associated with “high order thinking, (...) solving non-standard problems, claim backing using evidence.”

²⁵ Im Original:

- „*Claim-Based reasoning: a statement of what something will do in the future (prediction), or is happening in the present or past (conclusion or outcome);*
- *Data-Based reasoning: a claim backed up by a single observable property, and*
- *Evidence-Based reasoning: a claim supported or backed up by statements describing a contextualized relationship between two observable properties or a contextualized relationship between a property and an observable consequence of that property*“.

²⁶ EQUALPRIME – Exploring quality primary education in different cultures: A cross-national study of teaching and learning in primary science classrooms. Forschungsprojekt des Australian Research Council 2009-2013. Principal Investigators: Prof. Dr. Russell Tytler, Deakin University, Melbourne; Prof. Dr. Mark Hackling, Edith Cowan University, Perth; Prof. Dr. Hsiao-Lan Sharon Chen, National Taiwan Normal University, Taipei; Prof. Dr. Chao-Ti Hsiung, National Taipei University of Education, Taipei; Prof. Dr. Jörg Ramseger, Freie Universität Berlin.

- Kinder Fehlerquellen, Widersprüche oder erwartungswidrige Ereignisse in ihren Versuchen oder Versuchsanordnungen erkennen und erörtern,
- Kinder eigene Begründungen für beobachtete Phänomene formulieren und/oder erläutern,
- Kinder sich im Diskurs auf eine Beschreibung, Begründung, Interpretation verständigen,
- Kinder einer Erkenntnis folgend handeln (beobachtbare Objektivationen von Erkenntnisgewinn im konkreten Handeln),
- Kinder über ihren eigenen Lernweg nachdenken (Metakognition).

Nur ein Unterricht, der solche argumentativen, dialogischen und metakognitiven Phasen einplant und sicherstellt und das Fragen, das Erleiden, das Handeln und das Denken gezielt kombiniert, kann meines Erachtens im eigentlichen Sinne des Wortes als „bildender Unterricht“ begriffen werden (zur Unterscheidung zwischen einem „bildenden“ und einem bloß „informierenden“ oder gar „belehrenden“ Unterricht siehe Ramseger, 1991).

5. Qualitätskriterien

Im Folgenden werden zehn Kriterien erfolgreichen naturwissenschaftlichen Unterrichtens dargestellt, die auf der Basis des oben dargestellten Lernbegriffs und der Multi-Dimensionalität der Zielformel „naturwissenschaftliche Grundbildung“ entwickelt wurden und die vielfältigen und äußerst differenzierten Befunde der fachdidaktischen Forschung der letzten zwanzig Jahre in einfachen kurzen Behauptungen zusammenfasst (siehe Überblick in Tabelle 8). Es handelt sich um *Kriterien zur qualitativen Einschätzung der Prozessqualität des Unterrichts*. Dabei dient die bereits zitierte Kernthese nach Möller als Leitformel für eine gute Prozess-Struktur der Lehr-Lern-Situationen:

„Um anwendungsbereites, integriertes und widerspruchsfreies Wissen aufzubauen, müssen Schüler aktiv und aufgrund eigener Denkprozesse bisherige Konzepte in Frage stellen, [sie] anhand von Erfahrungen überprüfen, alte Ideen verwerfen und neue Ideen entwickeln, diese wiederum überprüfen, in verschiedenen Situationen anwenden und in ihrer eigenen Sprache präsentieren. Den gemeinsamen Lern- und Denkprozessen in der Lerngruppe kommt hierbei eine wichtige Bedeutung zu“ (Möller, 2004).

Natürlich ist es ein kühnes Unterfangen, die gesamte fachdidaktische Forschung in so knappen Sätzen zusammenzufassen, wie sie im Folgenden dargeboten werden. Die Forschung selbst neigt ja berechtigterweise dazu, stets die Vorläufigkeit der eigenen Aussagen, die Komplexität des Gegenstandsfelds und den enormen Bedarf nach weiterer Forschung zu betonen, bevor überhaupt irgendwelche Praxisempfehlungen geäußert werden dürften. Hier wird unterstellt, dass die Pädagoginnen und Pädagogen in der Praxis genau solche einfach verstehbaren und dennoch sachlich anspruchsvollen Sätze benötigen, um sich ein Bild von der Sinnhaftigkeit der eigenen Bemühungen machen zu können und überhaupt irgendeinen Maßstab für ihr unterrichtliches Handeln zu gewinnen. Sind diese Kriterien erst einmal formuliert, kann man anhand dieses Katalogs möglicherweise viel besser über die wünschenswerte Unterrichtsrealität streiten als ohne solche Kriterien.

Die 10 Kriterien auf einen Blick:

Tabelle 8: Die zehn Qualitätskriterien für naturwissenschaftlichen Unterricht im Überblick.

1. Die Natur frag-würdig machen
Guter naturwissenschaftlicher Unterricht geht von einem Naturphänomen aus, das die Kinder staunen macht, und entwickelt mit den Kindern das Formulieren einer Frage an die Natur dergestalt, dass die Kinder darauf eine sinnvolle Antwort finden können.
2. Vorwissen einbeziehen
Guter naturwissenschaftlicher Unterricht erhebt zunächst die Präkonzepte der Kinder zum jeweiligen Sachverhalt, greift sie auf und konfrontiert die Vorstellungen der Kinder mit neuen Fragen, neuen Beobachtungen und neuen (experimentellen) Erfahrungen.
3. Experimente mit den Kindern entwickeln
Guter naturwissenschaftlicher Unterricht entwickelt die experimentelle Anordnung, die den Kindern eine Antwort auf ihre Frage gibt, nach Möglichkeit mit den Kindern selbst. Wenn die Kinder dazu noch nicht in der Lage sind und die Pädagoginnen und Pädagogen ihnen daher ein Experiment vorgeben, muss den Kindern wenigstens bewusst sein oder durch den Unterricht bewusst werden, auf welche Frage an die Natur dieses Experiment eine Antwort liefern soll.
4. Präzises Arbeiten einüben
Guter naturwissenschaftlicher Unterricht übt mit den Kindern das genaue Hinsehen, das sorgsame Dokumentieren des Erlebten und die Unterscheidung von Fragen, Vermutungen, Behauptungen und Beobachtungen.
5. Den wissenschaftlichen Diskurs pflegen
Guter naturwissenschaftlicher Unterricht übt mit den Kindern den gepflegten Diskurs über die Vermutungen, die Beobachtungen und die Befunde. Er ist, so gesehen, eine spezifische Form von Sprachunterricht.
6. Modelle und Repräsentationen nutzen
Guter naturwissenschaftlicher Unterricht entwickelt mit den Kindern geeignete grafische Darstellungen, Modelle und Repräsentationen.
7. Die historisch-gesellschaftliche Einbettung berücksichtigen
Guter naturwissenschaftlicher Unterricht erweitert den Blick der Kinder für die historische, die kulturelle und die gesellschaftliche Bedeutung des behandelten Phänomens.
8. Die Offenheit der Wissenschaft aufzeigen
Guter naturwissenschaftlicher Unterricht zeigt den Kindern auf, dass unsere Antworten auf unsere Fragen an die Natur immer nur vorläufige sind und die Wissenschaft immer weiter geht.
9. Lernzuwachs sichern
Guter naturwissenschaftlicher Unterricht bewirkt einen Kompetenzzuwachs bei den Kindern.
10. Selbstwirksamkeitserfahrung ermöglichen
Guter naturwissenschaftlicher Unterricht ermöglicht den Kindern die Erfahrung einer durch eigenes Denken gelösten Frage an die Natur.

Die zehn Kriterien werden nachfolgend im Einzelnen erläutert.

5.1 Die Natur frag-würdig machen

1. Kriterium:

Guter naturwissenschaftlicher Unterricht geht von einem Naturphänomen aus, das die Kinder staunen macht, und entwickelt mit den Kindern das Formulieren einer Frage an die Natur dergestalt, dass die Kinder darauf eine sinnvolle Antwort finden können.

Das erste Kriterium folgt der Überzeugung, die schon Rousseau oder Herbart und später – wie schon erwähnt – John Dewey ausformuliert haben und die in aktuelleren Publikationen zum naturwissenschaftlichen Unterricht z. B. von Ansari (2009, 2012) oder Marquardt-Mau (2011) erneut herausgestellt wurde: dass es gar kein Lernen gibt, wenn nicht zuvor ein Problem oder eine Frage unseren Verstand weckt, unser vorhandenes Weltverstehen in Zweifel zieht, unsere schon aufgebauten kognitiven Schemata herausfordert, sich neu zu organisieren. Jegliches Lernen setzt eine Frage an die Welt voraus, und sie muss dem lernenden Subjekt auch bewusst (gemacht) werden (Ramseger, 2011). Dies geschieht in der Regel nicht von allein, sondern setzt ein entsprechendes didaktisches Handeln der Pädagogin bzw. des Pädagogen in einem fragend-entwickelnden Unterricht voraus.

5.2 Vorwissen einbeziehen

2. Kriterium:

Guter naturwissenschaftlicher Unterricht erhebt zunächst die Präkonzepte der Kinder zum jeweiligen Sachverhalt, greift sie auf und konfrontiert die Vorstellungen der Kinder mit neuen Fragen, neuen Beobachtungen und neuen (experimentellen) Erfahrungen.

Wenn, und darüber besteht Konsens in der Fachwelt, Lernen eine Veränderung bestehender Konzepte zum Ziel und zur Folge hat, ist es unabdingbar, die Präkonzepte der Kinder in Bezug auf den zu verhandelnden Gegenstand zunächst zu erfassen, sie auch im Unterricht von den Kindern zur Sprache bringen zu lassen und als „Ausgangsbasis“ für die weiteren Lernbemühungen zu nutzen (Morrison & Lederman, 2003; Lohrmann & Hartinger, 2012). Lernen ereignet sich allerdings nicht in der Wiederholung des je schon Vorhandenen, sondern in der Konfrontation der gegebenen Erfahrung mit neuen Erfahrungen, Gegenbildern und von der eigenen Überzeugung abweichenden Vermutungen, Hypothesen oder Beobachtungen. Daher erhebt guter naturwissenschaftlicher Unterricht zunächst die Präkonzepte der Kinder zum jeweiligen Sachverhalt, greift sie auf und konfrontiert die Vorstellungen der Kinder – ohne sie zu diffamieren – mit neuen Fragen, neuen Beobachtungen und neuen (experimentellen) Erfahrungen.

5.3 Experimente mit den Kindern entwickeln

3. Kriterium:

Guter naturwissenschaftlicher Unterricht entwickelt die experimentelle Anordnung, die den Kindern eine Antwort auf ihre Frage gibt, nach Möglichkeit mit den Kindern selbst. Wenn die Kinder dazu noch nicht in der Lage sind und die Pädagoginnen und Pädagogen ihnen daher ein Experiment vorgeben, muss den Kindern wenigstens bewusst sein oder durch den Unterricht bewusst werden, auf welche Frage an die Natur dieses Experiment eine Antwort liefern soll.



Viele Pädagoginnen und Pädagogen unterliegen dem Trugschluss, dass sich naturwissenschaftliches Arbeiten zuvörderst im Experimentieren äußert, und bieten daher häufig eine Fülle von Experimenten dar, ohne dass den Kindern immer klar ist, wozu dies im jeweiligen Einzelfall eigentlich geschieht. Diese Pädagoginnen und Pädagogen verkennen, dass der wissenschaftliche Prozess vor allem Gedankenarbeit erfordert, das mühevollen Übersetzen einer Frage an die Natur in eine überprüfbare Hypothese, die ihrerseits keinesfalls in jedem Fall experimentell geklärt werden muss, sondern – man denke nur an die Astronomie – oft auch schon durch intensives Beobachten, sorgfältige Dokumentation von Naturerscheinungen und schlussfolgerndes Denken allein geklärt werden kann.

Sicher ist die experimentelle Vorgehensweise die heute am weitesten verbreitete Methode der Hypothesenprüfung in den Naturwissenschaften. Aber sie ist doch immer nur ein Mittel zum Zweck und nicht der eigentliche Zweck der Naturwissenschaften, welcher im Erkenntnisgewinn besteht. Naturwissenschaftsunterricht, der sich vorrangig auf das Experimentieren beschränkt, verkennet mithin häufig die Notwendigkeit, das Experiment als eine Methode unter vielen in den Sinnzusammenhang der durch das Experiment zu klärenden Frage an die Natur zu stellen (vgl. Ramseger, 2010). Dann aber läuft der Unterricht Gefahr, zwar Staunen, aber gerade nicht „Verstehen“ zu produzieren, und verliert am Ende jeglichen bildenden Anspruch. Daher gibt guter naturwissenschaftlicher Unterricht den Kindern im Idealfall keine Experimente vor, sondern entwickelt die experimentelle Anordnung, die den Kindern eine Antwort auf ihre Fragen gibt, – wenn möglich – mit den Kindern selbst.

Allerdings sind Kinder im Vor- und Grundschulalter nur begrenzt in der Lage, eigene experimentelle Anordnungen zur Klärung ihrer Fragen an die Natur zu erfinden, die auch belastbare Ergebnisse produzieren (vgl. oben Abschnitt 2). Daher kann es durchaus Sinn machen, wenn Pädagoginnen und Pädagogen selbst experimentelle Anordnungen einbringen und den Kindern vorstellen. Dabei ist es aber von entscheidender Bedeutung, dass den Kindern bewusst ist oder durch den Unterricht bewusst wird, auf welche Frage an die Natur das betreffende Experiment eine Antwort liefern soll.

5.4 Präzises Arbeiten einüben



4. Kriterium:

Guter naturwissenschaftlicher Unterricht übt mit den Kindern das genaue Hinsehen, das sorgsame Dokumentieren des Erlebten und die Unterscheidung von Fragen, Vermutungen, Behauptungen und Beobachtungen.

Kinder sind zunächst keine Naturwissenschaftler. Kinder sind spontan, lebendig, sprunghaft, und jederzeit bereit, irgendeine Tätigkeit zugunsten einer attraktiveren anderen Sache einfach fallen zulassen. Ihre Disziplin ist beschränkt, ihre Fähigkeit zu kühlem, rationalem, unvoreingenommenem Urteilen, wie es für die szientifisch-kausale

Naturwissenschaft typisch ist, entwickelt sich erst im Durchgang durch das Bildungssystem. Kinder geben sich vielfach mit einer schnellen Antwort und großen Begriffen zufrieden („schwarze Löcher“!), deren Tragweite sie noch gar nicht durchschauen.

Es ist der Auftrag der Schule, Kindern die Ordnungssysteme und Vorgehensweisen, die wir „Wissenschaften“ nennen, allmählich Schritt für Schritt zu erschließen. Guter naturwissenschaftlicher Unterricht übt daher mit den Kindern das genaue Hinsehen, das sorgsame Dokumentieren des Erlebten und die Unterscheidung von Fragen, Vermutungen, Behauptungen und Beobachtungen.

5.5 Den wissenschaftlichen Diskurs pflegen



5. Kriterium:

Guter naturwissenschaftlicher Unterricht übt mit den Kindern den gepflegten Diskurs über die Vermutungen, die Beobachtungen und die Befunde. Er ist, so gesehen, eine spezifische Form von Sprachunterricht.

Wie umfassend Lehr-Lern-Situationen mit Grundschulkindern geplant und gestaltet werden müssen, die „wissenschaftlichen“ Ansprüchen genügen und nachhaltiges Verstehen produzieren sollen, zeigen die umfangreichen Studien von Tytler und Petersen (2004), Hardy, Jonen, Möller

und Stern (2006), Beinbrech (2010) sowie Tröbst, Hardy und Möller (2011). Wissenschaftliches Arbeiten erfordert eine der kindlichen Spontaneität geradezu entgegenlaufende Haltung.

Dazu gehören naturwissenschaftliche „Arbeitstugenden“ wie die genaue Verwendung von Begriffen und der Sprache. „Masse“ und „Gewicht“ eines Körpers sind nicht das gleiche. Unter „Energie“ versteht ein Biologe womöglich etwas anderes als ein Physiker. Überhaupt kommt es im naturwissenschaftlichen Unterricht ganz zentral auf das präzise Sprechen an. Denn ohne eindeu-

tige Versprachlichung der Beobachtungen, der Vermutungen und der Befunde kann kein stimmiges kognitives Schema entwickelt werden. Guter naturwissenschaftlicher Unterricht übt mit den Kindern den gepflegten Diskurs über die Vermutungen, die Beobachtungen und die Befunde. Er ist so gesehen genuiner Sprachunterricht in einer spezifischen Form.

5.6 Modelle und Repräsentationen nutzen

6. Kriterium:

Guter naturwissenschaftlicher Unterricht entwickelt mit den Kindern geeignete grafische Darstellungen, Modelle und Repräsentationen.

Hubber, Tytler und Haslam (2010) haben ebenso wie Hardy, Jonen und Möller (2004) in empirischen Studien herausgestellt, wie bedeutsam die grafische Repräsentation wissenschaftlicher Erklärungen und die Nutzung von Modellen für den Erkenntnisaufbau in den Naturwissenschaften sind. Beispielsweise erfolgt die Darstellung von Kräften in der Mechanik, die man nicht direkt sehen, sondern nur spüren oder in ihren Folgen sehen kann, in aller Regel mit Hilfe von grafischen Repräsentationen, Pfeildarstellungen oder Kräftediagrammen. Auch körperliche Darstellungen, wenn die Kinder beispielsweise im Rollenspiel die doppelte Drehbewegung der Erde um die eigene Achse und um die Sonne nachspielen und dabei fast schwindlig werden, unterstützen den Verstehensprozess. Der Nutzen solcher grafischer Veranschaulichungen, Tabellen, Gesten und körperlichen Darstellungen für den Verständnisaufbau wird im Allgemeinen hoch angesetzt.



„According to the teachers, the explicit negotiation of and discussion of representations of force led to a richer range of classroom discussions and opened up lines of inquiry that were closed in earlier versions of the unit. The requirement on students to generate and coordinate representations led to refinement of ideas in shared classroom discussion“ (Hubber et al., 2010, S. 24).

Als Begründung für die Wirksamkeit von Repräsentationen und Modellen wird angeführt, dass jegliches Lernen eine Abstraktion von Einzelfällen darstelle, die in Zeichen gespeichert wird. Dabei kommt es allerdings nach Hubber et al. entscheidend darauf an, dass die Kinder die passenden Repräsentationen möglichst selber erfinden und im Diskurs in der Lerngemeinschaft erläutern und verteidigen müssen. Dies entspricht dem ko-konstruktiven Gesamtarrangement zeitgemäßen Naturwissenschaftsunterrichts:

“There is a need for a strong sense of student agency in generating, negotiating and refining representations, and this aligns with previous claims by members of the research team [...] that supporting and challenging students to refine and coordinate their representations leads to them achieving increased coherence and flexibility in developing understanding“ (Hubber et al., 2010, S. 24f).

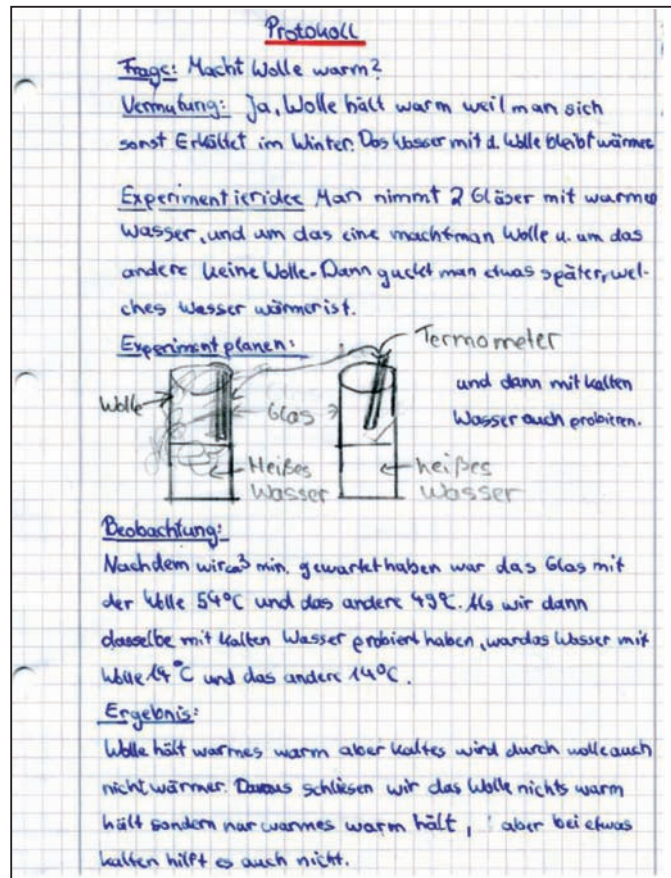


Abbildung 8: Grafische Repräsentation einer Versuchsidee durch eine Gruppe von Schülerinnen und Schülern (nach Wimmer, 2011; Quelle: Deutsche Telekom Stiftung / Deutsche Kinder- und Jugendstiftung (Hg.): Wie gute naturwissenschaftliche Bildung an Grundschulen gelingt. Ergebnisse und Erfahrungen aus prima(r)forscher. Berlin und Bonn, 2011)

Guter naturwissenschaftlicher Unterricht entwickelt daher mit den Kindern geeignete grafische Darstellungen, Modelle und Repräsentationen, die ihr Verstehen fördern (Beispiel in Abbildung 8).

5.7 Die historisch-gesellschaftliche Einbettung berücksichtigen

7. Kriterium:

Guter naturwissenschaftlicher Unterricht erweitert den Blick der Kinder für die historische, die kulturelle und die gesellschaftliche Bedeutung des behandelten Phänomens.

Naturwissenschaft steht nicht für sich allein, sondern ist immer eingebettet in eine historische und gesellschaftliche Situation. Sie verdankt ihr Entste-

hen nicht immer nur der menschlichen Neugier, sondern oft genug auch den Interessen ihrer Förderer. Das können wirtschaftliche, militärische, technische oder auch epistemologische Interessen sein. Oft dienen diese Interessen dem Machterhalt oder der Machterweiterung. Man denke nur an die Förderung der Welterkundung durch die großen Seefahrer zum Zwecke der Eroberung ferner Kolonien im 15. bis 18. Jahrhundert oder den Wettlauf zu den Erdpolen zu Beginn des 20. Jahrhundert, die aus imperialistischen Motiven von der spanischen bzw. britischen Krone massiv unterstützt wurden.

Forschungsförderung dient allerdings nicht immer partikularen Interessen, sondern bisweilen, beispielsweise im Bereich der erneuerbaren Energien oder der Elektromobilität, auch globalen Zwecksetzungen wie dem Erhalt der natürlichen Lebensbedingungen auf unserem Globus für die nachkommenden Generationen. Bildung für eine nachhaltige Entwicklung ist seit der Publikation des Brundlandt-Berichts im Jahre 1987 oder spätestens seit der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung von Rio 1992 zentraler Gegenstand des Schulunterrichts auf allen Jahrgangsstufen und lässt sich, wie die Publikationen zur Agenda 21 zeigen, in unterrichtsergänzenden Bildungsangeboten auch wirksam anbahnen.²⁷ Es ist offenkundig, dass dieses Menschheitsziel nur im Verein von ökonomischen, ökologischen, politischen und naturwissenschaftlich-technischen Bemühungen realisiert werden kann.

