

Die Rolle wirksamer Lernangebote für Vorschulkinder für das Verständnis des Forschungszyklus

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von
Jana Marie Mohr, geb. Höger

Kiel, Januar 2022

Erste Gutachterin: Prof. Dr. Mirjam Steffensky
Zweiter Gutachter: Prof. Dr. Knut Neumann

Tag der mündlichen Prüfung: 29. Juni 2021

Danksagung

Vielen Menschen bin ich sehr dankbar für die Unterstützung während meiner Promotionszeit. Diese Zeit war nicht nur für mich besonders, sondern auch für mein Umfeld.

Für die Chance, eine Dissertation in diesem spannenden Themenfeld zu verfassen, möchte ich vor allem Prof. Dr. Mirjam Steffensky danken. Du hast es mir ermöglicht, den Weg in die Wissenschaft einzuschlagen und mich intensiv mit der frühen naturwissenschaftlichen Bildung auseinanderzusetzen. Für die stetige Unterstützung sowie Beratung während aller Phasen der Promotion bin ich dir sehr dankbar. Zudem möchte ich Prof. Dr. Knut Neumann für die Übernahme der Zweitgutachtung sowie Prof. Dr. Norbert Stock für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes danken.

Ein großes Dankeschön verdienen ebenfalls meine wunderbaren Kolleginnen und Kollegen am IPN. Ohne ihren Charme und natürlich ihr Fachwissen in allen Bereichen hätte die Arbeit nur halb so viel Freude gemacht. Einige Personen möchte ich daher besonders hervorheben. Vor allem Julia Barenthien, Lena Steidtmann, Katharina Junge, Sabrina Ochsen, Judith Schidlo sowie Lars Hoefft haben diese Zeit unvergesslich gemacht. Neben neuen Freundschaften, die während der Zeit entstanden sind, konnte ich jederzeit auf eure Unterstützung zählen. Auch Tim Höffler möchte ich danken. Jederzeit durfte ich dich anrufen und um Rat fragen. Danke für eure Unterstützung!

Danken möchte ich auch meinen studentischen Hilfskräften (Alex, Zeno & Niklas sowie Alina, Elina, Melina, Johanna, Jonna, Christian, Jan-Peter, Katharina, Lisa, Dagmar, Anne, Sabine & Steffi), die mich vor allem tatkräftig bei der Befragung der Kinder und bei der Eingabe der Daten unterstützt haben. Zudem möchte ich besonders meinen beiden Hilfskräften Julia Lohmann & Henning Dominke danken, die (fast) das gesamte Projekt miterlebt und somit besonders zum Erfolg beigetragen haben. Aber auch ohne engagierte Fachkräfte und Leitungen der Kindertagesstätten hätte die Arbeit nicht diesen Umfang erreichen können. Ich danke hiermit allen Kitas für die Teilnahme und das Engagement.

„Du bist so klug, Herr Nilsson, dass du jederzeit Professor werden könntest.“

(Pippi Langstrumpf)

Mein besonderer Dank gilt zu guter Letzt natürlich meinen Eltern Regine und Dietmar, die mir meinen bisherigen Weg überhaupt ermöglicht haben. Ohne eure Unterstützung und eure Liebe wäre ich heute nicht an diesem Punkt meines Lebens. Danke! Auch meine Brüder Philip und Lennard sowie meine Freundinnen und Freunde, die während der Höhen und Tiefen meiner Promotionszeit stets offene Ohren und vor allem Arme hatten, haben ein großes Dankeschön verdient. Meinem Partner Philipp möchte ich für seine Geduld, sein Verständnis und seine liebevollen Aufmunterungen während dieser (anstrengenden) Zeit besonders danken.

Danke euch allen!

Zusammenfassung

Bei früher naturwissenschaftlicher Bildung wird sich national wie international an dem Bildungskonzept *Scientific Literacy* orientiert. Dieses Konzept umfasst neben kognitiven sowie affektiven Aspekten auch das inhaltsbezogene Wissen über naturwissenschaftliche Konzepte sowie das prozessbezogene Wissen über die Anwendung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen, den zyklischen Prozess der Erkenntnisgewinnung – dem sog. Forschungszyklus – und über die Bedeutung der Naturwissenschaften. Bis heute gibt es kaum empirische Erkenntnisse über den Erwerb naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen und die Entwicklung des Wissens über den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess im Elementarbereich. In diesem Zusammenhang wurden zwei Lernangebote für Vorschulkinder entwickelt, die dieses Wissen fördern sollen. Das grundlegende Ziel dieser Arbeit ist es, empirische Erkenntnisse über den Einfluss naturwissenschaftlicher Lernangebote auf den frühkindlichen Wissenszuwachs im Sinne von *Scientific Literacy* zu liefern. Allerdings mangelt es an standardisierten Instrumenten, um dieses prozessbezogene Wissen im Vorschulbereich zu erfassen. Ein weiteres Ziel ist daher, ein Testinstrument zu entwickeln, welches dieses Wissen, zu dem auch das Wissen über den Forschungszyklus zählt, von Kindern im Vorschulalter objektiv, reliabel und valide erfasst und die Untersuchung von Wissenserwerb sowie möglichen Zusammenhängen zulässt.

Im Rahmen einer quasi-experimentellen Interventionsstudie im Pre-Post-Design wurde in der vorliegenden Arbeit untersucht, welche Auswirkung das Vergleichen oberflächlich ähnlicher bzw. unähnlicher Beispiele unter Verwendung kognitiv unterstützender Maßnahmen auf den Aufbau eines Wissens über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie den Forschungszyklus bei Vorschulkindern hat. Bisherige Forschungsbefunde zeigen, dass das explizite Vergleichen von Beispielen den Aufbau flexiblen und anschlussfähigen Wissens anregen und zum Wissenserwerb beitragen kann. Allerdings ist nicht eindeutig geklärt, welchen Einfluss die oberflächliche (Un-)Ähnlichkeit der zu vergleichenden Beispiele dabei auf den Wissenserwerb von Vorschulkindern hat.

Zu diesem Zweck wurden zwei Interventionsgruppen, die strukturierte sowie kognitive Unterstützungsmaßnahmen bei der Bearbeitung von (un-)ähnlichen Beispiele zum inhaltlichen Thema Magnetismus und teilweise zum Verhalten von Kellerasseln erhielten, mit einer Kontroll- sowie einer Baselinegruppe verglichen. Der entwickelte Test diente dazu, das Wissen über die Denk- und Arbeitsweisen sowie den Forschungszyklus, welches durch die gestalteten Lernangebote erworben oder weiterentwickelt werden sollte, zu erfassen. Dieser Test wurde vor und nach der Durchführung der Intervention eingesetzt, um den Wissenszuwachs von insgesamt 231 Kindern aus 22 Kindertagesstätten mit unterschiedlichen Voraussetzungen zu messen. Er zeigt gute Reliabilitätswerte und weist somit eine gute interne Konsistenz auf. Korrelationsanalysen liefern zudem Hinweise für die Validität des Instruments. Die Ergebnisse der Untersuchung des Einflusses naturwissenschaftlicher Lernangebote auf den Wissenserwerb bestätigen, dass es Kindern der Interventionsgruppen im Gegensatz zu den Kindern der Kontrollgruppen durch explizit angeregte Vergleichsprozesse und Thematisierung der Denk- und Arbeitsweisen sowie kognitive Unterstützung gelingen kann, über zwei Messzeitpunkte hinweg prozessbezogenes Wissen und somit das Wissen über den Forschungszyklus auf- bzw. auszubauen

(H1a, H1b). Die Analysen ergaben, dass die Teilnahme an der Intervention einen signifikant positiven Effekt auf den Zuwachs von prozessbezogenem Wissen der Vorschulkinder hatte (H1a). Dagegen konnten für die beiden Kontrollgruppen (KG & BG) keine signifikanten Effekte auf prozessbezogenes Wissen gefunden werden (H1b). Allerdings zeigen sich auch keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Interventionsgruppen, die sich mit unterschiedlichen Beispielen auseinandersetzen, sodass kein direkter Rückschluss auf den Effekt des Vergleichens oberflächlich (un-)ähnlicher Beispiele gezogen werden kann (H2). Eine genauere Untersuchung hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen dem Vorwissen, den kognitiven sowie sprachlichen Fähigkeiten und der Teilnahme an den Lernangeboten zeigt, dass allgemein zwar das Vorwissen sowie ausgeprägte Grundfähigkeiten zum Erwerb oder zur Entwicklung prozessbezogenen Wissens beitragen, die Auswahl der in dieser Studie verwendeten Beispiele im direkten Vergleich der beiden Lernangebote allerdings keinen Einfluss hat.

Zusammenfassend zeigt die vorliegende Arbeit, dass der entwickelte Test das prozessbezogene Wissen über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie den Forschungszyklus objektiv, reliabel und valide erfasst und die Teilnahme an der Intervention zu einem Wissenszuwachs führt. Die Ergebnisse werden in der Diskussion näher beleuchtet, Limitationen aufgezeigt sowie Implikationen für Praxis und Forschung abgeleitet.

Abstract

Early science education is oriented both nationally and internationally to the educational concept of scientific literacy. In addition to cognitive and affective aspects, this concept includes an content-related knowledge of scientific concepts as well as process-related knowledge about scientific ways of thinking and working, the scientific inquiry cycle – called research cycle – and the importance of the natural sciences.

To date, there are hardly any empirical findings on the acquisition of scientific ways of thinking and working at the elementary level. In this context, there is a lack of standardized survey instruments to capture this knowledge about scientific processes in the preschool sector. The aim of the present study is therefore to develop a test instrument that objectively, reliably and validly records process-related knowledge, which also includes knowledge about the scientific inquiry cycle, and allows the investigation of knowledge developments and possible interrelationships. This is because the second objective of this test is to provide empirical findings on the influence of scientific learning opportunities on competence development.

Within the framework of a quasi-experimental intervention study in pre-post design, this study investigated the effect of comparing superficially similar or dissimilar examples using cognitive support measures on the development of a knowledge about scientific ways of thinking and working as well as the research cycle. Research findings show that the explicit comparison of examples can stimulate the development of flexible and connectable knowledge and contribute to the acquisition of knowledge. However, it is not clear what influence the (dis)similarity of the examples to be compared has on the knowledge acquisition of pre-school children.

For this purpose, two intervention groups, which received structured as well as cognitive support measures in working on the (dis)similar examples on the topic of magnetism and partly on the behaviour of woodlouse, were compared with a control group and a baseline group. The developed test served to record the understanding of the ways of thinking and working as well as the research cycle, which was to be acquired or further developed by the designed learning offers. This test was used before and after the implementation of the learning offers to measure the knowledge of a total of 231 children from 22 day-care centres with different preconditions.