Versteht man naturwissenschaftliche Bildung mithin in einem umfassenden, die einzelnen Wissenschaftsdisziplinen übergreifenden Sinne als Beitrag zur „allgemeinen Bildung“, wäre es sicher unzulänglich, beispielsweise den Magnetismus im Sachunterricht auf das Spiel von Anziehung und Abstoßung unterschiedlicher Magnetpole und den Nachweis von Kraftlinien mit Eisenfeilspänen zu beschränken, ohne die historische und gesellschaftliche Nutzung der Entdeckung des Erdmagnetismus ausführlich mit zu behandeln. Denn der Magnetismus ist ja nicht nur in der Technik, beispielsweise in Form von mechanischen Schaltelementen, für uns von höchster Bedeutung.

Fast bedeutsamer ist die historische Dimension: Ohne die Entdeckung, dass sich kleine Magnetsteine, schwimmend gelagert oder drehbar aufgehängt, immer und überall zum Nordpolarstern ausrichten, hätten sich die spanischen Konquistadoren kaum über den großen Ozean



gewagt und ferne Kontinente angesteuert, die anzusteuern ihnen vor der Erfindung des Kompasses zu riskant war. Und ohne diese Erfindung wüssten wir

²⁷ Vgl. z. B. die Materialien aus dem Programm „Transfer 21“ bei <http://www.transfer-21.de/index.php?p=40>

vermutlich bis heute nichts von der Existenz Amerikas. Umgekehrt nutzen wir heute im Alltag satellitengesteuerte elektronische Navigationssysteme, die auf alle jenen Entdeckungen einschließlich der antiken Himmelsgeometrie basieren. Diese Bezüge sollte man mit Grundschulkindern ansprechen, wenn man im Sachunterricht den Magnetismus behandelt und den Kindern zugleich eine umfassende Allgemeinbildung erschließen will (vgl. hierzu auch Misgeld, Ohly, Rühaak & Wiemann, 1994; Rieß 1998).

5.8 Die Offenheit der Wissenschaft aufzeigen

8. Kriterium:

Guter naturwissenschaftlicher Unterricht zeigt den Kindern auf, dass unsere Antworten auf unsere Fragen an die Natur immer nur vorläufige sind und die Wissenschaft immer weiter geht.

Anspruchsvoll wird es, wenn wir den hypothetischen Charakter der Naturgesetze bedenken und uns klar machen, dass wissenschaftliche Aussagen grundsätzlich „vorläufig“ sind und immer und jederzeit durch Erkenntnisse auf komplexerer Erkenntnisebene überholt werden können. Das Atommodell bewährt sich derzeit, um den basalen Aufbau der Materie und die Reaktion von Stoffen mit einander zu erklären. Es bewährt sich bei der Produktion von Strom und von Bomben. Aber Teilchenforscher dringen immer weiter zu immer kleineren Bausteinen der Materie vor. Vielleicht ersetzen sie eines Tages das Atommodell durch ein anderes, komplexeres, die Wirklichkeit besser erklärendes Modell, so wie einst Kepler, Kopernikus und andere das geozentrische Weltbild überwunden haben.

Dieses Meta-Verständnis von Wissenschaft Kindern im Grundschulalter nahezubringen, ist sehr schwer. Sie glauben häufig, dass Forscher alles wissen, alles herausbekommen können und immer Recht haben. Vielleicht kommen Pädagoginnen und Pädagogen hier nicht viel weiter, als hin und wieder bei wissenschaftlichen Erklärungen die Worte „soweit wir heute wissen“ einzuflechten: „Soweit wir heute wissen, starben die Dinosaurier infolge eines gigantischen Kometeneinschlags aus“. Gerade dieses Thema, das Grundschulkinder gemeinhin brennend interessiert, könnte geeignet sein, die Vorläufigkeit, die jeweils begrenzte Reichweite und stetige Erneuerung von wissenschaftlichen Erklärungen wenigstens einmal in der Grundschulzeit zu thematisieren.

5.9 Lernzuwachs sichern

9. Kriterium:

Guter naturwissenschaftlicher Unterricht bewirkt einen Kompetenzzuwachs bei den Kindern.

Das vorletzte Qualitätskriterium, das hier vorgestellt wird, klingt auf den ersten Blick banal und erklärt sich aus dem Zweck von Bildungseinrichtungen. Natürlich sollen alle Bildungsangebote bei den Kindern einen Kompetenzzuwachs bewirken. Allerdings ist dieser Kompetenzzuwachs nicht immer ein-

fach festzustellen. Viele Forschungsarbeiten befassen sich derzeit mit diesem Problem. Die Expertisen von Anders et al. (2013a, b; hier in diesem Band) kommen zu dem Schluss, dass für sehr viele Kompetenzen oder Dimensionen erfolgreichen Unterrichts im Bereich der frühen naturwissenschaftlichen Bildung noch keine validen Tests vorliegen und diese erst noch entwickelt werden müssen. Solche Tests werden vermutlich zunächst eher für die Hand von (Erziehungs-)Wissenschaftler/innen als für die Hand von Pädagoginnen und Pädagogen entwickelt werden.

Pädagoginnen und Pädagogen, die heute unterrichten, werden daher den Erfolg ihrer Unterrichtsbemühungen noch länger mit informellen Tests und selbst gestrickten Lernerfolgskontrollen erheben müssen. Diese genügen in der Regel nicht den testtheoretischen Ansprüchen an exakte Messungen. *Dass* die Pädagogen überhaupt den Lernerfolg, so gut es ihnen im Alltag eben möglich ist, zu erfassen versuchen ist aber auch ein Baustein und Qualitätskriterium guten Unterrichts – wie fehlerbehaftet und subjektiv diese Lernkontrollen im Einzelfall auch sein mögen. Wer am Ende einer Unterrichtseinheit gar nicht erhebt, was die Kinder real gelernt haben, kann auch nicht erfassen, ob sie überhaupt etwas gelernt haben oder der ganze Unterricht vielleicht völlig unwirksam war. Guter naturwissenschaftlicher Unterricht sollte immer einen spürbaren (und manchmal messbaren) Kompetenzzuwachs bei den Kindern bewirken. So, wie es wichtig ist, zu Beginn einer Unterrichtseinheit die Präkonzepte der Kinder zu erheben, sollte am Ende jedes Forschungsprojektes auch eine Lernerfolgskontrolle stehen. Sie muss nicht benotet werden, aber sie sollte der Pädagogin bzw. dem Pädagogen Auskunft geben, ob und was die Kinder eigentlich verstanden haben.

5.10 Selbstwirksamkeitserfahrung ermöglichen

10. Kriterium:

Guter naturwissenschaftlicher Unterricht ermöglicht den Kindern die Erfahrung einer durch eigenes Denken gelösten Frage an die Natur.

Kommen wir zum letzten und bedeutsamsten Kriterium. Das wichtigste, allem Vorigen übergeordnete und allemal unverzichtbare Kriterium bezieht sich auf den Erkenntnisprozess als Ganzen, der durch den Unterricht in Gang gesetzt werden soll und immer ein individueller Prozess ist. Dieses Kriterium hebt darauf ab, dass jegliches Lernen an eigenständiges Denken gebunden ist, zu dem der Unterricht nur Material und Gelegenheit darbieten, das er aber nicht erzwingen kann. Wenn eingangs die Prämisse formuliert wurde, dass jeglicher Unterricht in den Naturwissenschaften von einer Frage an die Natur seinen Ausgang nehmen muss, umfasst das zehnte Erfolgskriterium den gesamten Unterrichtsprozess wie auch den Zielpunkt der unterrichtlichen Bemühungen: Guter naturwissenschaftlicher Unterricht ermöglicht den Kindern die Erfahrung *einer durch eigenes Denken gelösten Frage an die Natur*.

Dieses Kriterium rekurriert auf die Bedeutsamkeit der *Selbstwirksamkeitserfahrung* beim Lernen, und zwar auf die allgemeine wie auf die fachspezifische Selbstwirksamkeitserfahrung zugleich. Es unterstellt, dass kein Unterricht wirk-

lich wirksam ist, der nicht auch eine Selbstwirksamkeitserfahrung bewirkt. Dies ist in der Forschung gut belegt (zur Bedeutung der Selbstwirksamkeitserfahrung für den Lernerfolg siehe Lange, Kleickmann, Tröbst & Möller, 2012; Lohrmann, Görz & Haag, 2010; Rechter, 2011).

In der Praxis verweist dieses Kriterium auf die Notwendigkeit, im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht nur Handlungsmöglichkeiten für die Kinder bereitzustellen, sondern auch *Denkanlässe*. Im Idealfall – siehe das Zitat von Kornelia Möller (2004) zu Beginn des 4. Kapitels – steht das (gemeinsame) Denken geradezu im Zentrum des gesamten Unterrichts und wird durch das experimentelle Tun und praktische Probieren nur unterstützt und herausgefordert.

„Eigenes Denken“ meint dabei den Austausch eigener Ideen und Gedanken der Kinder zur Sache und nicht den simplen Nachvollzug von der pädagogischen Fachkraft vor-gedachter Gedanken. Der Lehrkraft kommt es zu, Denkprozesse durch geeignete Angebote, Fragen und Provokationen auszulösen und zu strukturieren. Ereignen müssen sich die Denkprozesse bei den Kindern. Dazu benötigen sie in der Regel die Unterstützung der professionellen Lehrkraft, die den Kindern hilft, ihre eigenen Gedanken zu ordnen und immer wieder auch zu überprüfen. In diesen Ordnungsbemühungen besteht vermutlich die anspruchsvollste Leistung, die die Pädagoginnen und Pädagogen in den Lernprozess der Kinder einbringen können. Den Kindern das eigene Lernen abnehmen können sie nicht.

6. Relevanz und Hierarchie der einzelnen Kriterien

Es ist offenkundig, dass die gleichzeitige Berücksichtigung aller zehn Kriterien eine äußerst anspruchsvolle Forderung darstellt, die mit Kindern im Vor- und Grundschulalter sicher nur in extremen Glücksfällen gelingen wird. Vermutlich dürfen sich Pädagoginnen und Pädagogen glücklich schätzen, wenn sie in einem konkreten Unterrichtsvorhaben wenigstens drei oder vier der genannten Kriterien realisieren können.

Doch für einen gelungenen Prozess der naturwissenschaftlichen Bildung reicht es vermutlich, mal das eine, mal das andere Kriterium zu realisieren, da sich Fachkompetenzen und allgemeine Bildung ohnedies nicht in einmaligen Veranstaltungen, sondern immer in einem längerfristigen Prozess im Durchgang durch das ganze Bildungssystem entwickeln. Dieser Prozess setzt zahlreiche unterschiedliche Gegenstandsperspektiven, Iterationen und Übungsmöglichkeiten voraus. Mit Rücksicht auf das Alter der Kinder und in Betrachtung der naturwissenschaftlichen Bildung über die gesamte Bildungskette kommt für einen guten naturwissenschaftlichen Unterricht im Vor- und Grundschulalter den eher basalen Kriterien (1) „die Natur frag-würdig machen“, (2) „die Präkonzepte der Kinder einbeziehen“, (4) „präzises Arbeiten einüben“, (5) „den wissenschaftlichen Diskurs pflegen“, (6) „Modelle und Repräsentationen nutzen“ und (9) „Lernzuwachs sichern“ meines Erachtens mehr Gewicht zu als den doch recht anspruchsvollen Kriterien (3) „Experimente selber entwickeln“ (7) „die historisch-gesellschaftliche Einbettung der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse thematisieren“ und (8) „die Offenheit der Wissenschaft aufzeigen“. Die drei zuletzt genannten Qualitätsmerkmale sollten, beginnend in der Primarstufe, vermehrt in der Sekundarstufe besondere Betonung und Beachtung finden.

Dennoch erscheint es für Pädagoginnen und Pädagogen wichtig, alle zehn Kriterien im Blick zu haben, wenn sie Unterricht planen oder evaluieren, um beizeiten reagieren zu können, falls das eine oder andere Kriterium niemals zur Geltung kommen sollte. Und kein Unterricht wird letztlich wirklich „bildend“ genannt werden können, der dem fünften und dem zehnten Kriterium niemals gerecht wird und es permanent versäumt, mit den Kindern *wissenschaftliche Diskurse* zu pflegen und ihnen *die Erfahrung einer durch eigenes Denken gelösten Frage an die Natur* und damit das Gefühl der Selbstwirksamkeit zu ermöglichen.

7. Ausblick

Liest man die genannten Prozesskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht als Liste und nimmt man dann noch die diesen Kriterien zugrunde liegenden bildungstheoretischen und fachdidaktischen Überlegungen zur Kenntnis, mag manchen Pädagogen und manche Pädagogin im Vor- und Grundschulbereich möglicherweise Mutlosigkeit überkommen: „Das alles soll ich beachten und erreichen? Und das alles, ohne selber Naturwissenschaften studiert zu haben? Da fühle ich mich überfordert!“

Hier kann die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ unterstützend wirksam werden: nicht, indem sie die Ansprüche herunterschraubt und den Pädagoginnen und Pädagogen die Kriterien vorenthält, sondern umgekehrt, indem sie Erfahrungsberichte, Reportagen und Beispiele gelungenen Unterrichts im Vor- und Grundschulalter systematisch sammelt, kategorisiert und veröffentlicht und in ihren Materialien und Fortbildungen aufzeigt, wie die Pädagoginnen und Pädagogen in diesen Beispielen den genannten Qualitätskriterien bereits genügen, ohne sich dessen vielleicht im Einzelfall immer gewahr zu sein.

Hierzu könnte es sich lohnen, ein Projekt qualitativer Feldforschung auszuloben, dass die vielfältigen Bemühungen um vernünftige und praktikable Kompetenzmessungen im Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung ergänzt durch eine Sammlung wegweisender Praxisbeispiele – wegweisend im Sinne des oben entwickelten Kriterienkatalogs. Wer solche Feldforschung bereits einmal gemacht hat, weiß, dass sich solche Beispiele überall im Lande finden lassen. Sie müssen nur gesucht, dokumentiert und verbreitet werden.



***Fazit und Ausblick –
Wie die Stiftung
„Haus der kleinen Forscher“
mit diesen Erkenntnissen
umgeht***

- 1 Empfehlungen aus den Expertisen
als Grundlage für die inhaltlichen
Angebote der Stiftung
- 2 Beitrag der Stiftung zur
Professionalisierung in der
Frühpädagogik
- 3 Weiterentwicklung der
Prozessqualität durch das
Zertifizierungsverfahren der
Stiftung
- 4 Bezug zur Mission der Stiftung
- 5 Ausblick: Erfassung
naturwissenschaftlicher
Bildungswirkungen

1. Empfehlungen aus den Expertisen als Grundlage für die inhaltlichen Angebote der Stiftung

Die Expertisen in diesem Band geben Empfehlungen, die für die Stiftungsarbeit hohe Relevanz besitzen.²⁸

Die empfohlenen Zieldimensionen früher naturwissenschaftlicher Bildung dienen der Stiftung als Orientierungsgrundlage für ihre inhaltlichen Angebote, sowohl auf Ebene der Kinder, als auch der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte. Ob bei der Konzipierung von Fortbildungen, Arbeitsunterlagen oder anderen pädagogischen Formaten - die Zieldimensionen helfen dabei zu spezifizieren, welche Ziele genau mit einem bestimmten Format angestrebt werden. Darüber hinaus bildet das Modell der Zieldimensionen die theoretische und empirische Grundlage für die wissenschaftliche Begleitung und Überprüfung dieser Ziele, sowie das kontinuierliche interne Qualitätsmonitoring.

Im Folgenden sind die pädagogischen Ziele der Stiftungsarbeit und ihre Umsetzung in den verschiedenen Angeboten ausführlich beschrieben (vgl. auch aktuelle Auflage der Broschüre „Pädagogischer Ansatz der Stiftung ‚Haus der kleinen Forscher‘ – Anregungen für die Lernbegleitung in Naturwissenschaften, Mathematik und Technik“, Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2013a).

Folgende Ziele verfolgt die Stiftung auf Ebene der Kinder:

- Begeisterung, Neugier und Interesse,
- Forschendes Vorgehen und Problemlösekompetenz und
- Grundlegende Konzepte begreifen.

Die Ziele der Stiftung auf Ebene der Pädagoginnen und Pädagogen sind:

- Begeisterung am gemeinsamen Forschen,
- Pädagogische Handlungsstrategien,
- Forschendes Vorgehen und Hinterfragen,
- Professionelles Rollen- und Selbstverständnis sowie
- Grundlegende Konzepte begreifen.

Abbildung 9 fasst die Ziele, die die Stiftung auf Ebene der Kinder und auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte verfolgt, zusammen.

²⁸ Um das thematische Spektrum der Stiftungsarbeit auch über die Naturwissenschaften hinaus angemessen in entsprechenden Zieldimensionen abzubilden, befinden sich derzeit zwei Expertisen in der Entstehung, die sich mit den Zieldimensionen früher technischer und mathematischer Bildung befassen.



Abbildung 9. Ziele der Stiftungsarbeit auf der Ebene der Kinder und der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte.

Alle inhaltlichen Formate der Stiftung zielen darauf, die Entwicklung von Kita- und Grundschulkindern in den oben beschriebenen Zieldimensionen zu stärken. Die meisten Angebote gehen hierbei den Weg über die Pädagoginnen und Pädagogen, die in den Bildungseinrichtungen für die Lern- und Entwicklungsprozesse der Kinder verantwortlich sind. Der Fokus dieses Kapitels liegt daher auf der Zielgruppe der Pädagoginnen und Pädagogen sowie den Formaten, die die Stiftung anbietet, um diese in ihrer pädagogischen Handlungskompetenz in der naturwissenschaftlichen Bildung zu unterstützen.

Die Zieldimensionen gelten analog auch für die Trainerinnen und Trainer der Stiftung, die in den lokalen Netzwerken bundesweit Fortbildungen für die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte durchführen, wobei hier zusätzlich die pädagogische Kompetenz und das Rollenverständnis in Bezug auf die Erwachsenenbildung im Fokus steht.

Mit dem Ausbau der Angebote für Kinder im Grundschulalter entwickelt die Stiftung derzeit auch Formate, die sich direkt an die Kinder richten (z.B. Entdeckungskarten für Kinder, Website für Grundschulkindern www.meine-forscherwelt.de), um so weitere Wege der Umsetzung ihrer Ziele auf Ebene der Entwicklung der Kinder zu erproben.

1.1 Neugier, Interesse und Begeisterung am gemeinsamen Forschen

„Motivation und Interesse im Umgang mit Naturphänomenen“ lautet die erste Zieldimension, die Anders, Hardy, Pauen, Sodian und Steffensky sowohl auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte als auch auf Ebene der Kinder für den Elementar- wie Primarbereich spezifizieren. Die Stiftung übernimmt diese Empfehlung und sieht diese motivationalen und emotionalen Aspekte als zentrale Ziele ihrer Arbeit. Dies gilt für Kinder genauso wie für die Erwachsenen, die mit ihnen forschen.

Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ versteht Begeisterung, Neugier und Interesse als wesentlichen Schlüssel für einen positiven Zugang zu Naturwissenschaften, Mathematik und Technik. Kinder verfügen in der Regel von sich aus über eine durch Neugier geprägte und zunächst völlig vorurteilsfreie Perspektive. Hieraus kann sich über ein Interesse an den Phänomenen auch ein Verständnis grundlegender naturwissenschaftlicher, mathematischer oder technischer Zusammenhänge entwickeln. Ergebnisse aus der Hirnforschung weisen zudem darauf hin, dass positive Gefühle konzentrationsförderlich sind (Kiefer, Schuch, Schenk & Fiedler, 2007). Begeisterung und Neugier unterstützen also das Lernen.

Erwachsenen hingegen ist nicht selten in ihrer eigenen Bildungsbiografie die Begeisterung und Neugier an naturwissenschaftlichen Themenfeldern teilweise oder sogar ganz verloren gegangen. Zusammen mit dem „Haus der kleinen Forscher“ begeben sich Pädagoginnen und Pädagogen auf den Weg, die Themen Naturwissenschaften, Mathematik und Technik in den Alltag ihrer Kita, ihres Horts oder ihrer Grundschule zu integrieren. Wichtig ist hierbei eine aufgeschlossene Haltung. Fast alle Formate der Stiftung greifen dieses Ziel auf. Forschen darf und soll Freude machen.

Umsetzung dieser Zieldimension in den Angeboten der Stiftung

Die kontinuierlichen *Präsenz-Fortbildungen*²⁹, die die Stiftung konzipiert und mit ihren Netzwerkpartnern bundesweit für pädagogische Fach- und Lehrkräfte anbietet, zielen in ihrer Gestaltung stets darauf ab, den Teilnehmenden (wieder) einen eigenen positiven Zugang zu ermöglichen und eine offene, forschende Haltung zu entwickeln. Dies scheint laut einer Studie von Spindler und Berwanger (2011) bereits ab der ersten



²⁹ Jedes Jahr werden mind. vier Fortbildungsthemen angeboten. Neben den Basisfortbildungen zu den Themen „Wasser“ und „Luft“, in denen der pädagogische Ansatz der Stiftung ausführlich thematisiert wird, können pädagogische Fach- und Lehrkräfte fortlaufend zwei Fortbildungen pro Jahr besuchen; diese beinhalten jeweils naturwissenschaftliche Themen (z.B. Sprudelgas, Strom & Energie) mit pädagogischen Vertiefungen (z.B. Sprachliche Bildung, Bildungspartnerschaften mit Familien).

Fortbildung zu gelingen. Die Autorinnen schlussfolgern, dass eine Stärke des „Hauses der kleinen Forscher“ im Aspekt „motivierende und leichte Zugänglichkeit“ liegt: „Sowohl pädagogische Fachkräfte als auch Kinder erleben einen motivierenden Start in die Bildungsbereiche Naturwissenschaften und Technik. Erzieherinnen gelingt es ausgesprochen leicht und angstfrei, die notwendigen fachlichen Kompetenzen zu erwerben und unmittelbar in ihrer Einrichtung umzusetzen. Mit hoher Motivation und Interesse nähern sich dann auch die Kinder dem Thema und erwerben Wissen über naturwissenschaftliche Phänomene und Zusammenhänge“ (S. 48). Auch die Pädagoginnen und Pädagogen selbst berichten von Einstellungsänderungen durch die Fortbildungen. Wie die Frühjahrsbefragungen zeigen, werden mit Teilnahme an der Initiative Vorbehalte gegenüber Naturwissenschaften und Technik signifikant abgebaut und das Interesse an diesen Themen gefördert (s. Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2010, 2011a).

1.2 Forschendes Vorgehen, Hinterfragen und Problemlösekompetenz

Die Zieldimension „wissenschaftliches Vorgehen und Wissen über Naturwissenschaften“ ist nach Anders, Hardy, Pauen, Sodian und Steffensky sowohl für Kita- und Grundschulkinder als auch für deren Pädagoginnen und Pädagogen von großer Bedeutung für die naturwissenschaftliche Bildung.

Diese Betonung eines prozessorientierten, forschenden Vorgehens spiegelt sich auch in sechs der zehn Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht von Ramseger wider: „die Natur frag-würdig machen“, „Vorwissen einbeziehen“, „Experimente mit den Kindern entwickeln“, „präzises Arbeiten üben“, „Modelle und Repräsentationen nutzen“ und „den wissenschaftlichen Diskurs pflegen“.

Die Methode des forschenden Vorgehens anzuwenden ist ein zentrales Ziel der Stiftung – auf der Ebene der Kinder wie der Erwachsenen. Zum forschenden Vorgehen gehört beispielsweise die Fähigkeit, Phänomene bewusst zu erfahren und wahrzunehmen, sie zu beobachten, zu beschreiben und Erfahrungen zu vergleichen. Daraus können Kinder dann Erwartungen und Vermutungen ableiten, die sie durch Ausprobieren und Experimentieren überprüfen. Die eigenen Erfahrungen tragen zum Verständnis grundlegender naturwissenschaftlicher, mathematischer und technischer Zusammenhänge bei und regen weiterführende Überlegungen an. Durch das zyklische Vorgehen beim Forschen bauen Kinder ihre Methodenkompetenz und Problemlösefähigkeiten aus; sie lernen dabei, selbst Antworten auf ihre Fragen zu finden.

Umsetzung dieser Zieldimension in den Angeboten der Stiftung

Durch eigenes Handeln und Hinterfragen beim Untersuchen naturwissenschaftlicher, mathematischer und technischer Fragen in den Fortbildungen und in der Praxis gehen die Pädagoginnen und Pädagogen forschend vor und wenden eine prozesshafte, zyklische Arbeitsweise an: Die Fach- und Lehrkräfte vergleichen und bewerten Erfahrungen, entwickeln Erwartungen und stellen Vermutungen an, probieren Ideen aus, experimentieren und reflektieren ihre Beobachtungen.

Die Methode „Forschungskreis“ der Stiftung (siehe Abbildung 10), die sich seit 2011 in den Fortbildungen, den Themenbroschüren, den Karten-Sets und weiteren pädagogischen Materialien wiederfindet, soll Kinder wie auch Erwachsene dazu anregen, sich durch eigene Aktivität und forschendes Vorgehen Zusammenhänge zu erschließen und ihr Wissenschaftsverständnis zu erweitern. Der „Forschungskreis“ beschreibt wissenschaftliches Denken und Handeln ausgehend von eigenen Fragestellungen und Vermutungen.³⁰

Ein Bericht der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) zur Stiftungsarbeit betont: „The emphasis on the scientific method in the “research circle” shows the initiative’s focus on promoting cognitive and problem-solving skills, designed to help children acquire learning skills in various disciplines, the ability to acquire knowledge themselves and sagacity.“ (S. 38, OECD, 2012).

Die Elemente der Methode „Forschungskreis“ lassen sich mit den ersten sechs der von Ramseger formulierten Qualitätskriterien in Bezug setzen (siehe Tabelle 9).

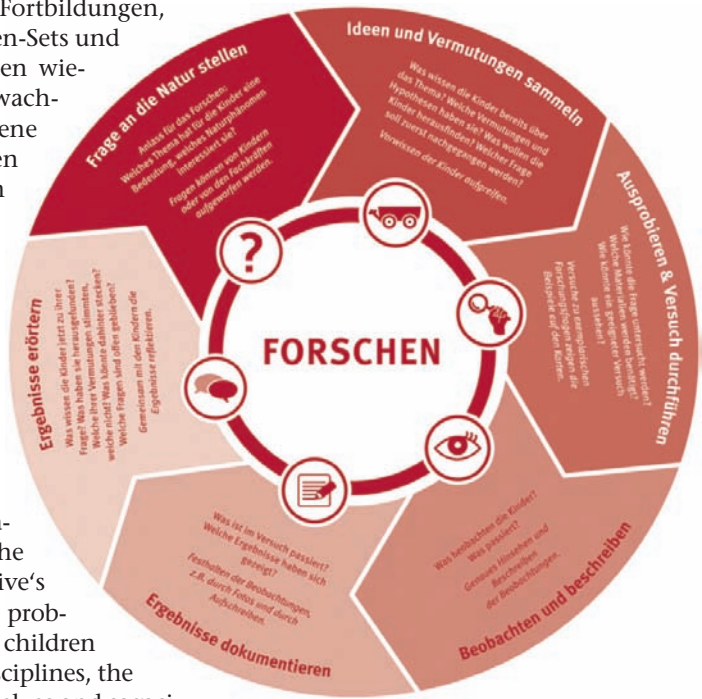


Abbildung 10.
Der Forschungskreis bildet Etappen des Forschungsprozesses ab.

Tabelle 9: Zuordnung der Qualitätskriterien zu der Methode „Forschungskreis“

Qualitätskriterium aus der Expertise		Schritt im „Forschungskreis“
1. Kriterium	Die Natur frag-würdig machen	Frage an die Natur stellen
2. Kriterium	Vorwissen einbeziehen	Ideen und Vermutungen sammeln
3. Kriterium	Experimente mit den Kindern entwickeln	Ausprobieren und Versuch durchführen
4. Kriterium	Präzises Arbeiten üben	Beobachten und beschreiben
5. Kriterium	Den wissenschaftlichen Diskurs pflegen	Ergebnisse erörtern
6. Kriterium	Modelle und Repräsentationen nutzen	Ergebnisse dokumentieren

³⁰ In den Bänden 2 und 4 der wissenschaftlichen Schriftenreihe sowie in der Broschüre zum Pädagogischen Ansatz der Stiftung (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2011b, 2012a, 2013a) wird die Methode „Forschungskreis“ genauer erläutert (PDFs zum Download erhältlich unter www.haus-der-kleinen-forscher.de).

Neben der allgemeinen Darstellung der Methode „Forschungskreis“ auf einer laminierten Karte, in der Broschüre zum pädagogischen Ansatz der Stiftung und in weiteren Unterlagen, finden sich konkrete Umsetzungsbeispiele der Methode auf den sogenannten *Forschungskarten* der Stiftung (vgl. Abbildung 11).

Jedes der neueren thematischen Karten-Sets enthält neben einer Übersichtskarte jeweils eine Reihe von Entdeckungs- und Forschungskarten: *Entdeckungskarten* laden zum Kennenlernen eines Themas ein; die Anregungen darauf sollen es Kindern ermöglichen, wesentliche Grunderfahrungen zu dem Bereich zu sammeln und Phänomene zunächst möglichst nah am Alltag zu erfahren. Dies stellt eine wichtige Ausgangsbasis für weitergehende Fragen dar, die wiederum mit der Methode „Forschungskreis“ untersucht werden können. Auf den *Forschungskarten* werden vertiefende Lernerfahrungen zu einem Thema exemplarisch dargestellt, die die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte dabei unterstützen sollen, sich gemeinsam mit den Kindern in den Prozess des Forschens zu begeben. Kinder sollten dabei stets die Möglichkeit haben, ihre Vorstellungen einzubringen und eigene Vermutungen im Versuch zu überprüfen. Die Erfahrung zeigt, dass Kinder sehr schnell von ganz allein damit beginnen, eigene Ideen auszuprobieren zu wollen.



Abbildung 11. Vorder- und Rückseite der *Forschungskarte* „Klänge und Geräusche: Lautstärke – Verschiedene Stoffe können Geräusche dämpfen“ (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2012).

Materialien:

- mehrere Eieruhren/Kurzzeitwecker oder andere Geräuschquellen, die sich gut verpacken lassen
- unterschiedliche Boxen, Schachteln und Dosen aus Metall, Holz oder Pappe, ein großes Einwegglas
- verschiedene Dämmmaterialien, wie z. B. Wolle, Watte, Schaumstoff, Handtücher, Schal und Mütze, sowie Luftpolsterfolie, Styropor und andere Füllmaterialien, die weniger gut dämmen, wie beispielsweise Murmeln, Kiesel, Zeitung

KLICHE FÖRSCHER

BEOBACHTEN UND BESCHREIBEN

Lesen Sie gemeinsam, und lassen Sie die Kinder beschreiben, was sie beobachten und hören.

Gibt es Unterschiede zwischen den Eieruhren? Hört sich eine lauter, eine leiser an? Welche klingt besser?

Mit welcher Verpackung hört sich das Geräusch lauter an? Welche Gefäße und Verpackungsmaterialien funktionieren nicht so gut zum Dämpfen? Klingt der Eieruhr in bestimmten Gefäßen sogar lauter als sonst?

Die Kinder können nun auch alle Materialien und Gefäße kombiniert ausprobieren. Wie schaff es, die Uhr so zu verpacken, dass man das Ticken nicht mehr wahrnehmen kann? Und das Klingeln der Uhr – ist das noch zu hören?

ERGEBNISSE DOKUMENTIEREN

Fotografieren Sie die verschiedenen Materialien und Gefäße, die die Kinder zum Verpacken der Eieruhren benutzt haben. Anhand der Bilder können Sie später noch einmal gemeinsam überlegen, welche der Materialien das Ticken der Uhr gut und welche es weniger gut gedämmt haben.

Beschreiben Sie die Bilder mit den Bezeichnungen der Kinder und gestalten Sie gemeinsam z. B. zwei Plakate mit gut dämmenden und weniger gut dämmenden Materialien und Gefäßen.

Wenn Sie die Plakate aushängen, erfahren alle anderen wissbegierigen kleinen und großen Forscherinnen und Forscher in Kita und Elternschaft von den Ergebnissen der Gruppe.

ERGEBNISSE ERÖRTERN

Sammeln Sie mit den Kindern noch einmal, was sie alles herausgefunden haben. Wann war das Ticken der Uhr leiser, wann war es gar nicht mehr zu hören? Wurde das Ticken leiser, je mehr Materialien und Stoffe um die Uhr gewickelt waren? Haben sich die anfänglichen Vermutungen bestätigt?

War es egal, welche Verpackungen und Füllmaterialien verwendet wurden, oder gab es solche, die besonders gut zum Dämpfen geeignet waren? Hat die Eieruhr in bestimmten Gefäßen sogar lauter geklungen?

Weiterführend könnten Sie mit den Kindern überlegen, welche anderen Möglichkeiten es gibt, das Ticken der Uhr leiser zu hören. Können man statt der Schallquelle auch den Schallempfänger verpacken? Und könnte man damit zum gleichen Ergebnis? Was meinen die Kinder?

Lassen Sie die Kinder verschiedene Mützen und Schalblätter aufsetzen. Besten Sie gemeinsam Ohrschützer aus den Materialien, die das Ticken der Eieruhr besonders gut dämpfen konnten. Zusätzlich können sich die Kinder die Ohren verhüllen. Ist das Ticken der Eieruhr jetzt genauso leise wie zuvor, als sie verpackt war?

Der kreisförmige Prozess der Methode „Forschungskreis“ soll deutlich machen, dass es beim Forschen kein festes Ende gibt, sondern man stattdessen immer wieder mit neuen Fragen in den Prozess starten kann. Neben der konkreten Anwendung der einzelnen Elemente der Methode kann hiermit auch ein Verständnis des forschenden Vorgehens auf der Metaebene thematisiert werden. Die Vorläufigkeit von wissenschaftlichen Erklärungen und die stetige Erneuerung von Erkenntnissen im Forschungsprozess beschreibt Jörg Ramseger in seinem achten Qualitätskriterium „die Offenheit der Wissenschaft aufzeigen“.

Ein solches dynamisches Wissenschaftsverständnis stellt ein langfristiges Ziel der Stiftungsarbeit auf Ebene der Pädagoginnen und Pädagogen und in Ansätzen auch für Grundschulkinder dar. Darum ist das Weiterbildungsangebot der Stiftung kontinuierlich und auf Dauer angelegt: Anstelle von sporadischen Besuchen durch Externe in den Bildungseinrichtungen oder reine Materialangebote, können Pädagoginnen und Pädagogen kontinuierlich in ihrem lokalen Netzwerk Fortbildungen besuchen, ihre Arbeit mit Kolleginnen und Kollegen reflektieren, und ihr Wissenschaftsverständnis weiterentwickeln.

1.3 Wissen über naturwissenschaftliche, mathematische und technische Zusammenhänge

Um Kinder beim Verstehen von Zusammenhängen in der Natur unterstützen zu können, brauchen pädagogische Fach- und Lehrkräfte ein „naturwissenschaftliches (Fach-)Wissen“ (vgl. Anders, Hardy, Pauen, Sodian und Steffensky in diesem Band). Das Begreifen grundlegender Konzepte durch die Kinder und entsprechendes Hintergrundwissen bei Erwachsenen ist auch ein mittel- und längerfristiges Ziel der Stiftungsarbeit.

Im Forschungsprozess können Kinder eigenständig Erfahrungen mit Naturphänomenen machen. Sie entdecken nach und nach Zusammenhänge und erwerben individuelles Wissen über naturwissenschaftliche, mathematische und technische Themen. Sie erkennen z.B., dass flüssiges Wasser und Eis zwei Zustandsformen ein- und desselben Stoffs sind: Wenn es sehr kalt ist, dann gefriert Wasser zu festem Eis. In der Wärme dagegen schmilzt der Feststoff Eis und wird zu flüssigem Wasser.

Um Kinder längerfristig beim Verstehen naturwissenschaftlicher, mathematischer und technischer Zusammenhänge zu begleiten, brauchen die Pädagoginnen und Pädagogen ein fachliches Basiswissen zu den beforschten Inhalten. Hierdurch fühlen sie sich sicherer im jeweiligen Thema und können den Mädchen und Jungen beim gemeinsamen Forschen und Entdecken Tipps und Hinweise geben.

Umsetzung dieser Zieldimension in den Angeboten der Stiftung

Die Angebote der Stiftung sollen die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte dabei unterstützen, ihr Hintergrundwissen über naturwissenschaftliche, mathematische und technische Zusammenhänge mit der Zeit zu erweitern. Konkrete Anregungen, um Phänomene zu entdecken und Zusammenhänge zu beobachten, finden sich auf den *Entdeckungskarten* der Stiftung, die - neben den Forschungskarten - in jedem thematischen Karten-Set enthalten sind (vgl. Abbildung 12). Diese Ideen sind immer exemplarisch; selbstverständlich ist eine Vielzahl weiterer Entdeckungen möglich. Die Rubrik „Wissenswertes für interessierte Erwachsene“ auf den Entdeckungskarten enthält fachliche Hintergrundinformationen zum jeweiligen Phänomen.



Abbildung 12. Vorder- und Rückseite der Entdeckungskarte „Klänge und Geräusche: Schallarten – Geräusche sammeln und erkunden“ (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2012).



Inhaltsverzeichnis	
INHALT	
Sicherheitshinweise zum Schutz des Gehirns	2
Stiftung „Haus der kleinen Forscher“	4
Grußwort	5
Über die Broschüre	7
KLÄNGE UND GERÄUSCHE ALS FORSCHUNGSTHEMA IN KITA, HORT UND GRUNDSCHULE	8–17
Die Welt ist voller Klänge und Geräusche	9
Das Thema „Klänge und Geräusche“ in den Bildungs- und Lehrplänen	12
Der Blick vom Kind aus: Vorwissen, Interessen und Kompetenzen von Kita- und Grundschulkindern	13
GEMEINSAM FORSCHEN – GEMEINSAM LERNEN	18–23
Ko-Konstruktion unter Kindern	19
Unterstützung der Kinder durch die pädagogische Fachkraft	21
ANREGUNGEN FÜR DIE PÄDAGOGISCHE PRAXIS – ENTDECKEN UND ERFORSCHEN VON KLÄNGEN UND GERÄUSCHEN	24–47
Akustik steckt in allen Bildungsbereichen – quer denken und Wissen vernetzen	26
Akustik, Musik und Bewegung	27
Akustik und Sprache	29
Akustik und Mathematik	31
Akustik und Gesundheit	33
Akustik und Gefühle	35
Akustik und belebte Natur	37
Akustik und Technik	38
Akustik und Medienbildung	40
Klänge und Geräusche erleben – vertiefende Praxisideen	42
Ein Hörspiel für Kinder mit Kindern	43
Bau einer Gartenschlauchtrompete	46
NATURWISSENSCHAFTLICHE HINTERGRÜNDE – WISSENSWERTES FÜR ERWACHSENE	48
Literaturverzeichnis, Lese- und Linktipps	56
Danksagung, Impressum	59

Abbildung 13. Beispielhaft die Titelseite sowie das Inhaltsverzeichnis der Themenbroschüre „Klänge und Geräusche – Akustische Phänomene mit Kita- und Grundschulkindern entdecken“ (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2012b).

Die Stiftung stellt außerdem Themenbroschüren für das Forschen mit den Kindern in verschiedenen inhaltlichen Bereichen zur Verfügung. Neben praktischen Anregungen z. B. für die Projektarbeit, Bezügen zu Bildungs- und Lehrplänen und zu entwicklungspsychologischen Voraussetzungen, enthalten die Themenbroschüren immer auch ein Kapitel zu den fachwissenschaftlichen Hintergründen zum jeweiligen Inhaltsbereich (vgl. Abbildung 13).

Die in den Kapiteln von Hardy und Steffensky ausgeführten Beispiele für Konzepte im Inhaltsbereich „Wasser“ (Aggregatzustände, Schwimmen und Sinken) gehen derzeit in die Weiterentwicklung der pädagogischen Materialien der Stiftung zum Themenschwerpunkt Wasser/Wasser Plus ein; ein neues Karten-Set und eine Themenbroschüre hierzu sind in Vorbereitung.

1.4 Pädagogische Handlungsstrategien

Auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte beschreiben Anders, Hardy, Pauen, Sodian und Steffensky „fachdidaktisches Wissen und Handeln“ als eine wichtige Zieldimension. Die Stärkung pädagogischer Handlungsstrategien und konkreter Fertigkeiten zum Forschen mit Kindern ist ein wesentliches Ziel der Stiftungsarbeit in der Weiterqualifizierung von Pädagoginnen und Pädagogen.

Umsetzung dieser Zieldimension in den Angeboten der Stiftung

In den *Fortbildungen* und *pädagogischen Materialien* der Stiftung lernen die Fach- und Lehrkräfte konkrete pädagogische Handlungsansätze kennen, mit denen sie die Kinder in deren Lernprozessen unterstützen können. Dabei spielen typische Kindervorstellungen zu bestimmten Phänomenen ebenso eine Rolle wie die Gestaltung von geeigneten Lernumgebungen für die Mädchen und Jungen, z.B. in den Themenbroschüren (Kapitel „Der Blick vom Kind aus“ / „Anregungen für die pädagogische Praxis“).

Die Stärkung pädagogischer Handlungsstrategien ist ein Hauptziel der Fortbildungen der Stiftung. Es wird neben konkreten Übungsphasen in den Reflexionsphasen stets der Praxistransfer in die Arbeit mit den Kindern thematisiert. Die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte sind hierbei immer wieder gehalten, das Erfahrene bewusst aus der Perspektive der Kinder zu betrachten. Hieraus abgeleitet wird anhand verschiedener Beispiele gemeinsam die Frage thematisiert, wie das Gelernte in der praktischen Arbeit mit den Kindern umgesetzt werden kann.

Ergebnisse der jährlichen Frühjahrsbefragung der Stiftung zeigen, dass diese Stärkung des pädagogischen Wissens auch zu gelingen scheint. Pädagogische Fach- und Lehrkräfte geben an, ihr hohes Kompetenzzempfinden zu einem großen Teil auf die Fortbildungen der Initiative zurückzuführen (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2011b, 2012c). Die Befragungen der Stiftung zeigen zudem, dass die Pädagoginnen und Pädagogen sehr regelmäßig mit den Kinder forschen, die erhaltenen Anregungen also in ihrem Handeln in der Einrichtung umsetzen (in 75 Prozent der pädagogischen Einrichtungen

wird mindestens einmal wöchentlich gemeinsam geforscht, in 45 Prozent sogar mehrmals wöchentlich oder täglich; siehe Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2012c).

Neben den Fortbildungen bilden die *Arbeitsunterlagen der Stiftung* (wie die Themenbroschüren, Entdeckungs- und Forschungskarten) einen Fundus an Ideen, Impulsen und Tipps, wie naturwissenschaftliche, mathematische und technische Themen gemeinsam mit den Kindern in den Alltag integriert werden können. Die aktuelle Auflage der Broschüre „Pädagogischer Ansatz der Stiftung ‚Haus der kleinen Forscher‘ – Anregungen für die Lernbegleitung in Naturwissenschaften, Mathematik und Technik“ (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2013a), die die Pädagoginnen und Pädagogen in der ersten Fortbildung erhalten, enthält am Thema Forschen mit Wasser konkrete Beispiele für die Umsetzung der pädagogischen Ziele der Initiative, um damit den pädagogischen Fach- und Lehrkräften die Übertragung der Konzepte in die alltägliche Praxis zu erleichtern.

Die Themenbroschüren der Stiftung, die jeweils in den Folgefortbildungen ausgegeben werden und wie alle Materialein als pdf auf der Website der Stiftung verfügbar sind, bieten neben Hintergrundinformationen viele praktische Umsetzungsideen zum Forschen mit den Kindern in verschiedenen inhaltlichen Bereichen. Ein Schwerpunkt liegt auf der Projektarbeit, z. B. in der Broschüre „Licht, Farben, Sehen – Eine Ideensammlung für die Projektarbeit in der Kita“ (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2012d). Die Beantwortung einer Frage erfordert Zeit. Naturwissenschaftliche Bildungsprozesse sollten daher über längere Forschungsphasen, wie in Projekten, stattfinden. Dies schließt an Ramsegers zehntes Qualitätskriterium an „Guter naturwissenschaftlicher Unterricht vermittelt den Kindern die Erfahrung einer durch eigenes Denken gelösten Frage an die Natur.“

Das Magazin „*Forscht mit!*“, welches die Stiftung zusammen mit dem Klett MINT Verlag viermal im Jahr herausgibt und das sich an die pädagogischen Fachkräfte richtet, informiert diese über die Initiative „Haus der kleinen Forscher“ und greift gleichzeitig praxisnahe Themen aus dem Alltag auf. Es gibt den Pädagoginnen und Pädagogen außerdem Ideen für Projekte und zeigt gelungene Beispiele aus Bildungseinrichtungen. In jeder Ausgabe erhalten die Pädagoginnen und Pädagogen praktische Tipps und Forschungsanregungen, um mit den Kindern Antworten auf naturwissenschaftliche Phänomene des Alltags zu finden. Das Magazin zielt v.a. darauf ab, die pädagogischen Fachkräfte und Kinder zu motivieren, im Alltag zu forschen.

1.5 Selbstwirksamkeitserfahrung und Selbstvertrauen als Lernbegleitung

Kinder und Erwachsene in ihrem Selbstwirksamkeitsempfinden zu stärken, ist Dreh- und Angelpunkt der Stiftungsarbeit. Anders, Hardy, Pauen, Sodian und Steffensky empfehlen „Selbstwirksamkeit“ als Zieldimension sowohl auf Ebene der Kinder als auch auf Ebene der Pädagoginnen und Pädagogen.

Idealerweise erleben sich Kinder mit der Zeit immer sicherer beim Erforschen,

Kommunizieren und Beantworten eigener Fragen und beim Lösen von Problemen, die auf dem Weg auftreten können. Sie spüren in ihrer Auseinandersetzung mit Naturwissenschaften, Mathematik und Technik: „Ich kann das!“ Diese Stärkung des eigenen Kompetenzzempfindens und Selbstbewusstseins der Kinder ist ein zentrales Ziel der Initiative „Haus der kleinen Forscher“. Der Gewinn an Selbstbewusstsein und innerer Stärke ist von großer Bedeutung, wenn es darum geht, auf die Anforderungen wechselnder Situationen flexibel zu reagieren und schwierige oder veränderungsreiche Lebenslagen zu meistern, wie z. B. im Übergang von der Kita zur Grundschule. Die aktuelle Forschung belegt, dass selbstbewusste und starke Kinder deutlich einfacher mit Veränderungen und Belastungen des täglichen Lebens zurechtkommen (= resilienter sind) als Mädchen und Jungen, denen dieses Vertrauen in die eigenen Kompetenzen fehlt (vgl. Rutter, 2000; Werner, 2000).