The test shows acceptable reliability values and thus has a good internal consistency. Correlation analyses also provide indications of validity. The results of the investigation of the influence of scientific learning opportunities on the acquisition of knowledge confirm that children in the intervention groups, in contrast to the control groups, can succeed in building up or expanding process-related knowledge of the research cycle over two measurement points (H1a, H1b) by explicitly stimulating comparative processes and cognitive support. The analyses showed that participation in the intervention had a significant positive effect on the knowledge growth of the process-related skills of the pre-school children (H1a). In contrast, no significant effects on process-related knowledge could be found for the two control groups (H1b). However, no statistically significant differences were found between the two intervention groups, which used different examples, so that no direct conclusions can be drawn about the effect of comparing (un)similar examples (H2).

A closer examination of the relationship between prior knowledge, cognitive and linguistic skills and participation in the learning opportunities reveals that although prior knowledge and pronounced basic skills generally contribute to the acquisition or development of process-related knowledge, the selection of the examples used in this study in a direct comparison of the two learning opportunities has no influence.

In summary, the present study shows that the developed test measures the knowledge about scientific ways of thinking and working as well as the research cycle objectively, reliably and validly and that participation in the intervention leads to an increase in knowledge. The results are discussed in more detail and implications for practice and research are derived.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AV	abhängige Variable
BG	Baselinegruppe
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
CFT	Culture Fair Intelligence Test; auf Deutsch: Grundintelligenztest
DuA	Denk- und Arbeitsweisen
EASI-Science	Early Steps Into Science
GDSU	Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts
IG1	Interventionsgruppe 1 (ähnliche Beispiele)
IG2	Interventionsgruppe 2 (unähnliche Beispiele)
IGLU	Internationale Grundschul-Lese-Untersuchung
IM-Test	Test zu Erfassung des Inhaltswissens über Magnetismus
IPN	Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik
JMK	Jugendministerkonferenz
KG	Kontrollgruppe
Kita	Kindertagesstätte
KMK	Kultusministerkonferenz
Max	Maximum
Min	Minimum
MOT	Test zur Erfassung der Lernfreude und Selbstwahrnehmung in den Naturwissenschaften
MZP	Messzeitpunkt
N	Probandenanzahl
NEPS	National Educational Panel Study
NICHD ECCRN	National Institute for Child Health and Human Development Early Child Care Research Network
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development; auf Deutsch: Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
PISA	Programme for International Student Assessment
PPVT	Peabody Picture Vocabulary Test

SES	Socioeconomic status; auf Deutsch: Sozioökonomischer Status
SNaKE	Studie zur Naturwissenschaftlichen Kompetenzentwicklung im Elementarbereich
TIMSS	Third International Mathematics and Science Study
UV	unabhängige Variable
<hr/>	
Abb.	Abbildung
bzw.	beziehungsweise
d. h.	das heißt
et al.	und andere
etc.	et cetera
ggf.	gegebenenfalls
s.	siehe
Tab.	Tabelle
u. a.	unter anderem
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	i
Zusammenfassung	iii
Abstract	v
Abkürzungsverzeichnis.....	vii
Einleitung.....	1
Theoretischer Hintergrund.....	7
1. Frühe naturwissenschaftliche Bildung	8
2. Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen	13
2.1. Überblick über die einzelnen Denk- und Arbeitsweisen.....	13
2.2. Geeignete Denk- und Arbeitsweisen in der Kita	17
2.3. Der Forschungszyklus	18
3. Entwicklung (natur-)wissenschaftlichen Wissens.....	22
3.1. Naturwissenschaftliches (prozessbezogenes) Wissen	27
3.2. Wissen als Veränderung von Vorstellungen (Conceptual Change)	31
4. Qualitätsmerkmale anregender Lernangebote.....	34
4.1. Prozessqualität	35
4.2. Merkmale von Prozessqualität.....	36
4.3. Arbeiten mit Beispielen	40
5. Zusammenfassung	48
Forschungsfragen und Ziele.....	51
Design und Methodik.....	57
6. Studiendesign	57
7. Entwicklung und Durchführung der Intervention	63
7.1. Unbelebte und belebte Natur als Untersuchungsgegenstand.....	63
7.2. Gestaltung der Lernangebote	65
7.3. Aufbau der Intervention für die Interventionsgruppen IG1 und IG2.....	66
7.4. Beschreibung der einzelnen Sequenzen der Interventionen	69
7.5. Implementationscheck	75
8. Testinstrumente	76
8.1. Überblick über alle Instrumente	76
8.2. Entwicklung eines Testinstruments zur Erfassung des Prozesswissens	78
8.3. Entwicklung eines Testinstruments zur Erfassung des Inhaltswissens.....	84

9. Beschreibung der Analysen zur Auswertung der Ergebnisse	86
9.1. Prüfung der Gütekriterien.....	86
9.2. Prüfung der Voraussetzungen	88
9.3. Prüfung der Vergleichbarkeit	88
9.4. Analyse der Pre-Post-Daten	89
Ergebnisse	91
10. Deskriptive Ergebnisse	92
11. Prüfung der Normalverteilung.....	98
12. Prüfung der Vergleichbarkeit	100
13. Analyse der Pre-Post-Daten	102
13.1. Vergleich der Effekte zwischen den Interventions- und Kontrollgruppen	102
13.2. Vergleich der Effekte zwischen den Interventionsgruppen	107
13.3. Interaktion zwischen Vorwissen und Effekt der Ähnlichkeit	109
14. Zusammenfassung	111
Diskussion	113
15. Zusammenfassung der Ergebnisse	114
16. Analyse und Einordnung der Ergebnisse in den Forschungsstand.....	116
Limitationen.....	125
Implikationen und Ausblick.....	127
Literaturverzeichnis	135
Abbildungsverzeichnis.....	149
Tabellenverzeichnis.....	150
Anhang.....	151
A. Lernangebote.....	152
B. Ergänzende Tabellen.....	163
Erklärung.....	175

Einleitung

Bildungsprozesse in den Naturwissenschaften beginnen bereits in der frühen Kindheit und setzen sich in Kindertagesstätten¹ und Schulen fort (Leuchter & Möller, 2017). Kinder erkunden bereits ab ihrer Geburt neugierig die Umwelt und sind von sich aus an naturwissenschaftlichen Themen interessiert (van Schijndel et al., 2010). Diese kindliche Neugierde kann als Anlass genommen werden, entsprechende Bildungsprozesse zu unterstützen, damit Kinder ein umfassendes naturwissenschaftliches Wissen aufbauen können, um sich ihre Welt früh zu erschließen (French & Woodring, 2006). Die Naturwissenschaften können Erkenntnisse über Vernetzungen und Zusammenhänge hervorbringen, die Einblicke in die Prozesse der Umwelt geben. So können die eigenen Lebensbedingungen verstanden und gestaltet werden (Lück, 2003).

Die kindliche (naturwissenschaftliche) Bildung hat seit einiger Zeit an Bedeutung gewonnen. Neben den Erkenntnissen aus internationalen Vergleichsstudien haben auch die zunehmende Technisierung des Alltags und der Fachkräftemangel in den Naturwissenschaften dazu beigetragen (Möller & Steffensky, 2010; Leuchter & Möller, 2017; KMK², 2009). In der Forschung besteht ein weitgehender Konsens darüber, dass Lernende durch frühe und kontinuierliche Förderung beim Erwerb eines grundlegenden Wissens über naturwissenschaftliche Konzepte und Verfahren grundlegende und anschlussfähige Vorstellungen sowie Interesse an naturwissenschaftlichen Themen entwickeln können (Krapp & Prenzel, 2011; Patrick & Mantzicopoulos, 2015).

Solch eine naturwissenschaftliche Grundbildung im Sinne des Bildungskonzeptes *Scientific Literacy* (welches folgend näher beschrieben wird) umfasst neben einem inhaltsbezogenen Wissen über naturwissenschaftliche Konzepte und deren Zusammenhänge³ auch das Wissen über den zyklischen Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung⁴ – dem sog. Forschungszyklus – sowie die Anwendung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen (OECD⁵, 2019; siehe auch Kapitel 1 & 2). Dieses Wissen im Sinne von verstandenem und zusammenhängendem Wissen (oder Verständnis) wird auch als prozessbezogenes Wissen⁶ oder Prozesswissen bezeichnet (Steffensky & Hardy, 2013).

Es wird angenommen, dass das prozessbezogene Wissen über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen das Erlernen naturwissenschaftlicher Inhalte verbessert, indem es zum Beispiel die Fähigkeit fördert, naturwissenschaftliche Konzepte miteinander zu verknüpfen und so kohärent naturwissenschaftliches Inhaltswissen zu erwerben (Michel & Neumann, 2017).

¹ Im Folgenden als Kita bezeichnet.

² Kultusministerkonferenz.

³ Das Wissen über naturwissenschaftliche Konzepte wird im Folgenden auch als inhaltsbezogenes Wissen oder Inhaltswissen bezeichnet.

⁴ Der zyklische Prozess der Erkenntnisgewinnung wird im Folgenden auch als Forschungszyklus bezeichnet.

⁵ Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung.

⁶ Das Wissen über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie den Forschungszyklus wird im Folgenden auch als prozessbezogenes Wissen oder Prozesswissen bezeichnet.

Um dieses prozessbezogene Wissen zu erwerben, bedarf es Lernangebote, die nicht das reine Vermitteln von Wissen in den Vordergrund stellen, sondern forschendes Lernen ermöglichen, welches zu einem Verständnis der Umwelt führt (Bertsch et al., 2011; Möller et al., 2011). Erste Hinweise deuten darauf hin, dass diese angestrebten Ziele erreicht werden können, wenn die Vorerfahrungen der Kinder aufgegriffen werden und Lernangebote entwickelt werden, die ein optimales Maß an Strukturierungshilfen bieten (siehe Kapitel 4), um eine Veränderung von vorhandenem Wissen anzuregen (siehe Kapitel 3.2) (Vosniadou et al. 2001; Blumberg et al. 2003; Hardy et al. 2006; Lange et al., 2012).

In der vorliegenden Arbeit wird daher das naturwissenschaftliche, prozessbezogene Wissen von Kindern im letzten Kindergartenjahr ($M_{\text{Alter}} = 5.93$, $SD = 0.41$) sowie deren Entwicklung und Förderung durch verschiedene Lernangebote untersucht. Naturwissenschaftliche Grundlagen stellen kognitiv anspruchsvolle und komplexe Inhalte dar, die entsprechend dem Alter und der Entwicklung angepasst und reduziert werden müssen.