Umsetzung dieser Zieldimension in den Angeboten der Stiftung

Durch den Austausch in den *Fortbildungen*, die pädagogischen Materialien und vor allem durch das gemeinsame Forschen mit den Mädchen und Jungen in ihrer Praxis können die Pädagoginnen und Pädagogen Selbstvertrauen in Bezug auf die Begleitung naturwissenschaftlicher, mathematischer und technischer Lernprozesse bei Kindern erfahren. Mit dem Verständnis grundlegender inhaltlicher Zusammenhänge, dem wissenschaftlichen Vorgehen und der zunehmenden Erweiterung der pädagogischen Handlungsstrategien steigt die Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf die Gestaltung naturwissenschaftlicher Lernprozesse. Die Fach- und Lehrkräfte erleben sich selbst als kompetent. Dies bestätigen die Ergebnisse aus der jährlichen Frühjahrsbefragung u.a. der Pädagoginnen und Pädagogen, die die Stiftung durchführt. So lässt sich bei den pädagogischen Fach- und Lehrkräften ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Dauer der Mitarbeit in der Bildungsinitiative und der Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf das gemeinsame Forschen mit den Kindern beobachten: Das Kompetenzzempfinden scheint in Abhängigkeit von der Anzahl besuchter Workshops der Bildungsinitiative, der Dauer der Mitarbeit sowie dem Zertifizierungsstatus der Einrichtung zu steigen (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2012c). Auch in der aktuellen Befragung 2013 geben die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte an, ihre Kompetenz zur Umsetzung naturwissenschaftlicher, mathematischer und technischer Aktivitäten mit den Kindern v.a. auf den Besuch der Workshops zurückzuführen (Stiftung Haus der kleinen Forscher, in Vorbereitung).

Durch ein steigendes Kompetenzzempfinden kann auch das Zutrauen in die eigenen Fähigkeiten allgemein gestärkt werden. Aus diesem Grund liegt ein großer Schwerpunkt der Fortbildungen und der Philosophie der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ insgesamt darin, den Teilnehmenden die wiederholte Erfahrung der eigenen Kompetenz zu ermöglichen und sie in ihrem Selbstvertrauen zu stärken.

Motivierte Erwachsene mit einem hohen Kompetenzzempfinden und Selbstvertrauen für das Forschen können Kindern beste Voraussetzungen für „die Erfahrung einer durch eigenes Denken gelösten Frage an die Natur“ bieten (Ramseger, in diesem Band, S. 169). Außerdem ermöglichen sie damit eine Steigerung des Selbstwirksamkeitsgefühls bei den Mädchen und Jungen, die Ramseyer als zehntes und wichtigstes Qualitätskriterium für guten naturwissenschaftlichen Unterricht hervorhebt.

Dieses Ziel ist für die Stiftung von höchster Bedeutung. Kinder wie Erwachsene sollen durch das Forschen das Gefühl erleben: „Ich kann das!“. Darum ist dieses Ziel in Abbildung 9 „Ziele der Stiftungsarbeit“ bewusst ins Zentrum gestellt.

1.6 Professionelles Rollen- und Selbstverständnis

Die von Anders, Hardy, Pauen, Sodian und Steffensky empfohlenen „Aspekte des professionellen Rollen- und Selbstverständnisses“ sowie „fachspezifische epistemologische Einstellungen und Überzeugungen“ sind ein weiterer langfristiger Zielbereich der Stiftung auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte.

Um die gestiegenen Anforderungen an Pädagoginnen und Pädagogen im vorschulischen, schulischen und außerschulischen Bereich in ihrer großen Aufgabenvielfalt gut meistern zu können, ist es wichtig, dass Fach- und Lehrkräfte sich mit ihrer Rolle in Bildungsprozessen auseinandersetzen, den individuellen Lehr-Lern-Prozess, pädagogische Konzepte und das eigene pädagogische Handeln kritisch und konstruktiv bewerten. Daneben spielt auch die Einstellung zum Forschen mit Kindern sowie die Kooperation der Pädagoginnen und Pädagogen untereinander eine wichtige Rolle.

Umsetzung dieser Zieldimension in den Angeboten der Stiftung

Die Entwicklung der eigenen Professionalität ist ein lebenslanger Prozess, der von der Bereitschaft zur Weiterbildung und zur Aktualisierung des eigenen fachlichen Wissens und Könnens lebt. Die kontinuierlich angelegten Fortbildungen der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ unterstützen Fach- und Lehrkräfte in diesem Prozess.

Die Erfahrungen der Stiftung in den letzten Jahren aus bundesweit etwa zehntausend durchgeführten Fortbildungen, aus verschiedenen Begleitstudien³¹ und einem intensiv betriebenen Fachdiskurs haben zu einer stetigen Weiterentwicklung der Stiftungsangebote geführt. Dabei hat sich der inhaltliche Schwerpunkt der Fortbildungen und Materialien von einem Fokus auf naturwissenschaftlich-technische Grundkompetenzen und der Bereitstellung eines Portfolios an Experimentiervorschlägen um eine stärkere Ausrichtung an pädagogisch-didaktischen Fragen, der Interaktion mit Kindern und der Auseinandersetzung mit der Haltung beim Forschen erweitert.

Um einen „forschenden Geist“ dauerhaft und in der alltäglichen Lebenswelt von Kindern und der sie begleitenden Fach- und Lehrkräfte zu verankern, bedarf es neben einem fachlichen Grundwissen auch einer forschenden pädagogischen Haltung und Handlungskompetenz. Dies bedeutet, die Kinder nicht nur durch experimentelles Tun, sondern vor allem durch Gespräche über Vermutungen und Beobachtungen und ein dialogisches Vorgehen in

³¹ Vgl. Schriftenreihe „Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, alle Bände als pdf verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de.

ihrem vorhandenen Forschungsdrang und in ihrer Neugier zu bekräftigen, sie darin zu bestärken, Phänomenen und verwirrenden Beobachtungen auf den Grund zu gehen, Vergleiche anzustellen und Thesen zu entwickeln. Diese Form der „Pflege des wissenschaftlichen Diskurses“ betont Ramseger im fünften Qualitätskriterium, das die besondere Bedeutung des Sprechens und der Reflexion über Vermutungen, Beobachtungen und Befunde beinhaltet, und naturwissenschaftliche Bildung mit „einer spezifischen Form von Sprachunterricht“ vergleicht (S. 164).

Diesem anspruchsvollen Ziel versucht die Stiftung in ihren Angeboten zunehmend Rechnung zu tragen. Der *sprachliche* Dialog ist elementarer Bestandteil insbesondere der reflexiven Phasen naturwissenschaftlichen Forschens und Entdeckens. Sprachbildung beim Forschen kann vor allem dadurch geschehen, dass Kinder explizit dazu ermuntert werden, ihre Vermutungen zu äußern, Beobachtungen zu beschreiben, die verwendeten Materialien zu benennen und eigene Erklärungen zu formulieren. In Kooperation mit „Sprachreich“, einem Konzept zur alltagsintegrierten Sprachförderung des dbf (Deutscher Bundesverband für Logopädie e.V.), hat die Stiftung ein Fortbildungsmodul zum naturwissenschaftlichen Thema „Sprudelgas“ mit dem pädagogischen Schwerpunkt „Gemeinsame Grundprinzipien der Sprachförderung und der Lernbegleitung von Kindern beim Forschen“ entwickelt. Die zugehörige Themenbroschüre „Sprudelgas und andere Stoffe - mit Kita- und Grundschulkindern Chemie entdecken und dabei die sprachliche Entwicklung unterstützen“ (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2013b) enthält verschiedene Beispiele für die Einbettung sprachlicher Bildung in das naturwissenschaftliche Forschen.

Mit der Erweiterung der Angebote auf das Grundschulalter, erprobt die Stiftung im Rahmen des Bildungsprojekts „sechs- bis zehnjährige Kinder“ verschiedene neue Formate, um herauszufinden, mit welchen Angeboten und Fortbildungsformen die verschiedenen Zieldimensionen möglicherweise noch intensiver angesprochen werden können. Im Rahmen von Modell-Lehr-Lern-Einrichtungen wie der Rudolf-Wissel-Schule in Berlin und der „Forscherwelt Blossin“ pilotiert die Stiftung derzeit Fortbildungsformate, in denen u.a. das professionelle Rollen- und Selbstverständnis der Lernbegleitung vertieft werden soll. Kernstück der Fortbildungen ist die direkte Interaktion mit Kindern und eine individuelle Rückmeldung dazu an die Pädagoginnen und Pädagogen.

Eine interessante Anregung für die Stiftung ist auch das siebte Qualitätskriterium von Ramseger, das auf die historisch-gesellschaftliche Einbettung des naturwissenschaftlichen Unterrichts ab zielt. Während innerhalb der Fortbildungen der Stiftung in der Reflexion immer wieder auch gesellschaftliche Aspekte wie z.B. die sich verändernde Rolle und Anforderungen an die pädagogischen Fachkräfte diskutiert werden, ist eine Einbettung der Phänomene und ihrer Untersuchung auf historischer Ebene bislang kaum der Fall und könnte in der Weiterentwicklung der Stiftungsformate künftig stärker berücksichtigt werden.

2. Beitrag der Stiftung zur Professionalisierung in der Frühpädagogik in den Bildungsbereichen Naturwissenschaften, Mathematik und Technik

Die Professionalisierung der Pädagoginnen und Pädagogen – nicht nur für die Bereiche der mathematischen, naturwissenschaftlichen und technischen Bildung – ist ein aktuelles Thema in der derzeitigen Fachdebatte. So hat der Aktionsrat Bildung (2012) ein Gutachten zum Thema „Professionalisierung in der Frühpädagogik“ erstellt, dessen Ziel es war, eine kritische Bestandsaufnahme der gegenwärtigen Ausbildungssituation im Bereich der Frühpädagogik zu machen. Auf der Grundlage von neusten Forschungsergebnissen diskutiert das Gutachten den Einfluss des Besuches und der Qualität von frühpädagogischen Einrichtungen auf die kognitive und soziale Entwicklung von Kindern. Darauf aufbauend sprechen die Autoren konkrete Handlungsempfehlungen aus.

Das Gutachten unterstreicht, dass die Qualität in den Einrichtungen vor allem durch das Ausbildungsniveau und die Kompetenzen des frühpädagogischen Personals bestimmt wird. Im Gutachten werden Zielkompetenzen, die auf Ebene der pädagogischen Fachkräfte erreicht werden sollten, beschrieben. Es wird unterschieden zwischen:

- (1) Professionswissen (i.e., (a) Fachwissen im jeweiligen Bildungsbereich, (b) fachdidaktischem Wissen und (c) allgemeinpädagogischem Wissen),
- (2) pädagogischen Orientierungen und Einstellungen,
- (3) motivationalen und emotionalen Aspekten sowie selbstregulatorischen Fähigkeiten sowie
- (4) Aspekten des professionellen Rollen- und Selbstverständnisses (i.e., Reflexionsfähigkeit, Offenheit, forschende Haltung, Entwicklung der Professionalität, Kooperationsfähigkeit).

Diese Dimensionen spiegeln den aktuellen Stand der Professionsforschung wider und stimmen mit den in diesem Band beschriebenen bereichsspezifischen Zieldimensionen im Grundsatz überein.

Obwohl die Erwartungen der Gesellschaft an die Leistungen frühpädagogischer Einrichtungen in den letzten Jahren deutlich gestiegen sind, hat es gegenwärtig kaum Konsequenzen für die Ausbildungssituation in diesem Bereich gegeben. Der Aktionsrat Bildung empfiehlt daher, dass „zur Professionalisierung des Fachpersonals in der Frühpädagogik [...] ein koordiniertes Gesamtkonzept für Aus-, Weiter- und Fortbildung auf den verschiedenen Ebenen“ entwickelt wird, dessen „Ziel es sein muss, nicht auf einzelne Ausbildungsgänge auf Fach- oder Hochschulebene zu fokussieren, sondern in einem Gesamtkonzept das frühpädagogische Arbeitskräftepotenzial insgesamt zu professionalisieren“ (S.70).

Vor dem Hintergrund der aktuellen Ausbildungssituation im Bereich der frühen MINT-Bildung (vgl. Lehmann, 2009) ist zu berücksichtigen, dass die von Anders et al., Ramseger wie auch die vom Aktionsrat Bildung beschriebenen Ziele ein Kompetenzideal darstellen. Bis dorthin ist es ein weiter Weg, wie

Ramseger in Bezug auf die Umsetzung eines qualitativ hochwertigen Unterrichts sehr deutlich macht (S. 170): „Es ist offenkundig, dass die gleichzeitige Berücksichtigung aller zehn Kriterien eine äußerst anspruchsvolle Forderung darstellt, die mit Kindern im Vor- und Grundschulalter sicher nur in extremen Glücksfällen gelingen wird.“ Laut Ramseger (S. 170) - „dürfen [...] sich Pädagoginnen und Pädagogen [vermutlich] glücklich schätzen, wenn sie in einem konkreten Unterrichtsvorhaben wenigstens drei oder vier der genannten Kriterien realisieren können. Doch für einen gelungenen Prozess der naturwissenschaftlichen Bildung reicht es vermutlich, mal das eine, mal das andere Kriterium zu realisieren, da sich Fachkompetenzen und allgemeine Bildung ohnedies nicht in einmaligen Veranstaltungen, sondern immer in einem längerfristigen Prozess im Durchgang durch das ganze Bildungssystem entwickeln.“

Die Initiative „Haus der kleinen Forscher“ möchte hier Unterstützung bieten und mit ihrem deutschlandweiten kontinuierlich angelegten Angebot pädagogische Fach- und Lehrkräfte auf ihrem Qualifizierungsweg begleiten. Dabei fokussiert sie auf die Unterstützung von professionellen Handlungsstrategien im Bereich der mathematischen, naturwissenschaftlichen und technischen Bildung und unterstützt mit Ihren Angeboten die Professionalisierung der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte für ihren Bildungsauftrag in den Bildungsbereichen Naturwissenschaften, Mathematik und Technik.

3. Weiterentwicklung der Prozessqualität in den Einrichtungen durch das Zertifizierungsverfahren der Stiftung

Neben den bereits genannten, personenbezogenen Angeboten und Fortbildungsformaten möchte die Stiftung auch die Qualitätsentwicklung auf Ebene der pädagogischen Einrichtungen fördern und hat hierzu ein Zertifizierungsverfahren entwickelt. Als Instrument der Qualitätsentwicklung und um das kontinuierliche Engagement der Kitas im Rahmen der Bildungsinitiative wertzuschätzen und nach außen sichtbar werden zu lassen, können Kitas sich offiziell als „Haus der kleinen Forscher“ zertifizieren lassen (vgl. Abbildung 14)³².

Über die Vergabe der Zertifizierung entscheidet die Stiftung nach einem standardisierten Verfahren, das in Anlehnung an das Deutsche Kindergarten Gütesiegel und unter Beteiligung eines externen wissenschaftlichen Expertenteams (Dr. Yvonne Anders, Dr. Christa Preissing, Prof. Dr. Ursula Rabe-Kleberg, Prof. Dr. Wolfgang Tietze) entwickelt wurde. Im Rahmen des Zertifizierungsverfahrens sind sowohl von den Kita-Leitungen als auch von den pädagogischen Fachkräften der Einrichtungen Fragen zu spezifischen Bereichen zu beantworten, an die spezielle Bewertungskriterien angelegt werden. Die Bewertungskriterien geben anhand von vier Qualitätsdimensionen vor, wie ein „Haus der kleinen Forscher“ von innen aussehen sollte:

³² Siehe www.haus-derkleinen-forscher.de/de/mitmachen/plakette/



Abbildung 14. Titelseite der Zertifizierungsbroschüre „So wird Ihre Kita ein Haus der kleinen Forscher“ und die Zertifizierungsplakette.

Die Orientierungsqualität beinhaltet Fragen zur Einbettung naturwissenschaftlicher, mathematischer oder technischer Bildungsinhalte in das pädagogische Konzept der Kita. Die Strukturqualität erfasst, inwiefern Materialien zum Forschen vorhanden sind, während die Prozessqualität beschreibt, wie in der Kita geforscht wird. Die vierte Qualitätsdimension erfasst die Öffnung nach außen, u. a. alle Aktivitäten, die Außenstehende in den Kita-Alltag einbringen³³.

Die verschiedenen Qualitätsdimensionen gehen mit unterschiedlicher Gewichtung in die Bewertung ein: strukturelle Qualitätsmerkmale mit 30 Prozent, die Aspekte Öffnung nach außen und Orientierungsqualität mit jeweils 15 Prozent. Den größten Stellenwert hat bewusst die Prozessqualität mit 40 Prozent. Die Prozessqualität beschreibt das „Wie“: Wie wird in Kitas geforscht? Wie begleiten die Pädagoginnen und Pädagogen das Lernen der Mädchen und Jungen? Wichtig ist hierbei, dass Kinder und Erwachsene eine lernende Gemeinschaft bilden und sich miteinander weiterentwickeln.

Das Zertifizierungsverfahren dient damit einer Weiterentwicklung pädagogischer Einrichtungen auf Systemebene. Dadurch sollen Einrichtungen unterstützt werden, sich den von Ramseger und Anders et al. empfohlenen Kriterien für die Gestaltung von Lernumgebungen und den Prozess naturwissenschaftlicher Bildung in der Einrichtung anzunähern. Die Zertifizierung ist deshalb auf Kontinuität und Prozesshaftigkeit angelegt. Sie ist jeweils für zwei Jahre gültig und kann durch Neubeantragung verlängert werden³⁴. Das Zertifizierungsverfahren der Stiftung wird aktuell auf Horte und Grundschulen erweitert und wissenschaftlich validiert³⁵.

³³ Zu den Begrifflichkeiten vgl. auch Tietze, W., Viernickel, S. (2007).

³⁴ Die Broschüre „So wird Ihre Kita ein Haus der kleinen Forscher – Die Zertifizierungsbroschüre“ befindet sich als pdf zum download unter www.haus-der-kleinen-forscher.de.

³⁵ Prof. Dr. Yvonne Anders, Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie, Arbeitsbereich frühkindliche Bildung und Erziehung, Freie Universität Berlin

4. Bezug zur Mission der Stiftung

Mithilfe der oben beschriebenen personenbezogenen Formate und Angebote zur Stärkung individueller Kompetenzen sowie dem Zertifizierungsverfahren, das auf Prozessebene ansetzt, möchte die Stiftung langfristig ihrer Mission gerecht werden (s. Langfassung Einleitung). Die verschiedenen Ziele und Maßnahmen, die oben erläutert wurden, dienen damit dem Erreichen des Hauptziels der Stiftungsarbeit, wie es im ersten Absatz der Mission hervorgehoben ist:

Mission der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (Kurzfassung):

- Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ verankert die alltägliche Begegnung mit Naturwissenschaften, Mathematik und Technik dauerhaft und nachhaltig in allen Kitas und Grundschulen in Deutschland. Damit setzt sie sich für bessere Bildungschancen von Mädchen und Jungen in den genannten Bereichen ein.
- Die Stiftung bietet pädagogischen Fachkräften mit kontinuierlichen Fortbildungen in starken lokalen Netzwerken, mit vielfältigen Materialien und Anregungen praxisnahe Unterstützung. Eltern und weitere Bildungspartner werden dabei einbezogen.
- Das „Haus der kleinen Forscher“ weckt Begeisterung für naturwissenschaftliche Phänomene und technische Fragestellungen und trägt langfristig zur Nachwuchssicherung der entsprechenden Berufsfelder bei.
- Zugleich stellt das „Haus der kleinen Forscher“ die gewonnenen Erfahrungen anderen Akteuren im Ausland zur Verfügung. Deutschland positioniert sich damit als Bildungs- und Wissenschaftsstandort.

5. Ausblick: Erfassung naturwissenschaftlicher Bildungswirkungen

Ramsegers neuntes Qualitätskriterium fokussiert auf den Lernzuwachs, den naturwissenschaftlicher Unterricht erzielen soll. Auch die Stiftung strebt mit ihren Angeboten langfristig einen Kompetenzzuwachs auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte und der Kinder an (vgl. Zielbereiche Abbildung 9).

Die Überprüfung von Lerneffekten ist eine methodische und wissenschaftliche Herausforderung, der sich die Stiftung im Rahmen ihrer Begleitforschung stellt. Ziel der externen wissenschaftlichen Begleitung der Stiftungsarbeit ist es, Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie naturwissenschaftliche Bildungsangebote die frühen Lernprozesse von Kindern beeinflussen, und welche inhaltlichen Lern- und Entwicklungsziele sich durch frühe Bildungsangebote wie das der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ tatsächlich erreichen lassen. Das Modell der vorliegenden Zieldimensionen bildet die theoretische und empirische Grundlage für eine solche wirkungsorientierte wissenschaftliche Begleitung.

Die Stiftung hat daher im Rahmen ihrer Begleitforschung das dreijährige Forschungsvorhaben „Wirkungen früher naturwissenschaftlicher Bildung“ ausgeschrieben, das im Herbst 2013 starten soll. Denn obwohl es im Bildungsbereich Naturwissenschaften mittlerweile eine Vielzahl an Angeboten für die Praxis gibt, stehen Studien zur Wirkung früher naturwissenschaftlicher Bildung in Deutschland weitgehend aus. Mit dem geplanten Forschungsvorhaben möchte die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ diesem Defizit begegnen und zur Wirkungsforschung im Bereich früher Bildung beitragen. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, Erkenntnisse über naturwissenschaftliche Bildungswirkungen in der frühen Kindheit zu gewinnen, am Beispiel des Ansatzes, den das „Haus der kleinen Forscher“ verfolgt und umsetzt (Schwerpunkt: Kita-Bereich). Im Blickpunkt des Forschungsvorhabens stehen zum einen Bildungsprozesse und -ergebnisse bei den Kindern, zum anderen bei den pädagogischen Fachkräften in den Kindertagesstätten auf den angestrebten Zieldimensionen früher naturwissenschaftlicher Bildung. Dabei sollen möglichst empirisch belastbare Aussagen über Merkmale und Faktoren (z.B. die Dauer der Teilnahme am Programm etc.) getroffen werden, von denen die Bildungswirkungen abhängen.

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus diesem und ähnlichen Forschungsvorhaben wird die gemeinnützige Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, die sich als kontinuierlich lernende Organisation versteht, ihre Angebote künftig weiter ausbauen und optimieren, um pädagogische Fach- und Lehrkräfte und Kinder im Rahmen der Stiftungsmöglichkeiten bestmöglich in ihrer Entwicklung zu unterstützen.



Literatur

Einleitung – J. Pahnke & K. Bartling

- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2009). *Evaluationsbericht 2009*. Pdf verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2010). *Evaluationsbericht 2010*. Pdf verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2011a). *Evaluationsbericht 2011*. Pdf verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2011b). *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Band 1. Köln: Bildungsverlag EINS. Pdf verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2011c). *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Band 2. Köln: Bildungsverlag EINS. Pdf verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2012a). *Evaluationsbericht 2012*. Pdf verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2012b). *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Band 3, Köln: Bildungsverlag EINS. Pdf verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2012c). *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Band 4, Schaffhausen: Schubli Lernmedien AG. Pdf verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de

A Zieldimensionen früher naturwissenschaftlicher Bildung im Kita-Alter und ihre Messung – Y. Anders, I. Hardy, S. Pauen & M. Steffensky

- Achenbach, T. M. (1991). *Integrative Guide to the 1991 CBCL/4-18, YSR, and TRF Profiles*. Burlington, VT: University of Vermont, Department of Psychology.
- Achenbach, T. M., & Rescorla, L. A. (2000). *Manual for the ASEBA Preschool Forms & Profiles*. Burlington, VT: University of Vermont, Research Center for Children, Youth, & Families.
- Anders, Y., Grosse, C., Roßbach, H.-G., Ebert, S. & Weinert, S. (2012). Preschool and primary school influences on the development of children's early numeracy skills between the ages of 3 and 7 years in Germany. *School Effectiveness and School Improvement: An International Journal of Research, Policy and Practice*, DOI:10.1080/09243453.2012.749794.
- Anders, Y., Rosbach, H.G., Weinert, S., Ebert, S., Kuger, S., Lehl, S. & von Maurice, J. (2012). Learning environments at home and at preschool and their relationship to the development of numeracy skills. *Early Childhood Research Quarterly*, 27, 231-244.
- Arbeitsgruppe Deutsche Child Behavior Checklist (1998). *Elternfragebogen über das Verhalten von Kindern und Jugendlichen; deutsche Bearbeitung der Child Behavior Checklist (CBCL/4-18). Einführung und Anleitung zur Handauswertung mit deutschen Normen*, bearbeitet von M. Döpfner, J. Plück, S. Bölte, K. Lenz, P. Melchers & K. Heim. (2. Aufl.). Köln: Arbeitsgruppe Kinder-, Jugend- und Familiendiagnostik (KJFD).
- Aubrey, C. (1997). Re-assessing the role of teachers' subject knowledge in early years teaching', *Education Today*, 25 (1), 55 – 60.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman.