Einige Studien aus dem Elementarbereich zeigen, dass es bereits Vorschulkindern gelingt, ein erstes grundlegendes, prozessbezogenes Wissen über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen zu entwickeln und anzuwenden (Koerber et al., 2005; Carstensen et al., 2011; Sodian & Mayer, 2013). Zudem ist bekannt, dass ein Wissen über den Prozess der Erkenntnisgewinnung bereits im Vorschulalter aufgebaut werden kann (Patrick et al., 2009; Samarapungavan et al., 2011). Dieser Erkenntnisgewinn erfolgt dabei allerdings nicht durch die Aneignung einzelner Denk- und Arbeitsweisen, sondern unterliegt einem kumulativen Prozess. Die einzelnen Schritte des Forschens und die damit verbundene Erkenntnisgewinnung bilden zusammen den Forschungszyklus (siehe Kapitel 2.3) (Pedaste et al., 2015). Aus didaktischer Sicht dient das Modell eines Zyklus als Strukturierungshilfe und kann als Gerüst verstanden werden. Es soll den Kindern helfen, eine Vorstellung darüber zu entwickeln, dass es sich beim Forschen um ein absichtliches sowie geplantes und zyklisches Vorgehen handelt und dass die Schritte aufeinander aufbauend und nie endend sind. Mit Hilfe des Forschungszyklus sollen Kinder lernen, wie sie Wissen über bestimmte Phänomene gewinnen und wie sie diese miteinander in Beziehung setzen können. Ein erstes Wissen über den Forschungszyklus wird als ein wichtiges Ziel der frühen wissenschaftlichen Bildung angesehen. Dennoch gibt es nur wenige Studien, die das Wissen von Kindern über den Forschungszyklus untersuchen (Klahr, 2000; Patrick et al., 2009; Kuhn, 2010). Die meisten Erkenntnisse stammen aus der Schule, die sich zudem oft nur auf einen Teil des Zyklus konzentrieren. Einige Studien zeigen, dass die alleinige Anwendung der einzelnen Schritte des Forschungszyklus nicht unbedingt das Wissen über den Forschungsprozesses fördert, sondern dass eine explizite Thematisierung notwendig ist (Steffensky, 2017).

Um dieses prozessbezogene Wissen über die Erkenntnisgewinnung bereits im Vorschulalter aufzubauen, bedarf es geeigneter Lernangebote in der Kita. Allerdings gibt es kaum Erkenntnisse darüber, wie Lernangebote in der Kita aussehen sollen, um dies zu unterstützen. Obwohl es ein breites Angebot an naturwissenschaftlichen Aktivitäten und Experimenten gibt, liegen kaum Studien über die Qualität der Umsetzung von Lernangeboten in der Kita vor. Einige wenige Studien haben aufgezeigt, dass in Grundschulen und Kitas gestaltete Lernangebote nur selten strukturiert und kognitiv herausfordernd sind, obwohl dies entscheidende Qualitätsmerkmale für die Förderung von frühem

naturwissenschaftlichem Wissen sind (siehe Kapitel 4) (Leuchter & Saalbach, 2014). Aufgrund der bisherigen Erkenntnisse kann davon ausgegangen werden, dass eine kognitiv anregende Lernumgebung durch Unterstützungsmaßnahmen sowie durch geeignete Strukturierung eine entscheidende Rolle spielt. Vor allem das Anregen von Vergleichen und eigenen Erklärungen unterstützt dabei, einen Transfer über verschiedene Beispiele hinweg zu ermöglichen und somit ein generalisiertes naturwissenschaftliches Wissen zu erwerben (siehe Kapitel 4.3; vgl. Gentner et al., 2003). Es ist jedoch nicht eindeutig, ob diese Vergleichsprozesse besser gelingen, wenn die zu vergleichenden Beispiele aus einem ähnlichen oder unähnlichen Kontext stammen (siehe Kapitel 4.3). In diesem Sinne versteht sich der Kontext als naturwissenschaftlicher Inhaltsbereich.

Für diese Arbeit wurden daher verschiedene naturwissenschaftliche Lernangebote für Vorschulkinder im Alter von fünf bis sechs Jahren entwickelt und implementiert. Ziel war es zu zeigen, dass bereits Vorschulkinder von einer guten naturwissenschaftlichen Lernumgebung profitieren können, wenn sie strukturiert und kognitiv unterstützend sowie durch geeignete Auswahl von Beispielen gestaltet ist. So können Kinder unterstützt werden, ein prozessbezogenes Wissen über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen und somit über den Erkenntnisgewinn aufzubauen. Die vorliegende Arbeit soll daher empirisch abgesicherte Hinweise für die Praxis liefern und Aussagen über die Bedeutung bestimmter Unterstützungsmaßnahmen sowie über oberflächliche (Un-)Ähnlichkeit von Beispielen für den Aufbau eines ersten Wissens über den Forschungszyklus treffen können. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit liegt darin, kausale Evidenz für die Rolle der Lernunterstützung zu liefern und Bedingungen zu ermitteln, unter denen die Entwicklung am besten gelingt. Aus diesem Grund wurden in einem quasi-experimentellen Interventionsdesign mit Pre- und Post-Testung zwei Lernangebote mit einer Kontroll- sowie einer Baselinegruppe verglichen. Die zwei Interventionsgruppen erhielten strukturierte sowie kognitiv aktivierende Lernunterstützung, die sich in der Ähnlichkeit der untersuchten Beispiele unterschied. Dabei wurden das zu erwerbende prozessbezogene Wissen explizit thematisiert. Die Kontrollgruppe hat sich ohne eindeutige Unterstützung bzw. ohne Thematisierung der Denk- und Arbeitsweisen mit ähnlichen Beispielen auseinandergesetzt und die Kinder der Baselinegruppe haben von keinem Lernangebot Gebrauch gemacht. Insgesamt nahmen 231 Kinder aus 22 Kitas mit unterschiedlichsten Voraussetzungen (siehe Kapitel 6) an dieser Studie teil. Für die Erfassung des naturwissenschaftlichen Wissens, welches durch die gestalteten Lernangebote erworben oder weiterentwickelt werden sollte, wurde ein standardisiertes Testinstrument entwickelt. Dieses wurde vor und nach der Durchführung der Lernangebote zur Messung des naturwissenschaftlichen Wissens eingesetzt.

Aufbau der Arbeit

Die Arbeit gliedert sich neben Einleitung sowie Limitationen, Implikationen und Ausblick in fünf zentrale Abschnitte. In den theoretischen Vorüberlegungen (erster Abschnitt) wird zunächst ein Überblick über das Bildungskonzept der naturwissenschaftlichen Grundbildung (*Scientific Literacy*) vorgestellt. Der Fokus dieser Arbeit liegt dabei auf dem prozessbezogenen Wissen der Kinder und den damit verbundenen naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, auf die im Verlauf noch näher eingegangen wird. Im Anschluss erfolgt die Darstellung des naturwissenschaftlichen Forschungszyklus, der alle wichtigen Schritte der Erkenntnisgewinnung beinhaltet. Anschließend werden Voraussetzungen zur Entwicklung von Wissen im Kindergartenalter sowie theoretische Annahmen zum Wissenserwerb in den Naturwissenschaften zusammengefasst. Daran anknüpfend soll der Schwerpunkt auf der Frage liegen, wie sich Kinder neues Wissen aneignen. Vor allem soll hier mit dem Vorurteil aufgeräumt werden, dass Kinder im Vorschulalter noch zu jung für einen Zugang zu den Naturwissenschaften sind. Das Kapitel befasst sich im Anschluss mit der Qualität von Lernangeboten, da diese als ein wesentlicher Einflussfaktor in Bildungsprozessen gilt. Die Qualität von Lernangeboten hängt dabei neben der Gestaltung (wie Bereitstellung von Materialien und didaktische Vorbereitung) auch von der Lernunterstützung ab. Es wird daher der Frage nachgegangen, wie und wodurch die naturwissenschaftlichen Lernprozesse unterstützt werden können, damit sich ein anschlussfähiges Wissen entwickeln kann. Hierbei werden neben der Prozessqualität auch die Auswahl der Beispiele sowie die Bedeutung der oberflächlichen (Un-)Ähnlichkeit diskutiert.

Aus den theoretischen Grundlagen wurden die für diese Arbeit leitenden Forschungsfragen entwickelt und entsprechende Hypothesen abgeleitet (Abschnitt 2). Diese Arbeit soll dazu beitragen, die Wirksamkeit von zwei Lernangeboten auf das Prozesswissen von Vorschulkindern zu erforschen. Dabei unterscheiden sich die Lernangebote in der Auswahl der zu vergleichenden (un-)ähnlichen Beispiele. Das prozessbezogene Wissen über die Denk- und Arbeitsweisen sowie über den Forschungszyklus – welches zusammen in einem Test erhoben wurde – ist demnach die zu untersuchende abhängige Variable. Die unabhängige Variable ist die Teilnahme an einem bestimmten Lernangebot und zu den Kontrollvariablen gehören neben dem Vorwissen auch das Fachwissen, die kognitiven sowie die sprachlichen Fähigkeiten der Kinder.

Nachdem die grundlegende Fragestellung der Arbeit durch Forschungsfragen verdeutlicht wurde, folgt im dritten Abschnitt die Beschreibung des zugrunde liegenden Designs sowie der Methodik. Zunächst wird das Studiendesign näher beleuchtet, bevor die Entwicklung sowie Durchführung der Lernangebote beschrieben wird. Wie der Aufbau prozessbezogenen Wissens bei Vorschulkindern sinnvoll unterstützt werden kann und wie Lernangebote aussehen, die dabei helfen können, bestehende Vorstellungen in Richtung angemessenerer Vorstellungen zu verändern, wird näher erläutert. Hier werden die Entwicklung sowie die konkrete Umsetzung der Lernangebote skizziert. Es folgt eine Beschreibung der Testinstrumente, die zum Teil für die Operationalisierung der abhängigen Variablen selbst entwickelt wurden. Neben einem Test zum Prozesswissen, der die Denk- und Arbeitsweise sowie das Wissen über den Forschungszyklus erfasst, wurde ein inhaltlicher Test zum Thema Magnetismus entwickelt. Anschließend werden die statistischen Verfahren zur Auswertung der Studie vorgestellt.

Im vierten Abschnitt folgt die Darstellung der Ergebnisse. Dieser Abschnitt beginnt mit der Prüfung der Voraussetzungen für die beschriebenen statistischen Methoden (Gütekriterien, Normalverteilung, Vergleichbarkeit der Gruppen) und stellt anschließend die Ergebnisse vor, die bei der Untersuchung der Wirkung der verschiedenen Lernangebote ermittelt wurden.

Diese werden in der Diskussion (Abschnitt 5) unter Berücksichtigung der Forschungsfragen und aktueller Forschungen diskutiert, bevor Limitationen aufgezeigt werden. Die Arbeit schließt mit einem Ausblick sowie Implikationen für die zukünftige Forschung und für die Umsetzung in den Kitas ab.

Theoretischer Hintergrund

In den theoretischen Vorüberlegungen zu dieser Studie werden zunächst Erkenntnisse zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung dargestellt. Im zweiten Kapitel wird das prozessbezogene Wissen, welches im Mittelpunkt dieser Studie steht, näher erläutert und der Weg der Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften beschrieben. Anschließend wird anhand von ausgewählten Studien dargelegt, wie Kinder naturwissenschaftliches, prozessbezogenes Wissen entwickeln und wie ein Wissen über den Forschungsprozess aufgebaut werden kann. Darauf aufbauend wird die Theorie der konzeptuellen Veränderung von Wissen aufgezeigt, anhand dessen der Aufbau der Lernangebote begründet wird. So werden anschließend in Kapitel 4 die Merkmale guter Lernangebote in der Kindertagesstätte erläutert. Die Qualität der Lernangebote hängt dabei von der Gestaltung ab und bildet das Thema dieses Kapitels. Durch geeignete Unterstützungsmaßnahmen kann die Prozessqualität der Lernangebote in der Kita erhöht werden. Zudem wird die Auswahl der Beispiele für ein qualitativ hochwertiges Lernangebot und die Bedeutung der oberflächlichen (Un-)Ähnlichkeit der Beispiele ausführlich diskutiert.

1. Frühe naturwissenschaftliche Bildung

Der frühen Kindheit wurde in den letzten zwanzig Jahren vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt, wenn über das Bildungssystem oder die Vernetzung sowie Anschlussfähigkeit von Bildungsprozessen diskutiert wurde (Faust-Siehl et al., 2004; Sodian et al., 2008; Roßbach & Blossfeld, 2008; Thole et al., 2008; KMK, 2004a & 2009; Grell & Roßbach, 2010). Vor allem die Leistungen deutscher Schülerinnen und Schüler in internationalen Schulvergleichsstudien wie PISA⁷ und TIMSS⁸ im Bereich der Naturwissenschaften haben dazu geführt, dass auch naturwissenschaftliche Bildungsprozesse mehr und mehr diskutiert wurden und in den Mittelpunkt der Bildungspolitik sowie der Forschung gerückt sind. Als wesentliche Gründe werden vor allem die Digitalisierung der Welt, die damit neu entstandenen Herausforderungen sowie der demografische Wandel angeführt. Daran anknüpfend ist die zunehmende Bedeutung von Naturwissenschaften, Mathematik und Technik für das moderne Leben verständlich und unumgänglich. Denn auch die zunehmende Technisierung der Gesellschaft wird häufig als Grund für den Fokus auf die naturwissenschaftliche Früherziehung genannt. Bereits junge Kinder werden mit Technik konfrontiert, die wiederum im weitesten Sinne auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen basiert (OECD⁹, 2019).

Die Bedeutung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung in einer von Naturwissenschaften und Technik geprägten Gesellschaft ist offensichtlich. Es besteht Einigkeit darüber, dass unsere Gesellschaft – unabhängig von bestehenden kulturellen Unterschieden – naturwissenschaftlich gebildete Mitmenschen braucht (Gräber & Nentwig, 2002). Die Förderung früher naturwissenschaftlicher Bildung kann für eine Verbesserung von naturwissenschaftlichem Wissen im weiteren Bildungsverlauf sorgen, als Grundlage für das Wissen über naturwissenschaftliche Konzepte dienen und einen Beitrag zu besseren Bildungschancen leisten (KMK, 2009). Die Notwendigkeit, naturwissenschaftliche Inhalte zu vermitteln, ergibt sich ebenfalls aus den Erkenntnissen der OECD (2019). Denn obwohl die Schulleistungsstudien Auslöser für die Diskussion waren, hat sich Jahre später noch nicht viel geändert (OECD, 2019). So „ist es enttäuschend, dass sich die Schülerleistungen in den meisten OECD-Ländern seit der ersten PISA-Erhebung im Jahr 2000 praktisch nicht verbessert haben“ (OECD, 2019, S. 3). In Deutschland waren die durchschnittlichen Leistungen in Naturwissenschaften sogar rückläufig. Doch dabei kann aufgezeigt werden, dass schon in der frühkindlichen Bildung naturwissenschaftliche Inhalte implementiert werden können, um den Forderungen von OECD gerecht zu werden.

Frühe naturwissenschaftliche Bildung in den Bildungsplänen

Die steigende gesellschaftliche Aufmerksamkeit der letzten zwanzig Jahre an den Naturwissenschaften führte dazu, dass auch den Institutionen im Elementarbereich zusätzlich zu dem Betreuungs- und Erziehungsauftrag explizit ein Bildungsauftrag zugewiesen wurde (Fthenakis, 2003; Weinert et al., 2008), wobei die Naturwissenschaften zum Bildungskanon des Elementarbereichs zählen (KMK, 2009).

⁷ Programme for International Student Assessment.

⁸ Trends in International Mathematics and Science Study.

⁹ Organisation for Economic Cooperation and Development.

Diese naturwissenschaftliche Grundbildung wird in den deutschen Bildungsstandards sowie in den Bildungsplänen der einzelnen Bundesländer als Ziel der naturwissenschaftlichen Bildung genannt und stellt einen wichtigen Orientierungspunkt dar (beispielsweise GDSU¹⁰, 2013 für den Primarbereich; KMK, 2009 für den Elementarbereich). Schließlich sollen Bildungsstandards die Qualität der Bildung garantieren. Durch die Festschreibung von früher naturwissenschaftlicher Bildung im gemeinsamen Rahmen der Länder für die frühe Bildung in Kindertagesstätten (JMK & KMK, 2004a) mussten alle Länder eigene an den Bildungsstandards orientierte Bildungspläne und Leitlinien für den Elementarbereich umsetzen (beispielsweise Knauer & Hansen, 2020). Zwar sind keine konkreten Bildungsziele vorgeschrieben (wie z. B. die Inhalte in den Lehrplänen), aber alle Länder wurden dazu aufgefordert, das Interesse der Kinder an naturwissenschaftlichen Themen zu nutzen, um das naturwissenschaftliche Wissen zu fördern. Im Jahr 2009 einigten sich die Länder auf Maßnahmen zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung, die besagen, dass alle Länder naturwissenschaftlich-technische Bildungsziele entwickeln und in einen Rahmen für die Arbeit in Kitas einbeziehen sollen (KMK, 2009). So werden neben der Förderung des Interesses das naturwissenschaftliche Wissen sowie das Wissen über Naturwissenschaften in den Bildungsplänen der Kitas als Ziel früher naturwissenschaftlicher Bildung genannt. Es sind im Zuge dessen verschiedenste Initiativen (wie beispielsweise das „Haus der kleinen Forscher“) sowie Projekte zur Förderung der frühen naturwissenschaftlichen Bildung entstanden (wie beispielsweise SNaKE¹¹ und EASI-Science¹²).

Scientific Literacy

In Verbindung mit der KMK und OECD kommt es in nationalen wie internationalen Studien immer wieder zur Verwendung des Begriffs *Scientific Literacy*. Viele Studien und Publikationen orientieren sich bei der Frage nach dem Ziel früher naturwissenschaftlicher Bildung an dem Konzept von *Scientific Literacy*, auf dem die PISA Studien sowie die Bildungsstandards beruhen (GDSU, 2002; French, 2004; KMK, 2004b; Gelman & Brenneman, 2004; Eshach, 2006; Osborne & Dillon, 2008; Bybee et al., 2009; Fthenakis, 2009; Möller & Steffensky, 2010; Samarapungavan et al., 2011; Anders et al., 2013; Trundle & Saçkes, 2015). Die Expertengruppe der PISA Studie definiert den Begriff *Scientific Literacy* wie folgt:

"Naturwissenschaftliche Grundbildung setzt das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte sowie die Fähigkeit voraus, eine naturwissenschaftliche Perspektive anzuwenden und über Befunde in naturwissenschaftlicher Weise nachzudenken." (OECD, 2007, S. 25)

Eine naturwissenschaftliche Grundbildung im Sinne von *Scientific Literacy* umfasst also nicht nur die Aneignung von inhaltsbezogenem Wissen, sondern unter anderem auch die Aneignung eines Wissens über Naturwissenschaften (*Nature of Science*: Norris & Phillips, 2003). Hierzu zählen die Anwendung der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie das epistemologische Wissen. Während prozessbezogenes Wissen das Wissen über wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen umfasst, beschreibt epistemologisches Wissen das Wissen über die Voraussetzungen, die Entstehung und die Grenzen des Wissens.

¹⁰ Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts.

¹¹ Studie zur naturwissenschaftlichen Kompetenzentwicklung im Elementarbereich (Steffensky et al., 2012).

¹² Early Steps Into Science (Steffensky et al., 2018).

Ebenso wie prozessbezogenes Wissen bezieht sich epistemologisches Wissen darauf, wie Erkenntnisse in den Naturwissenschaften gewonnen werden. Zusammenfassend werden beide Bereiche als Wissen über die Naturwissenschaften bezeichnet (Steffensky, 2017 in Anlehnung an OECD, 2016).

Neben der Kenntnis über naturwissenschaftliche Konzepte und deren Zusammenhänge sollen Kinder lernen, dieses Wissen in verschiedenen Kontexten und Situationen flexibel anzuwenden. Sie sollen außerdem eine erste Vorstellung davon bekommen, was wissenschaftliches Arbeiten bedeutet, wie Forscherinnen und Forscher vorgehen und welche Handlungen dabei wichtig sind. Dies erfordert ein Wissen über die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung sowie darüber, wie naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen angewendet werden. Dieses Wissen wird auch prozessbezogenes Wissen oder Prozesswissen genannt (Steffensky & Hardy, 2013). Dieses Prozesswissen bzw. die Förderung eines solchen Wissens stehen im Fokus dieser Arbeit. Beide Bereiche – sowohl inhaltsbezogenes als auch prozessbezogenes Wissen – sind wesentliche Bestandteile der naturwissenschaftlichen Grundbildung.