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469-520.
- Behr, F. B. & Welzel, M. (2009). Entwicklung der Reflexionskompetenz als Metakompetenz von Erzieherinnen. Videoanalyse eines Fortbildungsprogramms. In Höttecke, D. (Hrsg.) Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP). *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung*. Jahrestagung der GDGP in Schwäbisch Gmünd 2008. Berlin: LIT. 119-121.
- Beinbrech, C., Kleickmann, T., Tröbst, S., & Möller, K. (2009). Wissenschaftliches Begründen durch Schülerinnen und Schüler und die Rolle der Lehrkraft. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 2(2), 139-155.
- Bös, K. & Mechling, H. (1983). *Dimensionen sportmotorischer Leistungen*. Schorndorf: Hofmann.
- Bos, W., Hornberg, S., Arnold, K.-H., Faust, G., Fried, L., Lankes, E.-M., Schwippert, K. & Valtin, R. (Hrsg.) (2008). IGLU-E 2006. *Die Länder der Bundesrepublik Deutschland im nationalen und internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Brickhouse, N. W. (1990). *Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice*. *Journal of Teacher Education*, 41, 52-62.
- Brown, A.L & DeLoach, J.S. (1978). Skills, plans and self-regulation. In R. S. Siegler (Ed.), *Children's thinking: What develops?* (pp. 3-36). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Bybee, R., McCrae, B., Laurie, R. (2009). PISA 2006: An Assessment of Scientific Literacy. *Journal of research in Science Teaching*, 46(8), 865-883.
- Caldarella, P. & Merrel, K.W. (1997). Common dimensions of social skills of children and adolescents: A taxonomy of positive behaviors. *School Psychology Review*, 26, 264-278.
- Campbell SB, Pierce EW, Moore G, Marakovitz S, Newby K (1996), Boys' externalizing problems at elementary school age: pathways from early behavior problems, maternal control, and family stress. *Developmental Psychopathology*, 8, 701-719.
- Carey, S. (1988). Conceptual differences between children and adults. *Mind and Language*, 3, 167-181.
- Carey, S. (2000). Science Education as Conceptual Change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 13-19.
- Carey, S. (2009). *The origin of concepts*. New York: Oxford University Press.
- Carey, S., & Smith, C. (1993). On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational Psychologist*, 28, 235-251.
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E., & Unger, C. (1989). An experiment is when you try it and see if it works. A study of junior high school students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, 514-529.
- Carstensen, C.H., Lankes, E.M. & Steffensky, M. (2011). Ein Modell zur Erfassung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Kindergarten. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 14, 651-669.
- Chen, X., Reid, V.M. & Striano, T. (2006). Oral exploration and reaching toward social and non-social objects in two-, four, and six-month-old infants. *European Journal of Developmental Psychology*, 3(1), 1-12.
- Cho, H., Kim, J., & Choi, D. (2003). Early childhood teachers' attitudes toward science teaching: A scale validation study. *Educational Research Quarterly*, 27(2), 33-42.

- Deci, E. & Ryan, R. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 223-238.
- Deutsches Jugendinstitut e. V. (Hrsg.) (2011). *Frühe Bildung – Bedeutung und Aufgaben der pädagogischen Fachkraft. Grundlagen für die kompetenzorientierte Weiterbildung*. Ein Wegweiser der Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte (WiFF).
- diSessa A., Gillespie, N. M., & Esterly, J. B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science*, 28, 843–900.
- Duncan, G.J., Dowsett, C.J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A.C., et al. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology* 43(6), 1428-1446.
- Dunn, L.M. & Dunn, L.M. (2007). *Peabody Picture Vocabulary Test*. Circle Pines, Minn.: American Guidance Service (PPVT 4).
- Einsiedler, W. & Hardy, I. (2010). Kognitive Strukturierung im Unterricht. Einführung und Begriffsklärungen. *Unterrichtswissenschaft*, 38(3), 194-209.
- Elsner, B., Pauen, S., Jeschonek, S. (2006). Physiological and behavioral parameters of infants' categorization: changes in heart rate and duration of examining across trials. *Developmental Science*, 9(6), 551–556.
- Erden, F.T. & Sönmez, S. (2010). Study of Turkish preschool teachers' attitudes toward science teaching. *International Journal of Science Education*, 33, 1149-1168.
- Eshach, A. (2006). *Science Literacy in Primary Schools and Pre-Schools*. Dordrecht: Springer.
- European Child Care and Education (ECCE) Study Group: Tietze, W., Hundertmark-Mayser, J., & Rossbach, H.-G. (1999). *School-age assessment of child development: Long-term impact of pre-school experiences on school success, and family-school relationships*. Brussels, Belgium: European Union.
- Faulkner-Schneider, L. A. (2005). *Child care teachers' attitudes, beliefs, and knowledge regarding science and the impact on early childhood learning opportunities*. Unpublished master's thesis, Oklahoma State University, Alva, OK.
- French, L. (2004). Science as the center of a coherent, integrated early childhood curriculum. *Early Childhood Research Quarterly*, 19, 138 – 149.
- Fried, L. (2004). *Expertise zu Sprachstandserhebungen für Kindergartenkinder und Schulanfänger. Eine kritische Betrachtung*. Pdf zum download unter: http://cgi.dji.de/bibs/271_2231_ExpertiseFried.pdf.
- Fröhlich-Gildhoff, K., Nentwig-Gesemann, I & Pietsch, S. (2011). *Kompetenzorientierung in der Qualifizierung frühpädagogischer Fachkräfte*. München: WiFF/DJI.
- Fthenakis, W.E. (Hrsg.) (2009). *Frühe naturwissenschaftliche Bildung*. Troisdorf: Bildungsverlag Eins.
- Furtak, E., Hardy, I., Beinbrech, C., Shemwell, J. & Shavelson, R. (2010). A framework for analyzing evidence-based reasoning in science classroom discourse. *Educational Assessment*, 15, 175-197.
- Garon, N., Bryson, S.E., & Smith, I.M. (2008). Executive functions in preschoolers. *Psychological Bulletin*, 134 (1), 31-60.
- GDSU - Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2002). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gelman, R., & Brenneman, K. (2004). Science learning pathways for young children. *Early Childhood Research Quarterly*, 19, 150–158.

- Giest, H. & Steffensky, M. (2010). Fachtagung der Kultusministerkonferenz, der Jugend und Familienministerkonferenz und der Deutsche Telekom Stiftung zum Thema „MINT Fragestellungen in Kindertagesstätten und Grundschulen“ am 20./21. September 2010 in Rostock, KMK: Berlin (abrufbar unter http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/AllgBildung/Fachtagung_MINT_2010/025_Analyse_Tagung.pdf)
- Goodman R (1997) „The Strengths and Difficulties Questionnaire: A Research Note.“ *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 38, 581-586.
- Gopnik & L. Schulz (Eds.). Causal learning: *Psychology, philosophy, and computation*. New York: Oxford University Press.
- Grimm, H. & Weinert, S. (2002). Sprachentwicklung. In R. Oerter & L. Montada (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie*, Ein Lehrbuch. 5. vollständig überarbeitete Auflage. Weinheim: Psychologie Verlags Union, 517-559.
- Hardy, I., Kleickmann, T., Koerber, S., Mayer, D., Möller, K., Pollmeier, J., Schwippert, K., & Sodian, B. (2010). Die Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Grundschulalter. *Zeitschrift für Pädagogik*, 56. Beiheft, 115-125.
- Hopf, M. (2011). Sustained Shared Thinking in der frühpädagogischen Praxis des naturwissenschaftlich-technischen Lernens. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 4(1), 73-85.
- Jerusalem, M. & Mittag, W. (1999). Selbstwirksamkeit, Bezugsnormorientierung, Leistung und Wohlbefinden in der Schule. In M. Jerusalem & R. Pekrun (Hrsg.), *Emotion, Motivation und Leistung* (S. 223-245). Göttingen: Hogrefe.
- Jerusalem, M. & Satow, L. (1999). Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung. In R. Schwarzer & M. Jerusalem, (Hrsg.), *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen* (S. 15). Berlin: Freie Universität Berlin.
- Jerusalem, M., & Klein-Heßling, J. (2002). Soziale Kompetenz - Entwicklungstrends und Förderung in der Schule. *Zeitschrift für Psychologie*, 113, 164-175.
- Kanning, U. P. (2001). Soziale Kompetenz. In G. Wenninger (Hrsg.), *Lexikon der Psychologie*, Bd. 4 (S. 197). Heidelberg: Spektrum.
- Karmiloff-Smith, A. & Inhelder, B. (1974). If you want to get ahead get a theory. *Cognition*, 3, 195-212.
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity: A development perspective on cognitive science*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kastner-Koller, U. & Deimann, P. (2002). *Der Wiener Entwicklungstest* (2., überarb. u. neu norm. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Kemler, D.G. (1983). Holistic and analytic modes in perceptual and cognitive development. In Thomas J. Tighe & Bryan E. Shepp (Eds.), *Perception, cognition, and development: interactional analyses* (77-101). Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum.
- Kleickmann, T. (2008). *Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis*. Inaugural Dissertation: Universität Münster.
- Kleickmann, T., Hardy, I., Möller, K., Pollmeier, J., Tröbst, S. (2010). Die Modellierung naturwissenschaftliche Kompetenz im Grundschulalter: Theoretische Konzeption und Testkonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 285-298.

- Kluczniok, K., Anders, Y. & Ebert, S. (2011). Fördereinstellungen von Erzieher/-innen - Einflüsse auf die Gestaltung von Lerngelegenheiten im Kindergarten und die kindliche Entwicklung am Beispiel von frühen Rechenfertigkeiten. *Frühe Bildung*, 0, 13-21.
- Koerber, S., Sodian, B., Thoermer, C. & Nett, U. (2005). Scientific reasoning in young children: Preschoolers' ability to evaluate covariation evidence. *Swiss Journal of Psychology*, 64(3), 141-152.
- König, A. (2009). *Interaktionsprozesse zwischen Erzieher/-innen und Kindern. Eine Videostudie aus dem Kindergartenalltag*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Krajewski, K. (2003). *Vorhersage von Rechenschwäche in der Grundschule. Darin: Mengenverständnis & Zahlen: Test zur vorschulischen Mengen- und Zahlenkompetenz (MZ-Test)*. Hamburg: Kovac.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: Theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, 12, 383 – 409.
- Kuhn, N., Lankes, E.M., Steffensky, M. (2012). Vorstellungen von Erzieherinnen zum Lernen von Naturwissenschaften – Über das Verhältnis von Konstruktion und Instruktion im Elementarbereich. In H. Giest & E. Heran-Dörr (Hrsg.), *Lernen und Lehren im Sachunterricht – Zum Verhältnis von Konstruktion und Instruktion*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Kultusministerkonferenz (2004). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*, München: Luchterhand.
- Kunter, M. (2005). Multiple Ziele im Mathematikunterricht. Münster: Waxmann.
- Kobarg, M., & Seidel, T. (2003). Prozessorientierte Lernbegleitung im Physikunterricht. In T. Seidel, M. Prenzel, R. Duit & M. Lehrke (Hrsg.), *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“* (S. 151-200). Kiel: IPN.
- Kunter, M. (2011). Motivation als Teil der professionellen Kompetenz - Forschungsbefunde zum Enthusiasmus von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften – Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 259–275). Münster: Waxmann.
- Lehrer, R., Schauble, L., Strom, D., & Pligge, M. (2001). Similarity of form and substance: Modeling material kind. In S. Carver & D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress* (S. 39-74). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Leuchter, M., Saalbach, H. & Hardy, I. (2010). Die Gestaltung von Aufgaben in den ersten Bildungsjahren. In M. Leuchter (Ed.), *Didaktik für die ersten Bildungsjahre. Unterricht mit 4- bis 8-jährigen Kindern* (S. 98-111). Seelze: Friedrich Verlag.
- Leuchter, M., Saalbach, H. & Hardy, I. (2011). Förderung naturwissenschaftlichen Verständnisses von Kindern in der Schuleingangsstufe – (Hrsg.), *Entwicklung und Lernen junger Kinder* (S. 37-53). Münster: Waxmann.
- Liang, L.L., Chen, S., Chen, X., Kaya, O.N., Adams, A.D., Macklin, M., & Ebenezer J. (2006) Student understanding of science and scientific inquiry: revision and further validation of an assessment instrument. In. *Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST)*, San Francisco, CA.

- Locke, J. (1690). *An Essay Concerning Human Understanding*.
- Mantzicopoulos, P., Patrick, H., & Samarapungavan, A. (2008). Young Children's Motivational Beliefs about Learning Science. *Early Childhood Research Quarterly*, 23, 378-394.
- Martinelli, S. C., Bartholomeu, D., Caliatto, S. G., & Sassi, A. de G. (2009). Children's self-efficacy scale: Initial psychometric studies. *Journal of Psycho-educational Assessment*, 27, 145-156.
- Melchers, P. & Preuß, U. (2009). *Kaufman Assessment Battery for Children* (deutsche Version) (8., unveränd. Aufl.). Frankfurt/M.: Pearson Assessment.
- Mischo, C., Wahl, S., Hendler, J. & Strohmer, J. (2012). Pädagogische Orientierungen angehender frühpädagogischer Fachkräfte an Fachschulen und Hochschulen. *Frühe Bildung*, 1, 34-44.
- Möller, K. & Steffensky, M. (2010). Naturwissenschaftliches Lernen im Unterricht mit 4- bis 8-jährigen Kindern. Kompetenzbereiche frühen naturwissenschaftlichen Lernens. In M. Leuchter (Ed.), *Didaktik für die ersten Bildungsjahre. Unterricht mit 4- bis 8-jährigen Kindern* (S. 163-178). Seelze: Friedrich Verlag.
- Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext*. Berlin: Cornelsen Verlag.
- Namy, L. & Gentner, D. (2002). Making a silk purse out of two sow's ears: Young children's use of comparison in category learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 131(1), 5-15.
- Nentwig-Gesemann, I. (2007). Forschende Haltung. Professionelle Schlüsselkompetenz von FrühpädagogInnen. *Sozial Extra*, 5/6, 20-22.
- NICHD ECCRN. (2002a). Early child care and children's development prior to school entry. Results from the NICHD Study of Early Child Care. *American Educational Research Journal*, 39, 133-164. doi:10.3102/00028312039001133
- Nölke, C., Steffensky, M. & Lankes, E.M. (2011). *Naturwissenschaftsbezogenes Interesse bei Vorschulkindern (SnaKE-Projekt)*. Vortrag auf der GDSU-Jahrestagung, März, Bamberg.
- Norris, S. & Phillips, L. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224-240.
- Ohle, A. (2010). *Primary School Teachers' Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching and Students' Achievement*. Berlin: Logos
- Pauen, S. & Pahnke, J. (2008). Mathematische Kompetenzen im Kindergarten: Evaluation der Effekte einer Kurzzeitintervention. *Empirische Pädagogik*, 22(2), 193-208.
- Pauen, S. (2006). *Fragebogen zur Selbsteinschätzung naturwissenschaftlich-mathematischer Kompetenzen von pädagogischem Fachpersonal in der Kita (SMNK-Kita)*. Bislang unveröffentlichtes Instrument. Erhältlich auf Anfrage bei sabina@pauen.net.
- Pauen, S. (2009). *Ki-Ta-Nawi: Eine Beobachtungshilfe für ErzieherInnen zur Dokumentation von Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Denkens von Kindergartenkindern*. Bislang unveröffentlichtes Verfahren.
- Pauen, S. (2011). *Vom Baby zum Kleinkind. Entwicklungstagebuch zur Beobachtung und Begleitung in den ersten Jahren*. Heidelberg: Spektrum/Springer Verlag.
- Pollmeier, J., Hardy, I., Koerber, S. & Möller, K. (2011). Lassen sich naturwissenschaftliche Lernstände im Grundschulalter mit schriftlichen Aufgaben valide erfassen? *Zeitschrift für Pädagogik*, 57. Beiheft, 834-853.
- Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E. & Pekrun, R. (Hrsg.). (2007). *PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie*. Münster: Waxmann.

- Prenzel, M., Lankes, E.M. & Minsal, B. (2000). Interessenentwicklung in Kindergarten und Grundschule: Die ersten Jahre. In Schiefele, U., Wild, K.P. (Hrsg.). *Interesse und Lernmotivation. Untersuchungen zu Entwicklung, Förderung und Wirkung* (S. 11-30), Münster: Waxmann.
- Puntambekar, S., & Hübscher, R. (2005). Tools for scaffolding students in a complex environment: What have we gained and what have we missed? *Educational Psychologist*, 40 (1), 1-12.
- Qualifications and Curriculum Authority (QCA) (2000). *Department for education and employment (DfEE)*. Science: The National Curriculum for England: Key Stages 1-4.
- Rakoczy, K. & Pauli, C. (2006). Hoch inferentes Rating: Beurteilung der Qualität unterrichtlicher Prozesse. In I. Hugener, C. Pauli & K. Reusser (Hrsg.), *Videoanalysen* (= Teil 3 der Dokumentation Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie „Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis“, E. Klieme, C. Pauli & K. Reusser(Hrsg.), Frankfurt am Main: GFPF/DIPF, 206-233.
- Raver, C. (2002). Emotions matter: Making the case for the role of young children's emotional development for early school readiness. *Social Policy Report of the Society for Research in Child Development*, 16(3), 1-20.
- Richards, J.E. (1998). Development of selective attention in young infants. *Developmental Science*, 1, 45-51.
- Richards, J.E., & Cronise, K. (2000). Extended visual fixation in the early preschool years: look duration, heart rate changes, and attentional inertia. *Child Development*, 71, 602-620.
- Robert-Bosch-Stiftung GmbH (Hrsg.) (2011). *Qualifikationsprofile in Arbeitsfeldern der Pädagogik der Kindheit. Ausbildungswege im Überblick*. Stuttgart: Robert Bosch-Stiftung GmbH.
- Rosbach, H.-G. & Weinert, S. (Hrsg.) (2008). *Kindliche Kompetenzen im Elementarbereich: Förderbarkeit, Bedeutung, Messung*. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung. Pdf zum download unter http://www.bmbf.de/pub/bildungsforschung_band_vierundzwanzig.pdf.
- Roßbach, H.-G. (2005). Effekte qualitativ guter Betreuung, Bildung und Erziehung im frühen Kindesalter auf Kinder und ihre Familien. Sachverständigenkommission Zwölfter Kinder- und Jugendbericht (Eds.), Band 1: *Bildung, Erziehung und Betreuung von Kindern unter sechs Jahren*, 55-174.
- Roßbach, H.-G., Sechtig, J. & Freund, U.(2010). *Empirische Evaluation des Modellversuchs „Kindergarten der Zukunft in Bayern – KiDZ“. Ergebnisse der Kindergartenphase*. University of Bamberg Press.
- Samarapungavan, A., Mantzicopoulos, P., Patrick, H. & French, B. (2009). The Development and Validation of the Science Learning Assessment (SLA): A Measure of Kindergarten Science Learning. *Journal of Advanced Academics*, 20, 502–535.
- Sammons, P., Elliot, K., Sylva K., Melhuish, E., Siraj-Blatchford, I., & Taggart, B. (2004). The impact of pre-school on young children's cognitive attainment at entry to reception. *British Educational Research Journal*, 30, 691-712. doi:10.1080/0141192042000234656.
- Schwarzer, G. (2000). Zur Komplexität der analytischen Wahrnehmung. *Psychologische Rundschau*, 53.
- Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (1995). Generalized Self-Efficacy scale. In J. Weinman, S. Wright & M. Johnston (Eds.), *Measures in health psychology: A user's portfolio. Causal and control beliefs* (S. 35-37). Windsor, UK: NFER-NELSON.

- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(4), 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review* Feb, 1-22.
- Siegler, R. S., DeLoache, J. & Eisenberg, N. (2005). *Entwicklungspsychologie im Kindes- und Jugendalter*. München: Spektrum Akademischer Verlag.
- Siraj-Blatchford, I., Sylva, K., Muttock, S., Gilden, R., & Bell, D. (2002). *Researching Effective Pedagogy in the Early Years*. London: Department for Education and Skills.
- Siraj-Blatchford, I., & Manni, L. (2008). ‚Would you like to tidy up now?‘ An analysis of adult questioning in the English Foundation Stage, *Early Years: An International Journal of Research and Development*, 28(1), 5 – 22.
- Siraj-Blatchford, I., Sylva, K., Taggart, B., Sammons, P., Melhuish, E. & Elliot, K. (2003). *Intensive Case Studies of Practice across the Foundation Stage*. London: Institute of Education.
- Sodian, B. (2002). Entwicklung begrifflichen Wissens. In R. Oerter & L. Montada (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie. Ein Lehrbuch*. 5. vollst. überarb. Aufl. (S. 443-468). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Sodian, B., & Frith, U. (2008). Metacognition, Theory of Mind, and self-control: The relevance of high-level cognitive processes in Development, Neuroscience, and Education. *Mind, Brain, and Education*, 2 (3), 111-113.
- Sodian, B., Körber, S. & Thörmer, C. (2004). Naturwissenschaftliches Denken im Vorschulalter: Bildungsziele und Lernvoraussetzungen. In T. Hansel. (Hg.): *Frühe Bildungsprozesse und schulische Anschlussfähigkeit* (S. 138-149). Centaurus Verlag: Holzheim.
- Spelke, E. S., & Kinzler, K. D. (2007). Core knowledge. *Developmental Science*, 10, 89-96.
- Spelke, E.S. & Kinzler, K.D. (2009). Innateness, Learning and Rationality. *Child Development Perspectives*, 3, 96-98.
- Spelke, E.S., Breinlinger, K., Macomber, J., Jacobson, K. (1992). Origins of knowledge. *Psychological Review*, 99 (4), 605-632.
- Staub, F. & Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains. Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 93, 144-155.
- Steffensky, M., Lankes, E.-M., Carstensen, C.H. & Nölke, C. (2012). Alltagssituationen und Experimente: Was sind bessere Lerngelegenheiten für Kindergartenkinder? Ergebnisse aus dem SNaKE-Projekt. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 14, DOI 10.1007/s11618-012-0262-3.
- Stipek, D.J., Givvin, K., Salmon, J. & MacGyvers, V. (2001). Teachers' beliefs and practices related to mathematics education. *Teaching and Teacher Education*, 17, 213-266.
- Thiel, O. (2010). Teachers' attitudes towards mathematics in early childhood education. *European Early Childhood Education Research Journal*. 18(1), 117-127.
- Tietze, W. & Förster, C. (2005). Allgemeines pädagogisches Gütesiegel für Kindertageseinrichtungen. In Diller, A., Leu, H.R. & Rauschenbach, T. (Hrsg.), *Der Streit ums Gütesiegel. Qualitätskonzepte für Kindertageseinrichtungen* (S. 31-66). München: DJI-Verlag.
- Tietze, W., Meischner, T., Gänsfuß, R., Grenner, K., Schuster, K.-M., Völkel, P., & Rossbach, H.-G. (1998). *Wie gut sind unsere Kindergärten? Eine Untersuchung zur pädagogischen Qualität in deutschen Kindergärten*. Neuwied: Luchterhand.

- Tröschel, K. (2006). *Kooperation von Kindertagesstätten und Grundschule in der vorschulischen Sprachförderung*. BIS-Verlag: Oldenburg.
- Tschannen-Moran, M. & Woolfolk Hoy, A. (2001). Teacher efficacy: Capturing an elusive construct. *Teaching and Teacher Education*, 17, 783-805.
- Tytler, R., & Peterson, S. (2005). A longitudinal study of children's developing knowledge and reasoning in science. *Research in Science Education*, 35, 63-98.
- Upmeyer zu Belzen, A., Vogt, H., Wieder, B. & Christen, F. (2002). Schulische und außerschulische Einflüsse auf die Entwicklungen von naturwissenschaftlichen Interessen bei Grundschulkindern. In *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen* (S. 291-307). Weinheim: Beltz.
- Van Luit, H., Van de Rijt, B., & Hasemann, K. (2001). Osnabrücker Test zur *Zahlbegriffsentwicklung*. Göttingen: Hogrefe.
- von Aster, M.G., Weinhold Zulauf, M. & Horn, R. (2006). ZAREKI-R: Die Neuropsychologische Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen bei Kindern, revidierte Version. Frankfurt: Harcourt Test Services.
- Weinert, F. E. (1999). *Konzepte der Kompetenz*. Paris: OECD.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 17–31). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Weinert, S. (2000). Beziehungen zwischen Sprach- und Denkentwicklung. In H. Grimm (Hrsg.), *Sprachentwicklung (Enzyklopädie der Psychologie, C/III/3)* (S. 311-361). Göttingen: Hogrefe.
- Weinert, S., Artelt, C., Prenzel, M., Senkbeil, M., Ehmke, T. & Carstensen C.H. (2011) Development of Competencies Across the Life Span. In H. P. Blossfeld, H. G. Roßbach & J. v. Maurice & (Hrsg.). *Education as a Lifelong Process: The German National Educational Panel Study (NEPS)*. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Sonderheft 14. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Weinert, S., Doil, H. & Frevert, S. (2008). Kompetenzmessungen im Vorschulalter: eine Analyse vorliegender Verfahren. In H.-G. Rossbach & S. Weinert (Hrsg.), *Kindliche Kompetenzen im Elementarbereich: Förderbarkeit, Bedeutung, Messung* (S. 89-209). Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung. http://www.bmbf.de/pub/bildungsforschung_band_vierundzwanzig.pdf.
- Welzel, M. & Zimmermann, M. (2007): NFFK - ein Verfahren zur Erfassung und Förderung von naturwissenschaftlicher Frühförderkompetenz. In *Perspektiven zur pädagogischen Professionalisierung*. 73. Elementarpädagogik (S. 15-30). Verlag: Empirische Pädagogik.
- Wieder, B. (2009). *Entwicklung von Interessen und Nicht-Interessen bei Kindern im Kindergarten, in der Grundschule und in der Sekundarstufe I*. Kassel: Kassel Univ. Press.
- Wilkening, F., & Sodian, B. (Eds.) (2005). Special Issue on Scientific reasoning in young children. *Swiss Journal of Psychology*, 64 (3).
- Wiser, M. & Smith, C. L. (2008). Teaching about matter in grades K-8: When should the atomic-molecular theory be introduced? In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Zimbardo, Philip G. (1995). *Zimbardo Psychologie*. Berlin Heidelberg: Verlag Springer.
- Zimmer, R. & Volkamer, M. (1987). MOT 4-6. *Motoriktest für vier- bis sechsjährige Kinder* (2. überarbeitete und erweiterte Aufl.). Weinheim: Beltz.

Zins, J., Bloodworth, M., Weissberg, R., & Walberg, H. (2004). The scientific base linking social and emotional learning to school success. In J. Zins, R. Weissberg, M. Wang, & H. J. Walberg (Eds.), *Building academic success on social and emotional learning: What does the research say?* (S. 1-22). New York: Teachers Press, Columbia University.

B Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung im Grundschulalter und ihre Messung – Y. Anders, I. Hardy, B. Sodian & M. Steffensky

Achenbach, T. & Rescorla, L.A. (2000). *Manual for the ASEBA Preschool Forms & Profiles*. Burlington, VT: University of Vermont, Research Center for Children, Youth & Families.

Achenbach, T. M. (1991). *Integrative Guide to the 1991 CBCL/4 - 18, YSR and TRF Profiles*. Burlington, VT: University of Vermont, Department of Psychology.

Alao, S. & Guthrie, J. T. (1999). Predicting conceptual understanding with cognitive and motivational variables. *Journal of Educational Research*, 92 (4), 243 - 253.

Alonzo, A. C. (2012). Eliciting Student Responses Relative to a Learning Progression: Assessment Challenges. In A. C. Alonzo & A. W. Gotwals (Hrsg.). *Learning Progressions in Science. Current Challenges and Future Directions* (S. 241-256). Rotterdam: Sense Publishers.

American Association for the Advancement of Science (AAAS): *Atlas of scientific literacy*. Washington DC: American Association for the Advancement of Science (2001).

Anders, Y., Grosse, C., Roßbach, H.-G., Ebert, S. & Weinert, S. (2012). Preschool and primary school influences on the development of children's early numeracy skills between the ages of 3 and 7 years in Germany. *angenommen bei: School Effectiveness and School Improvement*.

Anders, Y., Hardy, I., Pauen, S., & Steffensky, M. (2013). *Zieldimensionen früher naturwissenschaftlicher Bildung im Kita-Alter und ihre Messung*. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.): *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Band 5, Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG.

Arbeitsgruppe Deutsche Child Behavior Checklist. (1998). *Elternfragebogen über das Verhalten von Kindern und Jugendlichen; dt. Bearbeitung der Child Behavior Checklist (CBCL/4-18). Einführung und Anleitung zur Handauswertung mit dt. Normen von: M. Döpfner, J. Plück, S. Bölte, K. Lenz, P. Melchers & K. Heim* (2 ed.). Köln: Arbeitsgruppe Kinder-, Jugend- und Familiendiagnostik (KJFD).

Astington, J.W. & Olson, D.R. (2008). Metacognitive and Metalinguistic Language: Learning to Talk about Thought. *Applied Psychology*, 39, 77-87.

Astington, J.W. (1998). Theory of Mind goes to school. *Educational Leadership*, 56, 46-48.

Astington, J.W., Pelletier, J. & Homer, B. (2002). Theory of mind and epistemological development: the relation between children's second-order false-belief understanding and their ability to reason about evidence. *New Ideas in Psychology*, 20, 131-144.

Baer, M., Kocher, M., Wyss, C., Guldimann, T., Larcher, S. & Dörr, G. (2011, Mai). *Lehrerbildung und Praxiserfahrung im ersten Berufsjahr und ihre Wirkung auf die Unterrichtskompetenzen von Studierenden und jungen Lehrpersonen im Berufseinstieg. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 14, 85 - 117.

- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman.
- Barchfeld, P., Sodian, B. & Bullock, M. (2011) Developmental factors in causal reasoning about a complex social issue. Unpublished manuscript. LMU München.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469-520.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.): *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften – Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29–53). Münster: Waxmann.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2011). Das mathematikspezifische Wissen von Lehrkräften, kognitive Aktivierung im Unterricht und Lernfortschritte von Schülerinnen und Schülern. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Eds.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 163-192). Münster: Waxmann.
- Baumert, J., Kraus, S., Kunter, M., Brunner, M., Blum, W., Neubrand, M., et al. (2011). COACTIV: *Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz 1*. Münster: Waxmann.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M. & Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47, 133-180.
- Beinbrech, C., Kleickmann, T., Tröbst, S., & Möller, K. (2009). Wissenschaftliches Begründen durch Schülerinnen und Schüler und die Rolle der Lehrkraft. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 2(2), 139-155.
- Benz, C. (2008). Mathe ist ja schön – Vorstellungen von Erzieherinnen über Mathematik im Kindergarten. In *Karlsruher pädagogische Beiträge*, Nr. 69, S. 7–18.
- Blum, U., Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften - Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29–53). Münster: Waxmann.
- Blumberg, E., Hardy, I. & Möller, K. (2008). Anspruchsvolles naturwissenschaftsbezogenes Lernen im Sachunterricht der Grundschule - auch für Mädchen? *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 2, 59-72.
- Bonsen, M., Bos, W., Gröhllich, C. & Wendt, H. (2008). Bildungsrelevante Ressourcen im Elternhaus: Indikatoren der sozialen Komposition der Schülerschaften an Dortmunder Schulen. In *Der Oberbürgermeister Stadt Dortmund* (Hrsg.), *Erster kommunaler Bildungsbericht für die Stadt Dortmund* (S. 125 - 149). Waxmann.
- Bos, W., Bonsen, M., Baumert, J., Prenzel, M., Selter, C. & Walther, G. (Hrsg.) (2008). TIMMS 2007. *Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Bos, W., Bonsen, M., Kummer, N., Lintorf, K. & Frey, K. (Hrsg.) (2009). TIMMS 2007. *Dokumentation der Erhebungsinstrumente zur Trends in International Mathematics and Science Study*. Münster: Waxmann.

- Brickhouse, N. W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41, 52-62.
- Brigido, M., Bermejo, M., Conde, C. & Mellado, V. (2010). The emotions in teaching and learning Nature Sciences and Physics/Chemistry in preservice primary teachers. *US-China Education Review*, 11 (12), 25 - 32.
- Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In F. E. Weinert (Hrsg.): *Enzyklopädie der Psychologie: Psychologie des Unterrichts und der Schule*, (S. 177-212). Göttingen: Hogrefe.
- Bullock, M. & Ziegler, A. (1999). Scientific reasoning: Developmental and individual differences. In F. E. Weinert & W. Schneider (Eds.), *Individual development from 3 to 12. Findings from the Munich Longitudinal Study* (S. 38-60). Cambridge: Cambridge University Press.
- Bullock, M., Sodian, B. & Koerber, S. (2009). Doing experiments and understanding science. Development of scientific reasoning from childhood to adulthood. In W. Schneider & M. Bullock (Eds.), *Human Development from Early Childhood to Early Adulthood: Findings from a 20 Year Longitudinal Study*. (S.173-198) New York, NY: Psychology Press.
- Buss, R. R. (2010). Efficacy for Teaching Elementary Science and Mathematics Compared to Other Content. *School Science and Mathematics*, 110, 290-297. doi: 10.1111/j.1949-8594.2010.00037.x
- Bybee, R. W. (1997). Toward an understanding of scientific literacy. In W. Gräber & C. Bolte (Eds.), *Scientific Literacy* (S. 37-68). Kiel: IPN.
- Bybee, R., McCrae, B. & Laurie, R. (2009). PISA 2006: An Assessment of Scientific Literacy. *Journal of research in Science Teaching*, 46(8), 865-883.
- Caldarella, P. (1997). Common dimensions of social skills of children and adolescents: A taxonomy of positive behaviors. *School Psychology Review*, 26, 264 - 278.
- Campbell, S. B., Pierce, E., Moore, G., Marakovitz, S. & Newby, K. (1996). Boys' externalizing problems at elementary school age: pathways from early behavior problems, maternal control and family stress. *Developmental Psychopathology*, 8, 701 - 719.
- Carey, S. (1991). Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change? In S. Carey & R. Gelman (Hrsg.). *The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition*, (S. 257 - 291). Hillsdale.
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E., & Unger, C. (1989). An experiment is when you try it and see if it works. A study of junior high school students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, 514-529.
- Cavallo, A., Miller, M., Raymond, B. & Saunders, G. (2002). Motivation and Affect toward Learning Science among Preservice Elementary School Teachers: Implications for Classroom Teaching. *Journal of Elementary Science Education*, 14 (2), 25 - 38.
- Cepni, S. & Cil, E. (2010). Using a Conceptual Change Text as a Tool to Teach the Nature of Science in an Explicit Reflective Approach Source: Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, v11 n1 Article 11 June 2010.
- Clark, D. B. (2006). Longitudinal conceptual change in students' understanding of thermal equilibrium: An examination of the process of conceptual restructuring. *Cognition and Instruction*, 24(4), 467-563.
- Dauber, H. (2006). Selbstreflexion im Zentrum pädagogischer Praxis. In H. Dauber, & R. Zwiebel (Eds.), *Professionelle Selbstreflexion aus pädagogischer und psychoanalytischer Sicht* (S. 11-39). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

- Deci, E. & Ryan, R. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung in der Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 223 - 283.
- Demuth, R. & Rieck, K. (2005). *Schülervorstellungen aufgreifen – grundlegende Ideen entwickeln. Modul G 3. Naturwissenschaften. SINUS-Transfer Grundschule*. Kiel: IPN. Download unter: http://www.sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_STG/NaWi-Module/N3.pdf.
- diSessa A., Gillespie, N. M. & Esterly, J. B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science*, 28, 843–900.
- diSessa, A. (2008). A bird's-eye view of the "pieces" vs. "coherence" controversy. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (S. 35-60). New York: Routledge.
- Downing, J. E., Filer, J. D. & Chamberlain, R. (1997). *Science Process Skills and Attitudes of Preservice Elementary Teachers*. Paper presented at the Annual Meeting of the Mid-South Educational Research Association, Memphis, TN.
- Dubberke, T. K. (2008). Lerntheoretische Überzeugungen von Mathematiklehrkräften: Einflüsse auf die Unterrichtsgestaltung und den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22, 193-206.
- Duit, R. & Treagust, D.F. (2008). Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies in Science Education*, 3, 297-328.
- Dunbar, K. (1995). How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories. In R.J. Sternberg & J.E. Davidson (Eds.). *The nature of insight* (S. 365-395). Cambridge, MA: MIT Press.
- Duncan, G., Dowsett, C., Claessens, A., Magnuson, K. H. & Klebanov, P. E. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43, 1428 - 1446.
- EDK (2011). *Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften – Nationale Bildungsstandards*. Bern: Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren. www.edk.ch – HarmoS (Harmonisierung Obligatorische Schule Schweiz).
- Einsiedler, W. (1998). *The Curricula of Elementary Science Education in Germany*. Erlangen Nürnberg: Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung.
- Einsiedler, W. (2009). Neuere Ergebnisse der entwicklungs- und der kognitionspsychologischen Forschung als Grundlage der Didaktik des Sachunterrichts. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 2, 61–76.
- Erden, F. T., & Sönmez, S. (2011). Study of Turkish Preschool Teachers' Attitudes toward Science Teaching. *International Journal of Science Education*, 33 (8), 1149 - 1168.
- Esser, G., Wyschkon, A., Ballaschk, K. & Hänsch, S. (2010). *P-ITPA Potsdam-Illinois Test für Psycholinguistische Fähigkeiten*. Göttingen: Hogrefe.
- Fend, H. (1998). *Qualität im Bildungswesen: Schulforschung zu Systembedingungen, Schulprofilen und Lehrerleistung*. Weinheim: Juventa.
- French, L. (2004). Science as the center of a coherent, integrated early childhood curriculum. *Early Childhood Research Quarterly*, 19, 138 - 149.
- Frenzel, A. G., Lüdtke, O., Pekrun, R. & Sutton, R. (2009). Emotional transmission in the classroom: Exploring the relationship between teacher and student enjoyment. *Journal of Educational Psychology*, 101 (3), 705 - 716.

- Fröhlich-Gildhoff, K., Nentwig-Gesemann, I. & Pietsch, S. (2011). *Kompetenzorientierung in der Qualifizierung frühpädagogischer Fachkräfte*. München: WiFF/DJI.
- Fthenakis, W.E. (2009) (Hrsg.). *Frühe naturwissenschaftliche Bildung*. Troisdorf: Bildungsverlag Eins.
- Furtak, E., Hardy, I., Beinbrech, C., Shemwell, J. & Shavelson, R. (2010). A framework for analyzing evidence-based reasoning in science classroom discourse. *Educational Assessment*, 15, 175- 197.
- GDSU (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts) (2002). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Gellert, U. (1999). Prospective Elementary Teachers' Comprehension of Mathematics Instruction. *Educational Studies in Mathematics*, 37, 3 - 43.
- Gelman, R. & Brenneman, K. (2004). Science learning pathways for young children. *Early Childhood Research Quarterly*, 19, 150–158.
- Givvin, K. B., Stipek, D. J., Salmon, J. M. & MacGyvers, V. L. (2001). In the eyes of the beholder: Students' and teachers' judgments of students' motivation. *Teaching and Teacher Education*, 17, 321-331.
- Goodman, R. (1997). The Strengths and Difficulties Questionnaire: A Research Note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 38, 581 - 586.
- Gopnik, A., Kuhl, P. & Meltzoff, A. (2001). *Forschergeist in Windeln*. München: Piper.
- Gräber, W., Nentwig, P., Koballa, T. & Evans, R. (Hrsg.) (2002). *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen: Leske & Budrich.
- Grimm, H. & Schöler, H. (1991). *Der Heidelberger Sprachentwicklungstest H-S-E-T*. Göttingen: Hogrefe.
- Grimm, H. & Weinert, S. (2002). Sprachentwicklung. In R. Oerter, & L. Montada (Eds.), *Entwicklungspsychologie*. Ein Lehrbuch (5. vollständig überarbeitete ed., S. 517 - 559). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Grossman, P.L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers Collage Press.
- Grygier, P. (2008). *Wissenschaftsverständnis von Grundschulern im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Grygier, P., Günther, J. & Kircher, E. (2004). *Über Naturwissenschaften unterrichten – Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule*. Baltmannsweiler: Schneider.
- Günther, J. (2006). *Lehrerfortbildung über die Natur der Naturwissenschaften: Studien über das Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften*. Dissertation (Universität Würzburg): Logos Verlag.
- Günther, J., Grygier, P., Kircher, E., Sodian, B., & Thoermer, C. (2004). Studien zum Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.). *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. (S. 93-113.) Münster: Waxmann.
- Guvercin, O., Tekkaya, C., & Sungur, S. (2010). A Cross Age Study of Elementary Students' Motivation towards Science Learning. *Hacettepe University Journal of Education*, 39, 233 - 243.
- Haffner, J., Baro, K., Perzer, P. & Resch, F. (2005). *Heidelberger Rechentest: Erfassung mathematischer Basiskompetenz im Grundschulalter*, HRT 1 - 4. Deutsche Schultests. Göttingen: Hogrefe.

- Hammann, M. (2006). PISA und Scientific Literacy. In U. Steffens, R. Messner (Hrsg.), *PISA macht Schule: Konzeptionen und Praxisbeispiele zur neuen Aufgabekultur. Band 3 der Reihe: Folgerungen aus PISA für Schule und Unterricht*. Wiesbaden: Institut für Qualitätsentwicklung, 127-179.
- Hardy, I. & Koerber, S. (2012). Scaffolding learning by the use of visual representations. *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (S. 2926-2929). Springer.
- Hardy, I. & Stern, E. (2011). Visuelle Repräsentationen der Dichte: Auswirkungen auf die konzeptuelle Umstrukturierung bei Grundschulkindern. *Unterrichtswissenschaft*, 39(1), 35-48.
- Hardy, I., Jonen, A., Möller, K. & Stern, E. (2006). Effects of Instructional Support Within Constructivist Learning Environments for Elementary School Students' Understanding of „Floating and Sinking.“ *Journal of Educational Psychology*, 98(2), 307-326.
- Hardy, I., Kleickmann, T., Koerber, S., Mayer, D., Möller, K., Pollmeier, J., Schwippert, K. & Sodian, B. (2010). Die Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Grundschulalter. In E. Klieme, D. Leutner & M. Kenk (Hrsg.), *Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes*. 56. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik (S. 115–125). Weinheim: Beltz.
- Hardy, I., Kloetzer, B., Möller, K. & Sodian, B. (2010). The analysis of classroom discourse: Elementary school science curricula advancing reasoning with evidence. *Educational Assessment*, 15, 197-221.
- Hardy, I., Schneider, M., Jonen, A., Möller, K., & Stern, E. (2005). Fostering Diagrammatic Reasoning in Science Education. *Swiss Journal of Psychology*, 64(3), 207-217.
- Helmke, A. (2003). *Unterrichtsqualität*. Seelze: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.
- Henmann, K. (2012). *The Correlation Between Academic Achievements, Self-Esteem and Motivation of Female Seventh Grade Students: A Mixed Methods Approach*. Terre Haute, Indiana: Proquest, Umi Dissertation Publishing.
- Hill, H. C., Rowan, B., & Ball, D. (2005). Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal*, 42 (2), 371–406.
- Hopf, M. (2011). Sustained Shared Thinking in der frühpädagogischen Praxis des naturwissenschaftlich-technischen Lernens. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 4(1), 73-85.
- Inhelder, B. & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York: Basic Books.
- Ioannides, C. & Vosniadou, C. (2002). The changing meanings of force. *Cognitive Science Quarterly*, 2, 5-61.
- Jacobs, C. & Petermann, F. (2005). RZD 2 - 6. *Rechenfertigkeiten- und Zahlenverarbeitungs-Diagnostikum für die 2. bis 6. Klasse*. Göttingen: Hogrefe.
- Jerusalem, M. & Klein-Heßling, J. (2002). Soziale Kompetenz - Entwicklungstrends und Förderung in der Schule. *Zeitschrift für Psychologie*, 113, 164 - 175.
- Jerusalem, M. & Mittag, W. (1999). Selbstwirksamkeit, Bezugsnormorientierung, Leistung und Wohlbefinden in der Schule. In M. Jerusalem, & R. Pekrun (Hrsg.), *Emotion, Motivation und Leistung* (S. 223 - 245). Göttingen: Hogrefe.
- Jerusalem, M. & Satow, L. (1999). Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung. In R. Schwarzer, & M. Jerusalem (Hrsg.), *Skala zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen* (S. 15). Berlin: Freie Universität Berlin.