In der fachdidaktischen Forschung wird neben prozessbezogenem Vorwissen auch der Zusammenhang zwischen inhaltlichem Vorwissen und dem Wissen über die Denk- und Arbeitsweisen thematisiert (Glaesser et al., 2009; Nehring et al., 2015). Häufig stellt sich dabei die Frage, ob prozessbezogenes und inhaltsbezogenes Wissen gleichzeitig oder getrennt erarbeitet werden soll oder überhaupt erarbeitet werden kann (Minstrell, 2000; Zimmerman, 2007). Die Befunde von Hammann et al. (2008) und Grube (2011), die in Kapitel 2 näher diskutiert werden, weisen darauf hin, dass insbesondere für spezifische Denk- und Arbeitsweisen wie beispielsweise die Formulierung von Fragen und Hypothesen sowie für die Interpretation von Daten inhaltsbezogenes Wissen erforderlich ist. Auch eine Studie von Michel und Neumann (2017) über den Zusammenhang zwischen der Natur des Wissenschaftsverständnisses von Schülerinnen und Schülern (der sechsten und siebten Klasse) und ihrem Lernen über den Energiebegriff lieferte einen Nachweis, dass das prozessbezogene Wissen mit dem Lernen von wissenschaftlichen Inhalten zusammenhängt und für das Erlernen erkenntnistheoretischer Aspekte von Bedeutung ist. Inwieweit Vorwissen über fachliche Inhalte eine notwendige Voraussetzung für die Entwicklung von Wissen im Bereich der Denk- und Arbeitsweisen ist, scheint jedoch noch nicht klar zu sein.

Auch ist es aus bereichsspezifischer Sicht wichtig, fachliche sowie fachdidaktische Inhalte explizit zu thematisieren, denn für viele Themen benötigen Kinder spezifisches Vorwissen, das es ihnen ermöglicht, sich neues Wissen anzueignen. Der Schwerpunkt sollte daher auf konkreten naturwissenschaftlichen Themen liegen. Um das Prozesswissen zu fördern, reicht es nicht aus, nur die fachlichen Hintergründe herauszuarbeiten, sondern es müssen Aspekte der Denk- und Arbeitsweisen, notwendiges Vorwissen, geeignete Beispiele und Experimente zu den jeweiligen Inhalten berücksichtigt werden (Steffensky, 2017).

Zu dem Konzept *Scientific Literacy* gehören neben den verschiedenen Wissensbereichen ebenfalls nicht-kognitive Bereiche wie Einstellung und Haltung gegenüber den Naturwissenschaften sowie die Bereitschaft und das Interesse, sich mit naturwissenschaftlichen Themen und Phänomenen auseinanderzusetzen (Norris & Phillips, 2003; Bybee et al., 2009). Diese Aspekte sind eine wichtige Voraussetzung für eine freiwillige und langfristige Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Themen (Gräber et al., 2002).

Die Entwicklung einer solchen naturwissenschaftlichen Grundbildung ist ein lebenslanger und kumulativer Prozess, der in der frühen Kindheit mit ersten Erkundungen der Umwelt beginnt, in der Kita sowie in der Schule weiter zunehmend systematisch gefördert werden und zu einer lebenslangen Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Fragen führen soll (Prenzel, 2000; Bybee et al., 2009; Carstensen et al., 2011; Steffensky & Hardy, 2013).

„Bildung ist ein lebenslanger Prozess und beginnt mit der Geburt. Von Anfang an setzen sich Kinder kompetent, aktiv und neugierig mit der Welt auseinander. Sie entwickeln nach und nach ein Verständnis davon, wie die Welt beschaffen ist und welche Bedeutung sie in der Welt haben.“ (Knauer & Hansen, 2020, S. 5)

Obwohl es Hinweise gibt, dass frühe naturwissenschaftliche Bildung prädiktiv für den weiteren Bildungsverlauf ist (Patrick et al., 2009; Sylva et al., 2013; Morgan et al., 2016), darf die Problematik nicht geeigneter naturwissenschaftlicher Bildungsangebote in der weiterführenden Schule nicht in den Elementarbereich verlagert werden. Der frühe Erwerb naturwissenschaftlichen Wissens heißt nicht, dass schulische Inhalte vermittelt werden sollen, sondern dass Kinder möglichst früh grundlegende Erfahrungen in naturwissenschaftlich relevanten Alltagssituationen sowie ihrer eigenen Lebenswelt machen und sich somit ein erstes Wissen aufbauen. Sie beobachten und beschreiben ihre Vorstellungen, stellen automatisch erste Vergleiche mit ähnlichen Erfahrungen und Phänomenen an. Auf diese Weise erweitern Kinder ihr Wissen und lernen, dieses auf vielfältige Situationen anzuwenden und Zusammenhänge herzustellen. Es soll ein erfahrungsbasiertes, anschlussfähiges, flexibles und alltagsnahes Wissen entwickelt werden (French, 2004; Gelman & Brenneman, 2004; Eshach, 2006; Fthenakis, 2009; Möller & Steffensky, 2010).

Zusammenfassung

Zusammengefasst soll naturwissenschaftliche Grundbildung Menschen dazu befähigen, ein Wissen über naturwissenschaftliche Inhalte zu entwickeln und dazu befähigen, (naturwissenschaftsbezogene) alltägliche Probleme zu bewältigen, um an der Welt teilhaben zu können. Es soll somit ein verantwortungsvoller Umgang und eine aktive Teilnahme in der von Naturwissenschaft umgebenden Welt ermöglicht werden. Schließlich erklären und bestimmen naturwissenschaftliche Erkenntnisse sowie Methoden das Verhältnis zwischen Mensch und Natur (GDSU, 2013). Deshalb ist das Konzept *Scientific Literacy* auch in den Bildungsstandards der KMK verankert.

In den Bildungsplänen wird kaum vorgeschrieben, welche Inhalte bzw. explizite Vorgehensweisen für eine naturwissenschaftliche Grundbildung notwendig sind. Zudem gibt es zahlreiche Lernangebote im Elementarbereich, die nicht den Aufbau von anschlussfähigem, flexiblem Wissen in den Fokus nehmen.

Meist handelt es sich um vereinzelte Experimente ohne didaktische Unterstützung, durch die Kinder selten zum Nachdenken angeregt werden (Carstensen et al., 2011). Des Weiteren hängt die Umsetzung früher naturwissenschaftlicher Bildung in der Kita von den professionellen Fähigkeiten der Fachkräfte und der Gestaltung der Lernangebote (siehe Kapitel 4) sowie vom Vorwissen der Kinder ab. Ergebnisse dieser Arbeit sollen belegen, dass anhand geeigneter Lernangebote das prozessbezogene Wissen über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie den Forschungszyklus gefördert werden kann, um eine naturwissenschaftliche Grundbildung zu erwerben. Auf Kenntnisse über die Denk- und Arbeitsweisen sowie deren Erwerben wird im Folgenden eingegangen.

2. Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen

Naturwissenschaftliches Wissen in Anlehnung an *Scientific Literacy* wird wie bereits beschrieben unterschieden in 1.) inhaltsbezogenes Wissen, 2.) prozessbezogenes Wissen sowie 3.) epistemologisches Wissen. Die Letzteren beziehen sich auf das Wissen darüber, wie in den Naturwissenschaften Erkenntnisse gewonnen werden. Prozessbezogenes Wissen umfasst dabei die zentralen Denk- und Arbeitsweisen, mit deren Hilfe Naturphänomene und die zwischen ihnen bestehenden Zusammenhänge erkannt, gedeutet und verstanden werden können (Steffensky & Hardy, 2013; Leuchter, 2017). Dazu gehören beispielsweise das Stellen von Fragen, das Generieren von Vermutungen, das Planen und Durchführen von Experimenten, das gezielte Beobachten, das Sammeln von Daten, das Vergleichen, das Ziehen von Schlussfolgerungen sowie die Entwicklung neuer Fragestellungen etc. (in Anlehnung an Steffensky & Hardy, 2013).

Diese naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen werden in den Bildungsstandards der Sekundarstufe sowie Leitlinien als Ziele von Lern- und Bildungsprozessen beschrieben. Dabei geht es sowohl um die Anwendung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen als auch um das Wissen über Denk- und Arbeitsweisen (vgl. auch „*to Do Scientific Inquiry*“ sowie „*understandings for Science as Inquiry*“, Bybee (2004)). Der Begriff *Scientific Inquiry* wird in der fachdidaktischen Forschung nicht nur als Ziel eines Lernprozesses verwendet, sondern auch zur Beschreibung eines instruktionalen Ansatzes (Inquiry-based Science Education), bei dem naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen eingesetzt werden, um Wissen zu generieren (Bybee, 2004; Abd-El-Khalick et al., 2004; Anderson, 2007; Furtak et al., 2012). Auch wenn es in der Praxis oft zu Überschneidungen zwischen dem Vorgehen und den Zielen kommt, ist es wichtig, beide Bereiche zu differenzieren, da nicht jedes Lernangebot, welches naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen einsetzt, auf den Aufbau des Wissens über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen abzielt.

In dieser Arbeit hingegen sind die Denk- und Arbeitsweisen in erster Linie als Lernziel zu verstehen. Die für diese Arbeit entwickelten Lernangebote sind aber auch methodisch so gestaltet, dass die Kinder wissenschaftlichen Methoden und Vorgehensweisen kennenlernen (Keselman, 2003).

2.1. Überblick über die einzelnen Denk- und Arbeitsweisen

Während es vergleichsweise leicht ist, thematische Zuschnitte bei inhaltsbezogenem Wissen zu finden, ergeben sich große Schwierigkeiten, zwischen verschiedenen Denk- und Arbeitsweisen zu unterscheiden. Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen sind sehr vielfältig und lassen sich auf unterschiedliche Weise miteinander verknüpfen. Beispielweise ist das Beobachten einerseits eine eigenständige naturwissenschaftliche Arbeitsweise und andererseits verknüpft mit dem Experimentieren, da Experimentieren ohne Beobachten nicht möglich ist (Steffensky & Hardy, 2013).

Die Denk- und Arbeitsweisen können daher nur eingeschränkt getrennt betrachtet werden, denn oft werden sie aufeinander bezogen. Zudem sind die verschiedenen Denk- und Arbeitsweisen unterschiedlich komplex, weshalb sie an die jeweiligen Bildungsstufen der Kinder angepasst werden müssen (ebd.).

Auch eine klare Trennung zwischen den Denk- und Arbeitsweisen und dem inhaltsbezogenen Wissen ist nicht möglich. In den Studien von Grube (2011) und Hammann et al. (2008) mit Schülerinnen und Schülern der fünften und sechsten Klassenstufe wurde gezeigt, dass einzelne Denk- und Arbeitsweisen untereinander sowie mit dem Inhaltswissen stark korrelieren. Sie argumentieren, dass die hohe Korrelation darauf zurückzuführen sei, dass auch inhaltliches Wissen über die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge erforderlich ist. Im Perspektivrahmen der GDSU (2013) wird ebenfalls geschrieben, dass es nicht möglich sei, Methoden sowie Verfahren inhaltsfrei durchzuführen und andersherum auch kein Inhalt ohne entsprechende Verfahren erschlossen werden kann. Zudem muss davon ausgegangen werden, dass einzelne Denk- und Arbeitsweisen nur vor dem Hintergrund zugehörigen prozessbezogenen Wissens erworben werden können (von Aufschnaiter & Hofmann, 2014). Beispielsweise bedarf die Fähigkeit, eine Vermutung aufzustellen, des Wissens darüber, was Vermuten überhaupt ist.