- Jonen, A. & Möller, K. (2005). *Die KiNT-Boxen- Kinder lernen Naturwissenschaft und Technik. Paket 1: Schwimmen und Sinken*. Essen: Spectra-Verlag.
- Kanning, U. P. (2001). Soziale Kompetenz. In G. Wenninger (Ed.), *Lexikon der Psychologie*, Bd 4 (S. 197). Heidelberg: Spektrum.
- Klahr, D. & Nigam, M. (2004). The Equivalence of Learning Paths in Early Science Instruction. Effects of Direct Instruction and Discovery Learning. *Psychological Science*, 15, 661-667.
- Klahr, D. (2000). *Exploring science*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kleckmann, T. (2008). *Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis*. Inaugural Dissertation: Universität Münster.
- Kleckmann, T., Hardy, I., Möller, K., Pollmeier, J. & Tröbst, S. (2010). Die Modellierung naturwissenschaftliche Kompetenz im Grundschulalter: Theoretische Konzeption und Testkonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 285-298.
- Kleckmann, T., Hardy, I., Pollmeier, J. & Möller, K. (2011). Zur Struktur naturwissenschaftlichen Wissens von Grundschulkindern: Eine personen- und variablenzentrierte Analyse. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 43(4), 200-212.
- Kloo, D. & Perner, J. (2008). Training Theory of Mind and Executive Control: A Tool for Improving School Achievement? *Mind, Brain, & Education*, 2, 122-127.
- Klusmann, U., Trautwein, U., Lüdtke, O., Kunter, M. & Baumert, J. (2009). Eingangsvoraussetzungen beim Studienbeginn: Werden die Lehramtskandidaten unterschätzt? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23 (3-4), 265-278.
- Kobarg, M., & Seidel, T. (2003). Prozessorientierte Lernbegleitung im Physikunterricht. In T. Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R. & Lehrke, M. (Hrsg.), *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“* (S. 151-200). Kiel: IPN.
- Koerber, S., Kropf, N., Osterhaus, C. & Sodian, B. (2012) Elementary school children's understanding of the nature of science. Manuscript submitted for publication.
- Koerber, S., Sodian, B., Kropf, N., Mayer, D. & Schwippert, K. (2011). Die Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens im Grundschulalter: Theorieverständnis, Experimentierstrategien, Dateninterpretation. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 43, 16-21.
- Koerber, S., Sodian, B., Thoermer, C. & Nett, U. (2005). Scientific reasoning in young children: Preschoolers' ability to evaluate covariation evidence. *Swiss Journal of Psychology*, 64, 141-152.
- Krajewski, K., Liehm, S. & Schneider, W. (2004). *Deutscher Mathematiktest für zweite Klassen (DEMAT 2+)*. Göttingen: Hogrefe.
- Kropf, N. (2010). *Entwicklung und Analyse von Messinstrumenten zur Erfassung des wissenschaftlichen Denkens im Grundschulalter*. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Kuhn, D. & Franklin, S. (2006). The second decade. What develops (and how). In D. Kuhn & R. S. Siegler (Vol. Eds.), *Handbook of child psychology: Vol. 2. Cognition, perception and language* (pp. 953-993). Hoboken, NJ: Wiley.
- Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Kuhn, D. (2002). What is scientific thinking and how does it develop? In U. Goswami (Eds.), *Handbook of childhood cognitive development* (S. 371-393). Oxford: Blackwell.
- Kuhn, D. (2005). *Education for thinking*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kuhn, D., Amsel, E. & O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. Orlando, FL: Academic Press.
- Kuhn, D., Garcia-Mila, M., Zohar, A., & Andersen, C. (1995). Strategies of knowledge acquisition. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 60 (245).
- Kullmann, H. (2009). *Lehrerkooperation an Gymnasien – Ausprägung und Wirkungen am Beispiel des naturwissenschaftlichen Unterrichts*. Reihe „Empirische Erziehungswissenschaft. Münster: Waxmann.
- Kultusministerkonferenz (2004). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss* (Jahrgangsstufe 10), München: Luchterhand.
- Kunter, M. & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.): *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften – Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 85–113). Münster: Waxmann.
- Kunter, M. (2005). *Multiple Ziele im Mathematikunterricht*. Münster: Waxmann.
- Kunter, M. (2011). Motivation als Teil der professionellen Kompetenz – Forschungsbefunde zum Enthusiasmus von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Eds.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften – Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 259 - 275). Münster: Waxmann.
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (Hrsg.) (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann
- Kunter, M., Tsai, Y.-M., Klusmann, U., Brunner, M., Krauss, S. & Baumert, J. (2008). Students' and mathematics teachers' perceptions of teacher enthusiasm and instruction. *Learning and Instruction*, 18, 468 - 482.
- Landwehr, B. (2002). *Distanzen von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik. Eine qualitativ-empirische Studie zu den Ursachen*. Berlin: Logos.
- Lawson, A. E. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15, 11–24. doi: 10.1002/tea.3660150103
- Lawson, A.E. (1978; 2000). *Classroom Test of Scientific Reasoning*.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331–359.
- Lenhard, W. & Schneider, W. (2006). ELFE 1-6. Ein Leseverständnistest für Erst- bis Sechstklässler. Göttingen: Hogrefe.
- Liang, L. L., Chen, S., Chen, X., Kaya, O. N., Adams, A. D., Macklin, M. & Ebenezzer, J. (2006). *Student Understanding of Science and Scientific Inquiry (SUSSI): Revision and Further Validation of an Assessment Instrument*. Paper Prepared for the 2006 Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST). San Francisco.
- Linn, M. (2006). The knowledge integration perspective on learning and instruction. In K. Sawyer (Ed.). *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. (pp. 243-264). Cambridge: Cambridge University Press.

- Lipowsky, F. (2009). Unterrichtsentwicklung durch Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen für Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 27 (3), 346-360.
- Lunn, S. (2002). "What we think we can safely say" Primary teachers' views of the nature of science. *British Educational Research Journal*, 28, 649-672.
- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (Vol. 6, S. 95-132). Dordrecht: Kluwer.
- Martinelli, S., Bartholomeu, D., Caliatto, S. & Sassi, A. G. (2009). Children's Self-Efficacy Scale: Initial Psychometric Studies. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 27 (2), 145 - 156.
- Mavrikaki, E., & Athanasiou, K. (2011). Development and Application of an Instrument to Measure Greek Primary Education Teachers' Biology Teaching Self-Efficacy Beliefs. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 7 (3), 203 - 213.
- Mayer, D. (2012). *Die Modellierung des wissenschaftlichen Denkens im Grundschulalter: Zusammenhänge zu kognitiven Fähigkeiten und motivationalen Orientierungen. Dissertation.* Fakultät für Psychologie und Pädagogik: LMU München.
- McComas, W.F., McClough, M. & Almaroza, H. (1998). The role and character of the nature of science. In W.F. McComas (Ed.): *The Nature of Science in Science Education* (S. 3-39). Dordrecht: Kluwer.
- Möller, K. (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule – Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? In H. Merkens (Ed.), *Lehrerbildung: IGLU und die Folgen* (S. 65-84). Opladen: Leske + Budrich (= Schriften der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft).
- Möller, K., Hardy, I. & Lange, K. (2012). Moving beyond Standards: How Can We Improve Elementary Science Learning? A German Perspective. In S. Bernholt, K. Neumann, & P. Nentwig (Eds.), *Making It Tangible – Learning Outcomes in Science Education* (S. 33-58). Münster: Waxmann.
- Möller, K., Jonen, A., Hardy, I., Stern, E. (2002). Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45. Beiheft, 176-191.
- Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext*. Berlin: Cornelsen.
- Norris, S.P. & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87, 224-240.
- Ohle, A. (2010). *Primary School Teachers' Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching and Students' Achievement*. Berlin: Logos
- Ohle, A., Fischer, H. & Kauertz, A. (2011). Der Einfluss des physikalischen Fachwissens von Primarstufenlehrkräften auf Unterrichtsgestaltung und Schülerleistung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 357- 389.
- Ohle, A., Fischer, Hans, E. & Kauertz, A. (2011). Der Einfluss des physikalischen Fachwissens von Primarstufenlehrkräften auf Unterrichtsgestaltung und Schülerleistung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 357- 389.
- Oser, F., Achtenhagen, F., & Reynold, U. (Eds.). (2006). *Teacher's Professional Development*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38, 261-284.

- Pauen, S. (2013). Wissenschaftliches Denken und Umgehen mit Naturphänomenen. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Band 5, Kapitel 2.2, Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG.
- Pea, R. D. (2004). The social and technological dimensions of “scaffolding” and related theoretical concepts for learning, education and human activity. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 423-451.
- Pillow, B.H. (1991). Children’s understanding of biased social cognition. *Developmental Psychology*, 27, 539-551.
- Pintrich, P. R. (2003). A motivational science perspective on the role of student motivation in learning and teaching contexts. *Journal of Educational Psychology*, 95, 667 - 686.
- Pollmeier, J., Hardy, I., Koerber, S. & Möller, K. (2011). Lassen sich naturwissenschaftliche Lernstände im Grundschulalter mit schriftlichen Aufgaben valide erfassen? *Zeitschrift für Pädagogik*, 57. Beiheft, 834-853.
- Pomeroy, D. (1993). Implications of teachers’ beliefs about the nature of science. Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers and elementary teachers. *Science Education*, 77, 261-278.
- Prenzel, M., Lankes, E.-M. & Minsal, B. (2000). Interessensentwicklung in Kindergarten und Grundschule: Die ersten Jahre. In U. Schiefele, & K.-P. Wild (Hrsg.), *Interesse und Lernmotivation. Untersuchungen zu Entwicklung, Förderung und Wirkung* (S. 11 - 30). Münster: Waxmann.
- Qualifications and Curriculum Authority (QCA) (2000). *Department for education and employment (DfEE). Science: The National Curriculum for England: Key Stages 1-4*.
- Rakoczy, K. & Pauli, C. (2006). Hoch inferentes Rating: Beurteilung der Qualität unterrichtlicher Prozesse. In I. Hugener, C. Pauli & K. Reusser (Hrsg.), *Videoanalysen* (= Teil 3 der Dokumentation Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie „Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis“, E. Klieme, C. Pauli & K. Reusser (Hrsg.), Frankfurt am Main: GfPF/DIPF, 206-233.
- Reiser, B. J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 273-304.
- Reiss, K., Barchfeld, P., Lindmeier, A. M., Sodian, B. & Ufer, S. (2011). Interpreting scientific evidence: primary students’ understanding of base rates, sampling procedures, and contingency tables. In B. Ubuz (Ed.), *Proceedings of the 35th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, pp. 33-40). Ankara (Turkey): PME.
- Richter, D., Kunter, M., Klusmann, U., Lüdtke, O., & Baumert, J. (2011). Professional development across the teaching career: Teachers’ uptake of formal and informal learning opportunities. *Teaching and Teacher Education*, 27(1), 116-126.
- Roßbach, H.-G., Sechtig, J. & Freund, U. (2010). *Empirische Evaluation des Modellversuchs „Kindergarten der Zukunft in Bayern - KiDZ“*. Ergebnisse der Kindergartenphase. Bamberg: University of Bamberg Press.
- Ryan, R. & Deci, E. (2000). When rewards compete with nature: The undermining of intrinsic motivation and self-regulation. In C. Sansone, & J. Harackiewicz (Eds.), *Intrinsic and extrinsic motivation: The search for optimal motivation and performance* (13 - 54). New York: Academic Press.

- Sammons, P., Hillman, J., & Mortimor, P. (1995, March). Key characteristics of effective schools: a review of school effectiveness research. *Paper presented at an internal seminar for Ofsted. London: Institute of Education.*
- Schauble, L. (1990). Belief revision in children: The role of prior knowledge and strategies for generating evidence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 49, 31-57. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/002209659090048D> - item1
- Schmich, J. & Burchert, A. (2010). Kooperation von Lehrerinnen und Lehrern: Nur im Ausnahmefall? In Schmich, J.; Schreiner, C. (Hrsg.), BIFIE-Report 4/2010 TALIS 2008: *Schule als Lernumfeld und Arbeitsplatz. Vertiefende Analysen aus österreichischer Perspektive*, (S. 63-78). Graz: Leykam.
- Schmitz, G. & Schwarzer, R. (2000). Selbstwirksamkeitserwartung von Lehrern: Längsschnittbefunde mit einem neuen Instrument. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 14 (1), 12 - 25.
- Schneider, M. & Hardy, I. (in press). Profiles of inconsistent knowledge in children's pathways of conceptual change. *Developmental Psychology*. doi: 10.1037/a0030976
- Schneider, M. & Stern, E. (2009). The inverse relation of addition and subtraction: A knowledge integration perspective. *Mathematical Thinking and Learning*, 11(1), 92-101.
- Schneider, M., Vamvakoussi, X., & van Dooren, W. (in press). Conceptual change. In N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the sciences of learning*. New York: Springer.
- Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?! *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 8 (3), 92-101.
- Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (1995). Generalized Self-Efficacy scale. In J. Weinman, S. Wright, & M. Johnston (Hrsg.), *Measures in health psychology: A user's portfolio. Causal and control beliefs* (S. 35 - 37). Windsor, UK: NFER-NELSON.
- Shaklee, H. & Mims, M. (1981). Development of Rule Use in Judgments of Covariation between Events. *Child Development*, 52, 317-325.
- Shores, M. & Shannon, D. (2007). The Effects of Self-Regulation, Motivation, Anxiety, and Attributions on Mathematics Achievement for Fifth and Sixth Grade Students. *School Science and Mathematics*, 107 (6), 225.
- Shtulman, A. (2009). Rethinking the role of resubsumption in conceptual change. *Educational Psychologist*, 44, 41-47.
- Shulman, L. S. (1987). "Knowledge and teaching: Foundations of the new reform." *Harvard Educational Review*, 1-22.
- Siraj-Blatchford, I., Sylva, K., Taggart, B., Sammons, P., Melhuish, E. & Elliot, K. (2003). *Intensive Case Studies of Practice across the Foundation Stage*. London: Institute of Education.
- Smith, C. (2007). Bootstrapping processes in the development of students' commonsense matter theories: Using analogical mappings, thought experiments, and learning to measure to promote conceptual restructuring. *Cognition and Instruction*, 25(4), 337-398.
- Smith, C. L., Maclin, D., Houghton, C. & Hennessey, M. G. (2000). Sixth-grade students' epistemologies of science: The impact of school science experiences on epistemological development. *Cognition and Instruction*, 18, 349-422.
- Sodian, B. & Thoermer, C. (2006). Theory of Mind. In W. Schneider & B. Sodian (Hrsg.) *Enzyklopädie der Psychologie. Serie Entwicklungspsychologie. Band 2: Kognitive Entwicklung*. (S. 495-608). Göttingen: Hogrefe.

- Sodian, B. (2008). Entwicklung des Denkens. In R. Oerter & L. Montada (Hrsg.): *Entwicklungspsychologie*. 6. Auflage. Weinheim: Beltz.
- Sodian, B., Carey, S., Grosslight, L. & Smith, C. (1992). *Junior high school students' understanding of the nature of scientific knowledge. The notion of interpretive frameworks*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- Sodian, B., Jonen, A., Thoermer, C. & Kircher, E. (2006). Die Natur der Naturwissenschaften verstehen. Implementierung wissenschaftstheoretischen Unterrichts in der Grundschule. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Eds.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 147–160). Münster: Waxmann.
- Sodian, B., Thoermer, C., Kircher, E., Grygier, P. & Günther, J. (2002). Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule, *Zeitschrift für Pädagogik*, 45. Beiheft, 192-206.
- Sodian, B., Zaitchik, D. & Carey, S. (1991). Young children's differentiation of hypothetical beliefs from evidence. *Child Development*, 62, 753–766.
- Spieß, E. (2004). Kooperation und Konflikt. In H. Schuler (Ed.), *Enzyklopädie der Psychologie/ Organisationspsychologie. Band 4: Organisationspsychologie – Gruppe und Organisation* (S. 193 - 250). Göttingen: Hogrefe.
- Staub, F., & Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains: quasi-experimental evidence from elementary mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 93, 222 - 242.
- Steffensky, M., Nölke, C. & Lankes, E.-M. (2011). "Mit Wasser kann man baden und es aus der Gießkanne ausschütten" Begriffe, Erfahrungen und Vorstellungen von Kindergartenkindern zum Thema Wasser. *MNU-Primar* 3/11, 111-115.
- Steinert, B., Klieme, E., Maag merki, K., Döbrich, P., & Halbheer, U. K. (2006). Lehrerkoooperation in der Schule. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52, 185 - 203.
- Steinert, J. (2011). *Allgemeiner Deutscher Sprachtest* (2. aktualisierte und verbesserte ed.). Göttingen: Hogrefe.
- Stipek, D. J., Givvin, K. B., Salmon, J. M., & MacGyvers, V. L. (2001). Teacher's beliefs and practices related to mathematics instruction. *Teaching and Teacher Education*, 17, 213–226.
- Teddle, C., & Reynolds, D. (2000). *The international handbook of school effectiveness research*. London: Falmer Press.
- Thiel, O. (2010, März). Teacher's attitudes towards mathematics in early childhood education. *Early Childhood Education Research Journal*, 18 (1), 117 - 127.
- Tracey, T.J.G. & Ward, C.C. (1998). The structure of children's interests and competence perceptions. *Journal of Counseling Psychology*, 45, 290-303.
- Treagust, D. & Duit, R. (Hrsg) (1998). Section 2: Learning. In B. Fraser, K. Tobin: *International Handbook of Science Education*. Dordrecht, Niederlande: Kluwer.
- Troebst, S., Hardy, I. & Möller, K. (2011). Die Förderung deduktiver Schlussfolgerungen bei Grundschulkindern in naturwissenschaftlichen Kontexten. *Unterrichtswissenschaft*, 39(1), 7-20.
- Tschannen-Moran, M. & Woolfolk Hoy, A. (2001). Teacher efficacy: Capturing an elusive construct. *Teaching and Teacher Education*, 17, 783 - 805.
- Tytler, R & Prain, V. (2010). A framework for re-thinking learning in science from recent cognitive science perspectives. *International Journal of Science Education*, 32 (15), 2055-2078.

- Tytler, R. (2000) A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal of Science Education*, 22 (5), 447 – 467.
- Vosniadou, S. & Brewer, W.F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 94, 535-585.
- Vosniadou, S., Vamvakoussi, X. & Skopeliti, I. (2008). The framework theory approach to the problem of conceptual change. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change*. New York, NY: Routledge.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (S. 177-210). New York: Macmillan.
- Weinert, F. E. (1999). *Konzepte der Kompetenz*. Paris: OECD.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.): *Leistungsmessungen in Schulen*. Weinheim/Basel: Beltz Verlag.
- Weinert, S., Doil, H. & Frevert, S. (2008). Kompetenzmessungen im Vorschulalter: eine Analyse vorliegender Verfahren. In H.-G. Rossbach, & S. Weinert (Eds.), *Kindliche Kompetenzen im Elementarbereich: Förderbarkeit, Bedeutung, Messung* (S. 89 - 209). Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Weiß, R.H. (2006). Grundintelligenztest Skala 2 – Revision – (CFT 20-R): Göttingen: Hogrefe.
- Wellman, H. M. & Gelman, S. A. (1998). Knowledge acquisition in foundational domains. In W. Damon (Series Ed.) & D. Kuhn & R. Siegler (Vol. Eds.), *Handbook of child psychology: Vol. 2. Cognition, perception, and language* (5th ed., S. 523-573). New York: Wiley.
- Wilkening, F., Huber, S. & Cacchione, T. (2006). Intuitive Physik im Kindesalter. In W. Schneider & B. Sodian (Hrsg.): *Kognitive Entwicklung*. Göttingen: Hogrefe.
- Wiser, M. & Smith, C. L. (2008). Teaching about matter in grades K-8: When should the atomic-molecular theory be introduced? In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Zimmerman, C. (2007). *The development of scientific thinking skills in elementary and middle school*. *Developmental Review*, 27, 172-223.

C Prozessbezogene Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht – J. Ramseger

- AAAS/NSBA (2008). Science, Mathematics, and Technology. Education Seminar Report. Washington: AAAS. Online publication. URL: http://www.aaas.org/spp/dser/events/archives/lectures/2007/20070623_stem/20070623_stem.shtml
- Anders, Y., Hardy, I., Pauen, S. & Steffensky, M. (2013a). Zieldimensionen früher naturwissenschaftlicher Bildung und ihre Messung im Kita-Alter“. In Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (Hrsg.): *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Band 5, Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG.

- Anders, Y., Hardy, I., Sodian, B. & Steffensky, M. (2013b). Zieldimensionen früher naturwissenschaftlicher Bildung und ihre Messung im Grundschulalter“. In Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (Hrsg.): *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Band 5, Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG.
- Ansari, S. (2009). *Schule des Staunens. Lernen und Forschen mit Kindern*. Heidelberg: Spektrum Verlag.
- Ansari, S. (2012). Bemerkungen zu den Konzepten der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“. Prozesse des Lehrens und Lernens aus der Sicht der kognitiven Wissenschaften, In Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (Hrsg.): *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Band 4 (S. 109-161), Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG.
- Beinbrech, C. (2010). Argumentieren in Gesprächen lehren und lernen. In Labudde, Peter (Hg.): *Fachdidaktik Naturwissenschaft*. 1. bis 9. Schuljahr (S. 227-242). Bern: Haupt Verlag.
- Beinbrech, C., Kleickmann, T., Tröbst, S. & Möller, K. (2009). Wissenschaftliches Begründen durch Schülerinnen und Schüler und die Rolle der Lehrkraft. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 2(2), 139-155.
- Benner, D. (2008): Jenseits des Duals von Input und Output. Über vergessene und neue Zusammenhänge zwischen Erfahrung, Lernen und Lehren. *Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Pädagogik*, (84) 4, 414-435.
- Benner, D. (2012): Bildung und Kompetenz. *Studien zur Bildungstheorie, systematischen Didaktik und Bildungsforschung*. Paderborn: Schöningh
- Bullock, M. & Ziegler, A. (1999). Scientific reasoning: Developmental and individual differences. In F. E. Weinert & W. Schneider (Eds.), *Individual development from 3 to 12. Findings from the Munich Longitudinal Study* (S. 38-60). Cambridge: Cambridge University Press.
- Bybee, R. W. (1997). Towards an understanding of scientific literacy. In Gräber, W., Bolte C., *Scientific literacy – an international symposium* (S. 37-68). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Bybee, R., McCrae, B. & Laurie, R. (2009). PISA 2006: An Assessment of Scientific Literacy. *Journal of research in Science Teaching*, 46(8), 865–883.
- Dewey, J. (19643). Demokratie und Erziehung. *Eine Einleitung in die philosophische Erziehung*. Braunschweig: Westermann. (Original 1909)
- Doll, J., & Prenzel, M. (2004). Das DFG-Schwerpunktprogramm “Bildungsqualität von Schule (BIQUA)“: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen. In dies. (Hrsg.): *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalität, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 9-23). Weinheim; Basel: Waxmann.
- Duit, R., Häußler, P. & Prenzel, M. (2001). Schulleistung im Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung. In Weinert, F. E., *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 169-186). Weinheim: Beltz.
- Einsiedler, W. (1992): Kategoriale Bildung im Sachunterricht der Grundschule. *Pädagogische Welt*, 46, 482-486.
- Einsiedler, W. (2005): Lehr-Lernkonzepte für die Grundschule. In Einsiedler, W., Götz, M., Hacker, H., Kahlert, J., Keck, R. & Sandfuchs, U. (Hrsg.): *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik* (S. 373-385). Bad Heilbrunn: Klinkhardt Verlag.

- Einsiedler, W. (2009). Neuere Ergebnisse der entwicklungs- und der kognitionspsychologischen Forschung als Grundlage der Didaktik des Sachunterrichts. – *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 2 (1), 61-76.
- Ewerhardy, A., Kleickmann, T. & Möller, K. (2009). Zusammenhänge zwischen Verständnisorientierung von naturwissenschaftsbezogenem Sachunterricht und Fortschritten im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bei Grundschulern. In Höttecke, D. (Hrsg.): *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung*. In Schwäbisch Gmünd 2008. Münster: Lit Verl., 398-400.
- Fischer, H. E., Klemm, K., Leutner, D., Sumfleth, E., Tiemann, R. & Wirth, J. (2003). Naturwissenschaftsdidaktische Lehr-Lernforschung: Defizite und Desiderata. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, (S. 179-209). URL: ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/zfdn/2003/12.Fischer_etal_179-208.pdf
- Furtak, E. M., Hardy, I., Beinbrech, C., Shavelson, R. J. & Shemwell, J. T. (2010). A Framework for Analyzing Evidence-Based Reasoning in Science Classroom Discourse, *Educational Assessment*, 15(3-4), 175-196.
- Gräber, W., Nentwig, P., Koballa, Th., Evans, R. H. (Hrsg.) (2002). *Scientific literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen: Leske u. Budrich.
- Hackling, M. & Prain, V. (2008). Impact of Primary Connections on students. *Primary Connections, Stage 3, Interim research and evaluation report 15*, Australian Academy of Science website. URL: <http://science.org.au/primaryconnections/research-and-evaluation/irr.html>.
- Hardy, I., Jonen, A. & Möller, K. (2004). Die Integration von Repräsentationsformen in den Sachunterricht der Grundschule. In Doll, Jörg (Hrsg.): *Bildungsqualität von Schule* (S. 267-283). Münster: Waxmann.
- Hardy, I., Jonen, A., Möller, K. & Stern, E. (2006). Effects of instructional support within constructivist learning environments for elementary school students' understanding of „floating and sinking“. *The Journal of Educational Psychology*, 98 (2), 307-326.
- Hardy, I. & Stern, E. (2011). Visuelle Repräsentationen der Dichte: Auswirkungen auf die konzeptuelle Umstrukturierung bei Grundschulkindern. *Unterrichtswissenschaft*, 39(1), 35-48.
- Hellmich, F. & Höntges, J. (2010). Wissenschaftliches Denken in der Grundschule. In Köster, H., Hellmich, F., & Nordmeier, V. (Hg. 2010), *Handbuch Experimentieren* (S. 69 - 81). Hohengehren: Schneider.
- Hertz, H. (1894). *Prinzipien der Mechanik*. Gesammelte Werke Bd. 3, Leipzig: Barth.
- Holzkamp, K. (1996). Wider den Lehr-Lern-Kurzschluss. Interview zum Thema „Lernen“. In Rolf, A, (Hrsg.): *Lebendiges Lernen* (S. 29-38). Hohengehren: Schneider.
- Hubber, P., Tytler, R., & Haslam, F. (2010). Teaching and learning about force with a representational focus: Pedagogy and teacher change. *Research in Science Education*, 40(1), 5-28.
- Internationale Akademie für innovative Pädagogik, Psychologie und Ökonomie an der Freien Universität Berlin (Hrsg., 2011): prima(r)forscher. *Naturwissenschaftliches Lernen im Grundschulnetzwerk. Abschlussbericht der wissenschaftlichen Begleitung*. Berlin: Deutsche Kinder- und Jugendstiftung / Bonn: Deutsche Telekom Stiftung, online-Publikation: <http://tinyurl.com/primarforscherbericht>

- Jonen, A., Möller, K. & Hardy, I. (2003). Lernen als Veränderung von Konzepten - am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In Cech, D. & Schwier, H.-J. (Hrsg.) *Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht* (S. 93-108). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Lange, K., Kleickmann, T., Tröbst, S. & Möller, K. (2012). Fachdidaktisches Wissen von Lehrkräften und multiple Ziele im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15 (1), URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s11618-012-0258-z>
- Lauterbach, R., Hartinger, A., Feige, B. & Cech, D. (Hrsg.) (2007). *Kompetenzerwerb im Sachunterricht fördern und erfassen*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Lohrmann, K. & Hartinger, A. (2012). Kindliche Präkonzepte im Sachunterricht. Empirische Forschung und praktischer Nutzen. *Die Grundschulzeitschrift*, 26(252/253), 16-21.
- Lohrmann, K., Götz, T., & Haag, L. (2010). Zusammenhänge von fachspezifischen Leistungen und Fähigkeitsselbstkonzepten im Grundschulalter. In Schwarz, Nenninger & Jäger (Hrsg.), *Erziehungswissenschaftliche Forschung – nachhaltige Bildung : Beiträge zur 5. DGfE-Sektionstagung „Empirische Bildungsforschung“ AEPF-KBBB im Frühjahr 2009* (S. 296-303), Landau: Verlag Empirische Pädagogik e.V..
- Marquardt-Mau, B. (2011). Der Forschungskreislauf: Was bedeutet Forschen im Sachunterricht? In Deutsche Telekom Stiftung (DTS) und Deutsche Kinder- und Jugendstiftung (DKJS) (Hrsg.) (2011): *Wie gute naturwissenschaftliche Bildung an Grundschulen gelingt. Ergebnisse und Erfahrungen aus prima(r) forscher* (S. 32-37). Bonn, Berlin: Deutsche Telekom Stiftung und Deutsche Kinder- und Jugendstiftung.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In Krüger, D. & Vogt, H. *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 177-186), Berlin, Heidelberg, New York: Springer (auch online verfügbar).
- Misgeld, W., Ohly, K.P., Rühaak, H., & Wiemann, H. (Hrsg.) (1994). *Historisch-genetisches Lernen in den Naturwissenschaften*. Weinheim: Deutscher Studien-Verl.
- Möller, K. (2004). Verstehen durch Handeln beim Lernen naturwissenschaftlicher und technikbezogener Sachverhalte. In Köhnlein, W. (Hg.): *Verstehen und begründetes Handeln* (S. 147-165). Bad Heilbrunn: Klinkhardt Verlag.
- Möller, K., Jonen, A., Hardy, I. & Stern, E. (2002). Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In Prenzel, M. & Döll, L. (Hrsg.). *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen* (S. 176-191). Weinheim: Beltz. *Zeitschrift für Pädagogik*. 45.
- Möller, K., Hardy, I., & Jonen, A. (2006). Naturwissenschaften in der Primarstufe. Zur Förderung konzeptuellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In Prenzel, M. (Hrsg.); Allolio-Näcke, L. (Hrsg.): *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule* (S. 161-193). Münster, Westfalen u.a.: Waxmann.
- Morrison, J. A. & Lederman, N. G. (2003). Science teachers' diagnosis and understanding of students' preconceptions. *Science education*, 87(6), 849-867
- Prenzel, M., Rost, J., Senkbeil, M., Häußler, P. & Klopp, A. (2001): Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse. In Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg., 2001): *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich* (S. 192-250). Opladen: Leske & Budrich.

- Ramseger, J. (1991). *Was heißt „durch Unterricht erziehen“? Erziehender Unterricht und Schulreform*. Weinheim: Beltz.
- Ramseger, J. (2010). Experimente, Experimente! Was lernen Kinder im naturwissenschaftlichen Unterricht? In Köster, H. Hellmich, F. & Nordmeier, V. (Hrsg.): *Handbuch Experimentieren* (S. 83-90). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Ramseger, J. (2011). Die Fragen der Kinder, die Impulse der Lehrer und die Rätsel der Sachen: Was kann naturwissenschaftlicher Unterricht in der Grundschule leisten? In Deutsche Telekom Stiftung / Deutsche Kinder- und Jugendstiftung (Hrsg.): *Wie gute naturwissenschaftliche Bildung an Grundschulen gelingt. Ergebnisse und Erfahrungen aus prima(r)forscher* (S. 14-19). Berlin und Bonn.
- Rechter, Y. (2011). *Bedeutung individueller Lernförderung als Unterstützung schulischen Lernens. Einfluss auf die Selbstwirksamkeitserwartung, die Einschätzung der Lernfreude und die fachliche Leistung von Schülerinnen und Schülern in der Grundschule*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Rieß, F. (1998). Naturwissenschaft, Geschichte und Gesellschaft. In *Zur Didaktik der Physik und Chemie*, Tagung 1997, 155-157.
- Schwarz, B., Nenniger, P. & Jäger, R.S. (Hrsg.) (2010). Erziehungswissenschaftliche Forschung - nachhaltige Bildung. Beiträge zur 5. DGE-Sektionstagung „Empirische Bildungsforschung“ - AEPF-KBBB im Frühjahr 2009. Landau: Verl. Empirische Päd. - Erziehungswissenschaft.
- Sodian, B. (2002). Entwicklung begrifflichen Wissens. In Oerter, R. & Montada, L. (Hrsg.): *Entwicklungspsychologie*. Weinheim: Beltz.
- Stern, E. & Möller, K. (2004). Der Erwerb anschlussfähigen Wissens als Ziel des Grundschulunterrichts. In Lenzen, D. & Baumert, J. (Hrsg.): *PISA und die Konsequenzen für die erziehungswissenschaftliche Forschung* (S. 25-36). Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwissenschaften.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G. & Mamiala, T.L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368.
- Tröbst, S., Hardy, I. & Möller, K. (2011). Die Förderung deduktiver Schlussfolgerungen bei Grundschulkindern in naturwissenschaftlichen Kontexten. *Unterrichtswissenschaft*, 39(1), 7-20.
- Tyson, L. M., Venville, G. J., Harrison, A.G. & Treagust, D.F. (1997). A Multi-dimensional Framework for Interpreting Conceptual Change Events in the Classroom. *Science Education*, 81(4), 387-404.
- Tytler, R. (2011): Characterising reasoning in science classrooms. Paper presented at the conference on “Contemporary Approaches to Research in Mathematics, Science, Health and Environmental Education”, Melbourne: Deakin University, Nov. 24.-25, 2011. Online-Dokument: <http://www.deakin.edu.au/arts-ed/efi/conferences/math-symposium2011/papers.php>
- Tytler, R. & Peterson, S. (2004). From “Try it and See” to strategic exploration: Characterizing young children's scientific reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(1), 94–118.
- Tytler, R., Hubber, P. & Chittleborough, G. (2012). *Cross Cultural Comparisons of reasoning in Elementary School Science*. EQUALPRIME working paper, Vancouver: AARE.
- Wagenschein, M. (2010). *Verstehen lehren. Genetisch – sokratisch – exemplarisch*. Weinheim: Beltz. (Erste Auflage 1968).

- Widodo, A. & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, (10), 233-255, URL: ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/zfdn/2004/12.Widodo_Duit_233-255.pdf
- Wimmer, G. (2011). Macht Wille warm? Unterrichtsbeispiel aus der Jenaplan-schule Lübbenau mit Materialien auf CD-ROM. In Deutsche Telekom Stiftung / Deutsche Kinder- und Jugendstiftung (Hg.): *Wie gute naturwissenschaftliche Bildung an Grundschulen gelingt. Ergebnisse und Erfahrungen aus prima(r)forscher*. Berlin und Bonn.

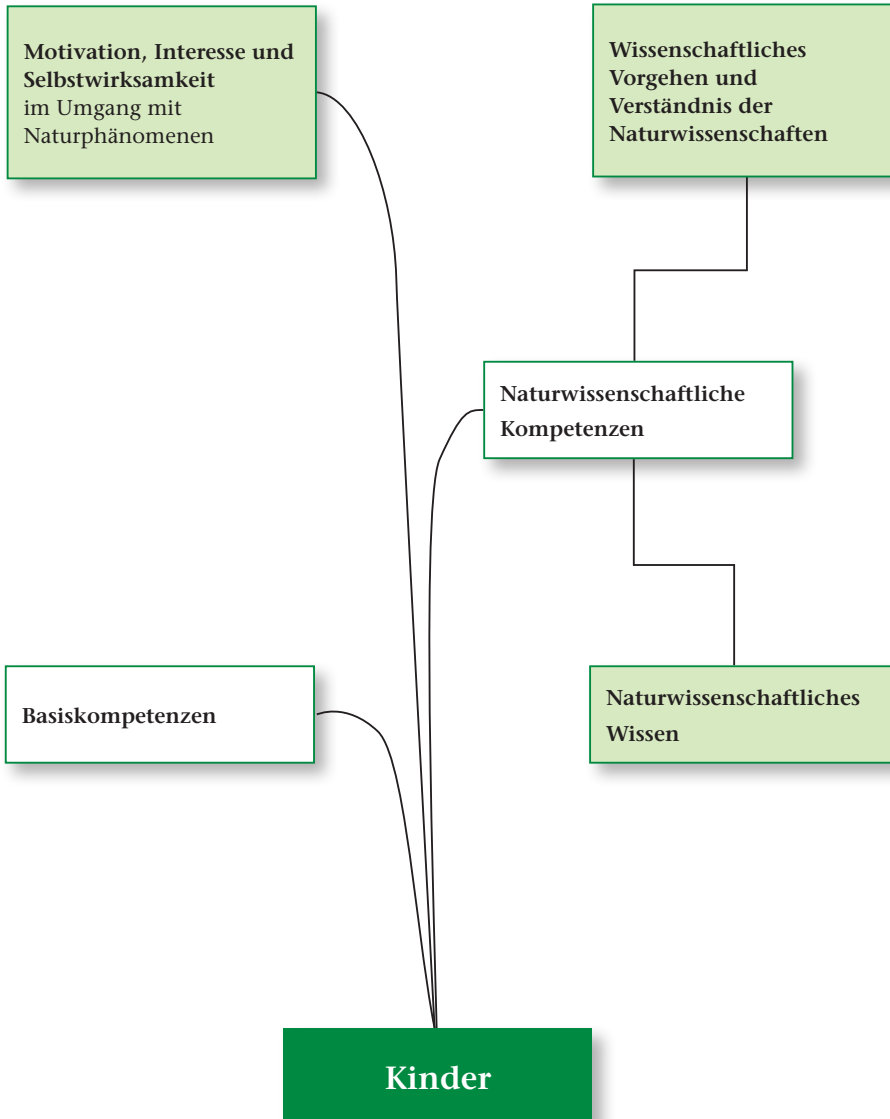
Fazit und Ausblick – Wie die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ mit diesen Erkenntnissen umgeht

- Aktionsrat Bildung [Hans-Peter Blossfeld, Wilfried Bos, Hans-Dieter Daniel, Bettina Hannover, Dieter Lenzen, Manfred Prenzel, Hans-Günther Roßbach, Rudolf Tippelt, Ludger Woßmann] (2012) (Hrsg.), *Professionalisierung in der Frühpädagogik: Qualifikationsniveau und -bedingungen des Personals in Kindertagesstätten*; Gutachten / Vbw - Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V., Münster: Waxmann Verlag GmbH.
- Kiefer, M., Schuch, S., Schenck, W., & Fiedler, K. (2007). Emotional mood states modulate brain activity during episodic memory encoding. *Cerebral Cortex*, 17, 1516-1530.
- Lau, M., Firtz, M., & Hille, K. (2012). Abschlussbericht – Trainerinnen und Trainer im „Haus der kleinen Forscher“. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Band 3, (S. 13-82), Köln: Bildungsverlag EINS.
- Lehmann, J. (2009). Die Weiterentwicklung der Konzeptionen von Kindertageseinrichtungen im Rahmen der Umsetzung des Bayerischen Bildungs- und Erziehungsplans. Univ. Diss., Universität Passau.
- OECD (2012). *Innovative teaching for effective learning*. Paris: OECD Publishing.
- Rutter, M. (2000). Resilience reconsidered: Conceptual considerations, empirical findings, and policy implications. In Shonkoff, J. P., Meisels, S. J. (Hrsg.): *Handbook of early childhood intervention* (S. 651-682). Cambridge: Cambridge University Press.
- Spindler, A. & Berwanger, D. (2011). Expertise: Pädagogischer Ansatz und Multiplikatorenmodell der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Band 1, (S. 18-62), Köln: Bildungsverlag EINS.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2010). *Evaluationsbericht 2010*, Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Pdf verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2011a). *Evaluationsbericht 2011*, Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Pdf verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2011b), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Band 2, Köln: Bildungsverlag EINS, PDF verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.) (2012a), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Band 4, Köln: Bildungsverlag EINS, PDF verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de.

- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2012b). *Klänge und Geräusche – Akustische Phänomene mit Kita- und Grundschulkindern entdecken*, Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher, PDF verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2012c). *Evaluationsbericht 2012*, Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher, PDF verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2012d). *Licht, Farben, Sehen – Eine Ideen-sammlung für die Projektarbeit in der Kita*, Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher, PDF verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2013a). *Pädagogischer Ansatz der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ – Ideen für die Lernbegleitung von Kita- und Grundschulkindern in Naturwissenschaft, Mathematik und Technik* (4. Auflage), Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher, PDF verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2013b). *Sprudelgas und andere Stoffe – mit Kita- und Grundschulkindern Chemie entdecken und dabei die sprachliche Entwicklung unterstützen*, Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (in Vorbereitung). *Monitoring-Bericht 2013*, Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Erscheint im Herbst 2013.
- Werner, E. E. (2012). Protective factors and individual resilience. In Shonkoff, J. P., Meisels, S. J. (Hrsg.): *Handbook of early childhood intervention* (S. 115-132). Cambridge: Cambridge University Press.

Anhang I

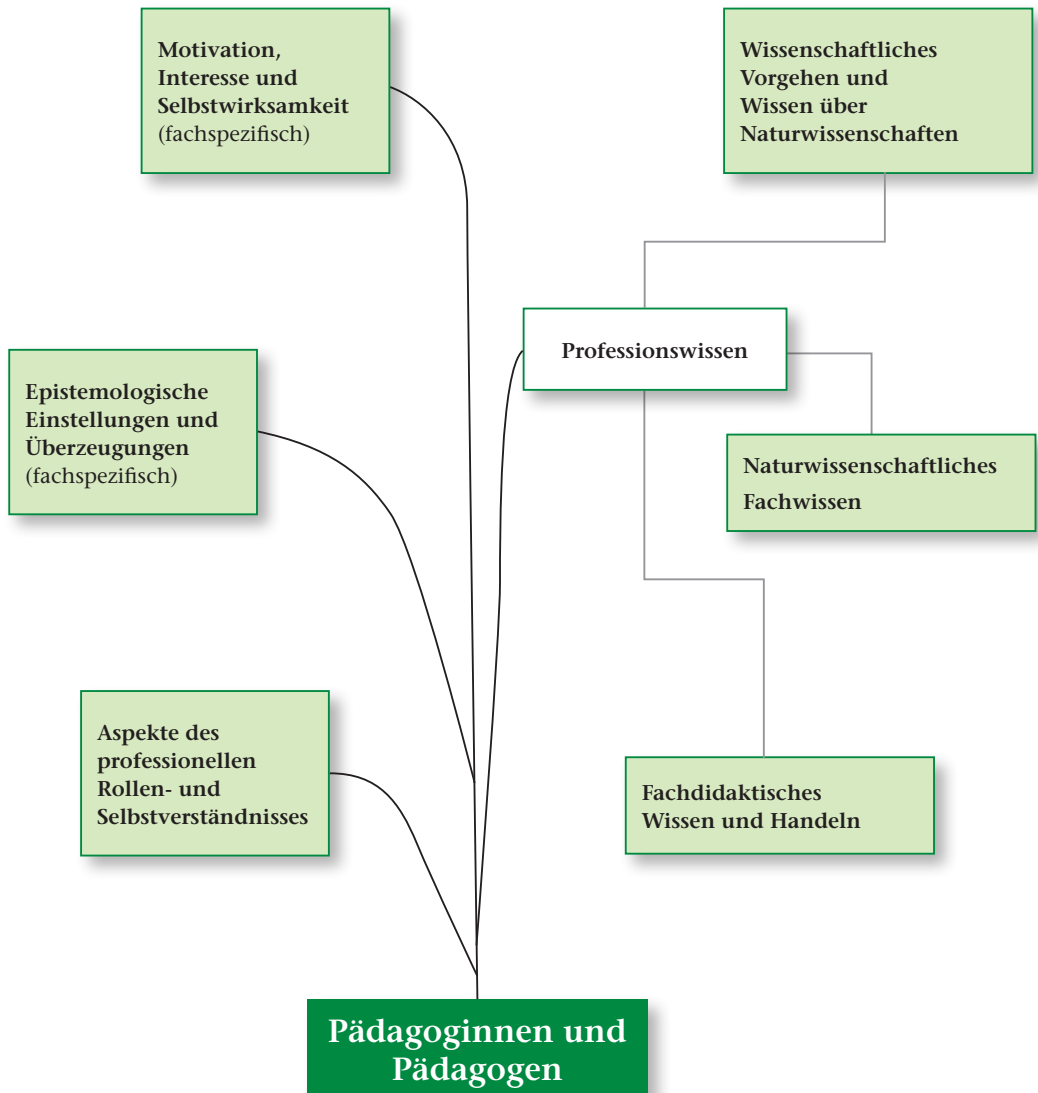
Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung für Kinder von 3 bis 10 Jahren



Quelle: Stiftung Haus der kleinen Forscher; nach Anders, Hardy, Pauen, Sodan & Steffensky, 2013, In: Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Band 5.

Anhang II

Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung für Pädagoginnen und Pädagogen von drei- bis zehnjährigen Kindern



Quelle: Stiftung Haus der kleinen Forscher; nach Anders, Hardy, Pauen, Sodian & Steffensky, 2013, In: Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Band 5.

Bildquellenverzeichnis

Titelfoto: © SteffenWeigelt/Stiftung Haus der kleinen Forscher; S. 16, S. 75, S. 79, S. 107, S. 111, S. 115, S. 137, S. 142, S. 172: © Frank Bentert/Stiftung Haus der kleinen Forscher; S. 29, S. 58, S. 120, S. 131, S. 165, S. 194: © Thomas Ernst/Stiftung Haus der kleinen Forscher; S. 8, S. 19, S. 147, S. 163, S. 164a, © Christoph Wehrer/Stiftung Haus der kleinen Forscher; S. 62, S. 83, S. 102, S. 164b: © Steffen Weigelt/Stiftung Haus der kleinen Forscher; S. 6, S. 11, S. 12, S. 35, S. 40, S. 175: © Stiftung Haus der kleinen Forscher; S. 46: © oksix; S. 98: © Krasowit; S. 167: © Triff, VLADJ55

Über die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Die gemeinnützige Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ engagiert sich mit einer bundesweiten Initiative für die Bildung von Kindern im Kita- und Grundschulalter in den Bereichen Naturwissenschaften, Mathematik und Technik. Sie unterstützt mit ihren Angeboten pädagogische Fach- und Lehrkräfte dabei, Mädchen und Jungen bei ihrer Entdeckungsreise durch den Alltag zu begleiten. Partner der Stiftung sind die Helmholtz-Gemeinschaft, die Siemens Stiftung, die Dietmar Hopp Stiftung, die Deutsche Telekom Stiftung und die Autostadt in Wolfsburg. Gefördert wird sie vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Mission der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ verankert die alltägliche Begegnung mit Naturwissenschaften, Mathematik und Technik dauerhaft und nachhaltig in allen Kitas und Grundschulen in Deutschland. Damit setzt sie sich für bessere Bildungschancen für Mädchen und Jungen in den genannten Bereichen ein.

Die Stiftung bietet pädagogischen Fachkräften mit kontinuierlichen Fortbildungen in starken lokalen Netzwerken, mit Materialien und Ideen praxisnahe Unterstützung. Eltern und weitere Bildungspartner werden einbezogen.

Das „Haus der kleinen Forscher“ weckt Begeisterung für naturwissenschaftliche Phänomene und technische Fragestellungen und trägt langfristig zur Nachwuchssicherung der entsprechenden Berufsfelder bei.

Zugleich stellt das „Haus der kleinen Forscher“ die gewonnenen Erfahrungen anderen Akteuren im Ausland zur Verfügung. Deutschland positioniert sich damit als Bildungs- und Wissenschaftsstandort.

Die Langfassung der Mission findet sich unter www.haus-der-kleinen-forscher.de.

Haben Sie Fragen, Anmerkungen oder Anregungen zu diesem Band oder zur wissenschaftlichen Begleitung der Stiftungsarbeit?

Wenden Sie sich an wissenschaftliche_begleitung@haus-der-kleinen-forscher.de. Weitere Informationen und Studienergebnisse finden Sie auch unter www.haus-der-kleinen-forscher.de, Rubrik Wissenschaftliche Begleitung.