Im Folgenden werden die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen voneinander abgegrenzt (siehe hierzu Leuchter 2017; Steffensky, 2017) und näher erläutert. Im Hinblick auf naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen lernen die Kinder das Formulieren von Fragen, das Aufstellen und Überprüfen von Vermutungen, das selbstständige Planen und Durchführen von Experimenten, das Beobachten sowie Messen, das Begründen und Argumentieren, das Vergleichen, Modellieren, Dokumentieren sowie Interpretieren, Schlussfolgern und Generalisieren. Diese Liste ist individuell erweiterbar, stellt aber die wichtigste Auswahl für diese Arbeit dar.

Fragen formulieren. Der Prozess des Forschens beginnt meist mit einem unbekanntem Phänomen oder einer Beobachtung, die nicht durch das Vorwissen erklärt werden kann. Dieses resultierende Problem wirft Fragen auf. Fragen sind der Ausgangspunkt jeder zielgerichteten, wissenschaftlichen Untersuchung, da sie die Planung beeinflussen. Sie können jedoch auch das Ergebnis von wissenschaftlichen Erkenntnisprozessen sein, indem beispielsweise durch auftretende Probleme, oder unerwartete Ergebnisse neue Fragen entstehen. Zudem können sich Fragen entwickeln, wenn unsystematisches Probieren zu bestimmten Ergebnissen führt. Die Fragen der Kinder zu naturwissenschaftlichen Themen können aufgegriffen und als Ausgangspunkt für eine wissenschaftliche Fragestellung herangezogen werden (Steffensky, 2017).

Vermutungen und Hypothesen aufstellen und überprüfen. Ganz ohne vorheriges Wissen oder Erfahrungen ist es nicht möglich, Vorhersagen über Ereignisse oder Experimente zu treffen oder Erklärungen über komplexe Zusammenhänge zu liefern. Erwartungen sind die Vorläufer von Vorhersagen, denn aus Erfahrungen der Kinder entwickeln sich in der Regel oft erste Annahmen.

Werden Annahmen aus Einzelerfahrungen abgeleitet, handelt es sich meist noch nicht um fundierte und begründete Vermutungen. Sie spiegeln eine Vorhersage wider, die das Kind macht, indem es sich an ähnliche Situationen erinnert und die dort gemachten Erfahrungen auf die neue Situation überträgt. Dies ist vom Raten zu unterscheiden, da die Kinder ihre Vermutung oft durch eigene Erfahrungen begründen.

Werden Annahmen allerdings mit theoretischen Überlegungen oder Daten, die aus vorangegangenen Untersuchungen gewonnen wurden, begründet, wird in der Wissenschaft von einer Hypothese gesprochen (Klahr & Dunbar, 1988; Mayer & Ziemek, 2006; Meier & Mayer, 2011). Hypothesen werden in Untersuchungen geprüft (Kohlhauf et al., 2011). Ziel ist es, die Hypothese zu bestätigen oder zu verwerfen, sie gegebenenfalls anzupassen oder eine ganz andere, neue Hypothese aufzustellen. Wird diese in einem Experiment bestätigt, stützt das Experiment die zugrunde gelegten theoretischen Überlegungen. Dies bedeutet allerdings nicht, dass die Hypothese damit als sicher gilt. Beispielsweise könnte die Hypothese richtig sein, nicht aber die Überlegungen, aus denen sie abgeleitet wurde. Wenn die Hypothese nicht bestätigt wird, müssen die theoretischen Überlegungen überarbeitet werden. Oft wird allerdings die Bezeichnung Vermutung umgangssprachlich als Synonym für Hypothese verwendet.

Da jüngere Kinder oft noch keine aus theoretischen Überlegungen abgeleitete (wissenschaftliche) Hypothese aufstellen können, da ihnen das nötige Fachwissen fehlt, wird in dieser Arbeit auf das Vermuten von Kindern Bezug genommen. Es existiert zwar oft bereits Vorwissen in Form einer naiven Theorie (Koerber et al., 2005), aber es handelt sich noch um kein fundiertes Fachwissen. Aus expliziten Erwartungen werden erst Hypothesen.

Untersuchungen und Experimente planen und durchführen. Um eine Hypothese oder Vermutung zu überprüfen, muss ein Experiment geplant und durchgeführt werden. Die Planung einer Untersuchung wird durch die Fragestellung, die untersucht werden soll, sowie die formulierte Hypothese oder Vermutung bestimmt. Wichtige Fragen bei der Planung sind, welche Variablen untersucht und welche Variablen ggf. verändert werden sollen, welche Bedingungen konstant gehalten werden müssen und welche Methode geeignet ist. Die Durchführung eines Experiments erfordert, dass die Planung möglichst präzise und sorgfältig sowie wiederholt durchgeführt wird. Nur wenn der Plan eingehalten wird, können aussagekräftige Ergebnisse erzielt werden.

Häufig wird ein bestimmtes Phänomen erzeugt, um daraus Schlussfolgerungen zu ziehen. Dann wird von einem Versuch gesprochen. Wenn allerdings zu Beginn eine bestimmte Fragestellung steht und gezielt bestimmte Beobachtungssituationen hergestellt werden, um diese Fragestellung selbstständig zu beantworten, wird dies als Experiment bezeichnet (Hartinger et al., 2013).

Beobachten. Wissenschaftliches Beobachten ist im Gegensatz zu zufälligen Alltagsbeobachtungen zielgerichtet und nicht zufällig. Es zeichnet sich durch Erkenntnisinteresse aus und ist zielorientiert, da wissenschaftliches Beobachten von vornherein auf ein auswertbares Ergebnis angelegt ist (Martin & Wawrinowski, 2006). Beobachten kann als eigenständige Erkenntnismethode sowie als Teilschritt beim Experimentieren angesehen werden (Kohlhauf et al., 2011). Während für das Experiment das Erzielen von Ergebnissen wesentlich ist, soll Beobachten eher eine Datenerhebung sein (Martin & Wawrinowski, 2006). Vor Beginn der Beobachtung muss festgelegt werden, welche Frage im Einzelnen geklärt werden soll.

Eine Annahme über die Antwort auf diese Frage – eine wissenschaftliche Hypothese – wird ebenfalls von Anfang an festgelegt, und es ist beabsichtigt, diese zu überprüfen (Kohlhauf et al., 2011). Dabei ist wissenschaftliches Beobachten durch eine bewusste Auswahl der für die Beantwortung der Frage und Prüfung der Hypothese wesentlichen Merkmale gekennzeichnet (Sumaski, 1977). Die Beobachtung findet unter standardisierten Bedingungen statt und sollte intersubjektiv überprüfbar sein (ebd.). Beobachtungen sind dabei bestenfalls wertfrei und unvoreingenommen, können aber durch das Vorwissen und die Erwartungen beeinflusst werden. Daher ist das Wissen über diese Subjektivität eigener Beobachtungen wichtig. Mehrfache Wiederholungen durch ggf. auch unabhängige Beobachtende können die Zuverlässigkeit erhöhen. Wichtig ist zudem, die Beobachtungen zu dokumentieren, um eine Vergleichbarkeit und Überprüfbarkeit zu schaffen.

Messen. Durch das Messen werden Beobachtungen quantifiziert und deren Vergleichbarkeit erleichtert. Um messen zu können, müssen Maßeinheiten (wie Meter oder Kilogramm) definiert werden. Geeichte Messgeräte ermöglichen eine hohe Genauigkeit der Messung, wobei dennoch mögliche Störvariablen (wie z. B. Wind oder Temperatur) berücksichtigt werden müssen.

Begründen und Argumentieren. Ein zentrales Merkmal der Naturwissenschaften ist das evidenzbasierte Begründen (über Annahmen oder Schlussfolgerungen). Das bedeutet, dass die Begründungen auf erhobene und somit empirische Daten zurückzuführen sind. Die Verknüpfung einer Aussage mit empirischer Evidenz wird als Argumentieren bezeichnet. Dazu müssen die Aussagen kritisch hinterfragt, fundierte Argumente gefunden, die Eignung von Belegen geprüft sowie neue Evidenz zum Revidieren von Aussagen herangezogen werden. Viele Kinder im Vorschulalter begründen ihre Aussagen allerdings nicht im Sinne einer generalisierten Je-Desto-Beziehung, können aber beispielweise durch eigene Erfahrungen und Beobachtungen erklären, dass ein Schneemann schmilzt, weil es warm ist und die Sonne scheint (Steffensky & Lankes, 2011).

Ordnen, Vergleichen und Systematisieren. Vergleichen, Ordnen und Systematisieren sind wichtige Vorgehensweisen, um mögliche Zusammenhänge in der komplexen Welt zu erkennen. Neben beispielweise der Einteilung von Materialien hinsichtlich ihrer Eigenschaften ist vor allem das Vergleichen, Ordnen und Klassifizieren von Fragen, Beobachtungen, Methoden und Ergebnissen wichtig, um Schlussfolgerungen ziehen zu können. Je nach Fragestellung und Wissen können unterschiedliche Vergleichskriterien festgelegt und angewendet werden. Unterschiedliche Kriterien führen zu unterschiedlichen Ergebnissen.

Modellieren. Naturwissenschaftliche Modelle sind gedankliche Konstrukte und werden genutzt, um nicht sichtbare Zusammenhänge zu beschreiben und zu erklären. Modellieren beschreibt daher die Übertragung von Beobachtungen und Zusammenhängen in ein Modell. Modelle sind dabei stets nur ein vereinfachtes Abbild der Wirklichkeit und können nicht wahr oder falsch, sondern lediglich für bestimmte Zwecke geeignet oder ungeeignet sein. Modellieren wird als Teil der Erkenntnisgewinnung verstanden. Die besondere Bedeutung von Modellen besteht darin, Vorhersagen von Ereignissen zu ermöglichen.

Dokumentieren. Um Untersuchungen nachvollziehen und wiederholen zu können, müssen diese dokumentiert werden. Die Ergebnisse und die daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen müssen transparent und überprüfbar sein, um einen Zufall auszuschließen. Diese Dokumentationen können durch Bilder, Skizzen, Protokolle oder auch Tabellen erfolgen.

Interpretieren, Schlussfolgern und Generalisieren. Jede Beobachtung im Rahmen eines geplanten Experiments wird ursprüngliche Erwartungen und Hypothesen bestätigen oder widerlegen. Der Rückbezug von Beobachtungen auf die Ausgangsüberlegungen ist ein wichtiger Prozess, der beim naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinn nicht fehlen darf. Denn Ziel naturwissenschaftlichen Arbeitens ist es, evidenzbasierte Entscheidungen sowie generalisierte Aussagen über Zusammenhänge zu treffen. Die im Experiment gewonnenen Daten (aus Beobachtungen oder Messungen) müssen zunächst objektiv beschrieben werden (Mayer et al., 2008). Anschließend können sie mit Hinblick auf die Hypothese interpretiert werden, um Aussagen über die Zusammenhänge zu machen und Schlussfolgerungen für weitere Untersuchungen ziehen zu können (Beaumont-Walters & Soyibo, 2001).

Beispiele generalisierter Aussagen sind Wenn-dann- und Je-desto-Beziehungen sowie naturwissenschaftliche Gesetze. Zusammenhänge bzw. Gesetze ermöglichen das Vorhersagen von Ereignissen. Es ist zu beachten, dass gleiche Daten zu unterschiedlichen Interpretationen führen können (Bybee, 2004) und dass die Zuverlässigkeit einer Schlussfolgerung aus empirischen Daten von der Qualität aller Teilschritte abhängt.

“[...] scientists vary in their talents, imagination, intuition, and courage. Given the same experimental results, two individuals or groups of scientist may form different explanations [...]. Some scientist may provide a very safe and secure explanation for experimental results, while another will give a bold and courageous explanation.” (Bybee, 2004, S. 3)

Das gesamte methodische Vorgehen muss daher kritisch – auch mit den Kindern – reflektiert werden (Mayer & Ziemek, 2006), um eine breitere Sicht auf naturwissenschaftliches Forschen zu vermitteln.

All diese verschiedenen Denk- und Arbeitsweisen markieren zentrale Fähigkeiten zur Erschließung der Lebenswelt und bilden die Grundlage naturwissenschaftlichen Lernens.

2.2. Geeignete Denk- und Arbeitsweisen in der Kita

Es besteht zwar ein relativ großer Konsens über die Ziele der naturwissenschaftlichen Grundbildung, aber nicht darüber, welche inhaltlichen Themen und welche Denk- und Arbeitsweisen in der Kita behandelt werden sollten (French & Woodring, 2006). Dies lässt sich nicht allgemeingültig beantworten, da es viele Phänomene und Kontexte gibt, die zunächst für Kinder ungeeignet scheinen, bei denen sie aber bereits erste Vorstellungen aufgebaut haben. Sobald ein gewisses Vorwissen von Kindern vorhanden ist, auf das aufgebaut werden kann (siehe Kapitel 3.2; Conceptual Change), kann ein Thema inhaltlich an das Wissen angepasst und somit aufgegriffen werden. Viele Inhaltsbereiche lassen sich auf der Ebene der Kinder entgegen den Erwartungen gut formulieren und können daher in Lernangeboten vorbereitet werden, in denen die Kinder entsprechende Erklärungen erarbeiten (Stern & Hardy 2005).

Gleiches gilt für die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen. Auch hier kann behauptet werden, dass keine bestimmten Denk- und Arbeitsweisen besonders geeignet sind, denn jede der Denk- und Arbeitsweisen unterscheiden sich in ihrer Komplexität und müssen je nach Alter und Vorwissen angepasst werden (Steffensky & Hardy, 2013). In einem bekannten Kontext, in dem ein Kind bereits Erfahrungen und erste Vorstellungen hat, kann es Vermutungen aufstellen. In einem neuen Kontext kann es vermutlich nur raten und eben nicht (begründet) vermuten. Durch kognitive Unterstützung (siehe Kapitel 4.2) kann Kindern jedoch geholfen werden, weniger vertraute Vorgehensweisen zu erlernen.

Durch forschend-entdeckendes Lernen nach Bruner (1973) werden die Denk- und Arbeitsweisen gefördert, mit denen Kinder selbständig ihre Fragen und Vermutungen entwickeln und überprüfen können (Mayer & Ziemek, 2006). Sie bauen auf bestehende Vorstellungen sowie Vorwissen auf und übertragen diese auf neue Situationen, wodurch Kinder Problemlösefähigkeiten erwerben. Häufig wird es daher als ein Ansatz zur Problemlösung angesehen und beinhaltet die Anwendung verschiedener Problemlösungsstrategien (Pedaste & Sarapuu, 2006).

Dieses forschende Lernen betont die aktive Beteiligung sowie die Eigenverantwortung des Lernenden, ggf. fehlende Denk- und Arbeitsweisen zu erkennen (de Jong & van Joolingen, 1998). Dabei spielen Fachkräfte eine große Rolle. Sie leiten die Kinder an, beispielweise eigene Vermutungen aufzustellen, Beispiele zu vergleichen oder ihre Beobachtungen zu kommunizieren und unterstützen dabei, den Prozess des Forschens zu verstehen und Denk- und Arbeitsweisen zu erwerben (Kapitel 2) (Steffensky et al., 2018).

In der pädagogischen und naturwissenschaftsdidaktischen Forschung wird der komplexe Prozess des forschend-entdeckenden Lernens in kleinere Schritte unterteilt, welche miteinander verbunden sind. Diese verschiedenen Teilschritte der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung bilden zusammen den sog. Forschungszyklus (*Scientific Inquiry Cycle* nach Pedaste et al. 2015).

2.3. Der Forschungszyklus

Die Liste der oben aufgeführten zentralen Denk- und Arbeitsweisen erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie stellt lediglich die zentralen Felder der naturwissenschaftlichen Forschung dar. In bisherigen Studien wurden die einzelnen Denk- und Arbeitsweisen unabhängig voneinander untersucht, obwohl sie voneinander abhängig und miteinander verknüpft sind (Wilhelm & Beishuizen, 2003). Es ist davon auszugehen, dass die einzelnen Aspekte (wie Beobachten oder Vermuten) zwar gefördert werden können, aber nicht ausreichen, um eine ganzheitliche naturwissenschaftliche Grundbildung zu erwerben und somit gezielt empirische Forschung und Reflexion zu ermöglichen (Kuhn & Franklin, 2006). In der Naturwissenschaftsdidaktik werden die Schritte der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung oft als (idealisierter) Ablauf im Sinne eines Forschungszyklus (vgl. Abb. 1) dargestellt. Dieser ist zentraler Bestandteil des Wissenschaftsverständnisses.

Die klassische Abfolge wird dabei oft wie folgt wiedergegeben: 1.) Fragen formulieren, 2.) Vermutungen aufstellen, 3.) Experiment planen und durchführen, 4.) Auswerten und Interpretieren. Aus einer Beobachtung ergeben sich oft Fragen, die mit Vorwissen nicht erklärt werden können (Mayer & Ziemek, 2006). Auf diese Fragen gibt es oft mögliche Antworten oder Erklärungen, die als Hypothesen formuliert werden (Naguib, 2006; Kapeller, 2009). Diese können dann durch weitere Beobachtungen, Experimente oder andere Untersuchungsverfahren überprüft werden. Daraufhin müssen die gewonnenen Daten dann in Bezug auf die Hypothesen ausgewertet und interpretiert werden.

Die Ergebnisse können neue Fragen oder Probleme aufwerfen, die in einem neuen Prozess beantwortet werden müssen. Keinesfalls sollte dies als eine lineare Abfolge von Schritten missverstanden werden, die immer umgesetzt werden muss. Diese Abfolge von Schritten ist eine vereinfachte und idealisierte Darstellung, die im Forschungsprozess selten genauso durchlaufen wird (McComas, 1996), denn es treten zahlreiche verschiedene Wege der Erkenntnisgewinnung auf. Beispielsweise können Fragen oder Annahmen auf der Grundlage von Erfahrungen und Beobachtungen entstehen. Beobachten kann – wie bereits beschrieben – auch als eigenständiger Weg der Erkenntnisgewinnung verstanden werden, indem die Beobachtung von einer Frage geleitet wird. Und neben der Übertragung beobachteter Phänomene in ein Gedankenmodell kann das Modellieren auch als ein Schritt innerhalb eines Erkenntnisweges verstanden werden.

Aus didaktischer Sicht dient das Modell des Zyklus für mögliche Vorgehensweisen als Strukturierungshilfe und kann als eine Art Gerüst (*Scaffolding*) verstanden werden. Gleichzeitig wird dieser Prozess genutzt, um über die Erkenntnisgewinnung zu reflektieren und ein Wissenschaftsverständnis anzuregen. Ein solches Modell soll den Kindern zunächst helfen, eine Vorstellung über den Zyklus zu entwickeln. Der Lernprozess wird durch den idealisierten Zyklus sinnvoll gegliedert (Mayer & Ziemek, 2006). Sie können so eine Vorstellung darüber bekommen, dass es sich um ein absichtliches sowie geplantes und zyklisches Vorgehen handelt und dass die Schritte aufeinander aufbauend und nie endend sind, denn das Ergebnis einer Untersuchung führt oft zu neuen Fragen und neue Zyklen der Hypothesenbildung und -prüfung.

Die Systematisierung von Denk- und Arbeitsweisen ist in der Naturwissenschaftsdidaktik weit verbreitet, aber nicht einheitlich. So finden sich unterschiedliche Varianten (und Bezeichnungen) des Forschungszyklus und verschiedene Abgrenzungen zwischen den einzelnen Schritten in der Literatur. Der Grundgedanke des kumulativen und zyklischen Vorgehens ist aber bei allen Autorinnen und Autoren ähnlich (Klahr & Dunbar, 1988; Krajcik et al., 1998; White & Frederiksen, 1998; Grygier et al., 2007; Frischknecht-Tobler & Labudde, 2010; Kuhn, 2010; Marquardt-Mau, 2011; Sodian & Mayer, 2013; Pedaste et al., 2015; Leuchter, 2017; Steffensky, 2017).

Aus diesem Grund führten Pedaste et al. (2015) eine systematische Literaturrecherche durch. Es ergab sich daraus ein Modell, welches fünf Phasen charakterisiert: Orientierung (*Orientation*), Konzeptualisierung (*Conceptualization*), Untersuchung (*Investigation*), Schlussfolgerung (*Conclusion*) und Diskussion (*Discussion*) (Abb. 1).

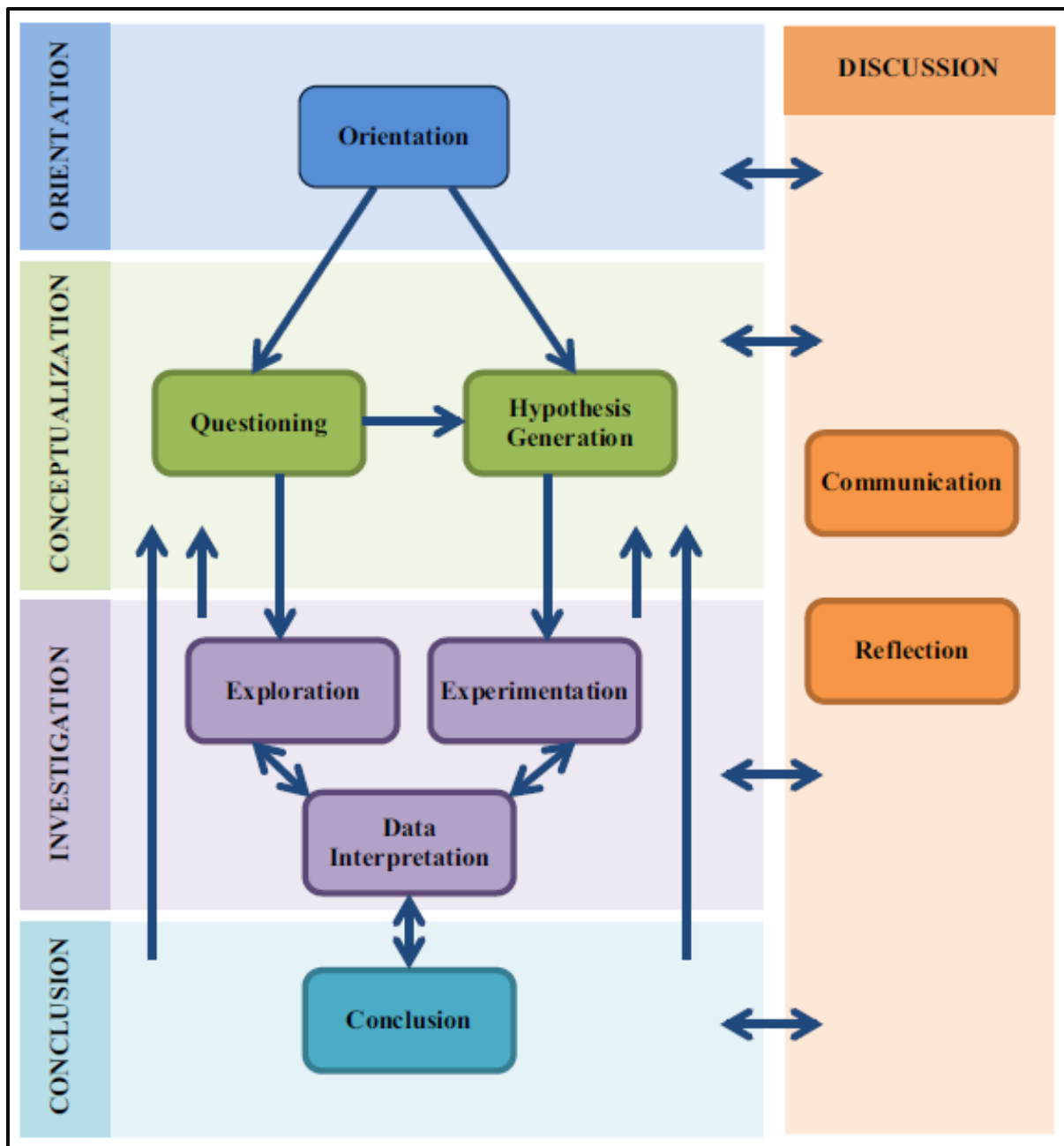


Abbildung 1: Phasen des Forschungszyklus (Pedaste, 2015).

Der naturwissenschaftsdidaktisch verstandene Prozess der Erkenntnisgewinnung beginnt mit einer Orientierungsphase. Diese beinhaltet in einem ersten Schritt die Beobachtung und Beschreibung eines Phänomens und das Erkennen einer Problemstellung. Das Interesse der Kinder wird geweckt. In der Konzeptualisierungsphase formulieren die Kinder eine Forschungsfrage und stellen theoretisch begründete Vermutungen auf. Es folgt die Untersuchungsphase, in der die aus den Vermutungen abgeleiteten Experimente geplant sowie durchgeführt und somit Daten gesammelt werden. Das gezielte Beobachten sowie Dokumentieren der Daten sind dabei wichtig für das Überprüfen der Vermutungen und deren Interpretation.

Der Erkenntnisprozess wird durch die Interpretation der Ergebnisse und deren Vergleich mit den zuvor formulierten Vermutungen abgeschlossen, sodass eine evidenzbasierte Schlussfolgerung möglich wird. Diese kann im Anschluss die Grundlage für weitere Untersuchungen bilden. In der Diskussionsphase geht es darum, die gewonnenen Erkenntnisse zu kommunizieren und die eigene Lernphase zu reflektieren. Diese Phase findet aber nicht nur am Ende, sondern zu jedem Zeitpunkt während des gesamten Forschungszyklus statt. Da es sich allerdings nicht um einen linearen, sondern um einen kumulativen Prozess handelt, unterliegen die Phasen des Forschungszyklus auch keiner festgelegten Reihenfolge. Zudem variieren die Schritte je nach Kontext (Pedaste et al., 2015; Leuchter, 2017).

Dieser Zyklus ist nicht als fester Prozess zu interpretieren und die Pfeile in der Abbildung 1 zeigen nicht alle möglichen Wege der Kinder. Jüngere Kinder werden oft nicht dem vollständigen Weg folgen, sondern beispielweise erste Ideen entwickeln, aus denen neue Beobachtungen und Vorstellungen entstehen. Bereits im Vorschulalter beginnen Kinder aber damit, systematischer bei der Erkenntnisgewinnung vorzugehen (Jampert et al., 2006). Kinder sollen mithilfe des Forschungszyklus Kenntnisse über Phänomene aus der Umwelt erwerben und lernen, diese auf neue Kontexte zu übertragen und in Zusammenhang zu setzen. Es geht nicht nur um das reine Erkennen und Verstehen von Phänomenen, sondern auch um das Deuten des Zusammenhangs sowie die Anwendung in neuen Kontexten. Sie sollen ein Wissen über die Denk- und Arbeitsweisen und somit ein angemessenes Verständnis der Natur der Naturwissenschaften erwerben. Dies stellt eine zentrale Facette naturwissenschaftlicher Grundbildung dar (*Scientific Literacy*) dar (vgl. Kremer, 2010).

3. Entwicklung (natur-)wissenschaftlichen Wissens

Dieses Kapitel fasst zunächst die Erkenntnisse zur Entwicklung von Wissen im Kindergartenalter zusammen. Dabei soll der Schwerpunkt auf der Frage liegen, wie sich Kinder neues Wissen aneignen. Im Anschluss wird auf die für diese Arbeit relevanten naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen eingegangen. Was bereits über das Wissen der Kinder über die Denk- und Arbeitsweisen bekannt ist und welche Kinder im Vorschulalter bereits erwerben können, wird anhand ausgewählter Studien sowie deren Ergebnissen vorgestellt. Wie naturwissenschaftliches Wissen zudem gefördert werden kann, wird in Kapitel 4 erörtert.

Bisherige Forschungsergebnisse unterstreichen die Bedeutung von frühen Bildungsprozessen für einen erfolgreichen Bildungsverlauf (Weinert et al., 2008; Patrick et al., 2009; Heckman et al., 2010; Sylva et al., 2013; Morgan et al., 2016; Steffensky, 2017). Nach dem gegenwärtigen Stand der entwicklungspsychologischen Forschung ist der Erwerb von Wissen ein variabler, kumulativer Prozess, der in der frühen Kindheit beginnt und über die gesamte Lebensspanne hinweg stattfindet (Sodian, 2005; Heckman et al., 2010). Zudem zeigen verschiedene Längsschnittstudien, dass im Kindergartenalter erworbene Kenntnisse einen Einfluss auf die späteren Leistungen im Primar- sowie Sekundarbereich haben (McClelland et al., 2006; Duncan et al., 2007; Claessens et al., 2009; Camilli et al., 2010; Sylva et al., 2013; Watts et al., 2014). Der Aufbau von Wissen erfolgt dabei an bereichsspezifischen Inhalten (Karmiloff-Smith, 1992).

Der kindliche Entwicklungsprozess ist abhängig von den individuellen Voraussetzungen des Kindes (kognitive sowie sprachliche Fähigkeiten, Vorwissen, Genetik) sowie von verschiedenen Umweltfaktoren (häusliches Umfeld, Merkmale der Kita) (NICHD¹³ ECCRN¹⁴, 2002 & 2005; Gentner & Goldin-Meadow, 2003; Bronfenbrenner & Morris, 2006; Burger, 2010; Anders, 2013; Ebert & Weinert, 2013; Quinn, 2015). Das Umfeld spielt eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens. Es bietet Lernmöglichkeiten durch Anregungen sowie materielle und aktive Einflussnahme. Kinder nutzen und gestalten diese Lerngelegenheiten aktiv und passiv. Vor diesem Hintergrund wird die Passung zwischen den Voraussetzungen der Kinder und der Umwelt als äußerst wichtig erachtet (Anders et al., 2013 in Anlehnung an Siegler et al., 2005 und Weinert et al., 2008).

In Steffenskys Darstellung eines Angebot-Nutzungs-Modells (2017) in Anlehnung an Roux & Tietze (2007), Bronfenbrenner & Morris (2006) sowie Fend (2001) wird der kindliche Entwicklungsprozess beschrieben (Abb. 2). Dabei werden Interaktionen, die zwischen dem Kind und seiner Umgebung (häusliches sowie institutionelles Umfeld) stattfinden, als entscheidender Mechanismus für die Entwicklung von Fähigkeiten sowie des Wissenserwerbs bei Kindern angenommen. Neben der Prozessqualität der (institutionellen sowie häuslichen) Lernangebote, die die Qualität der Interaktionen eines Kindes mit der sozialen und materiellen Umwelt umfasst (Kapitel 4.1), ist die individuelle Nutzung des Angebots durch das Kind (kognitive und motivationale Merkmale) entscheidend.

¹³ National Institute of Child Health and Human Development.

¹⁴ Early Child Care Research Network.

Wygotski (1978) unterscheidet dabei zwischen den Fähigkeiten, die ein Kind in einer gegebenen Situation zeigt, und denen, die es zeigen kann, wenn es in geeigneter Weise zum Weiterdenken angeregt wird.

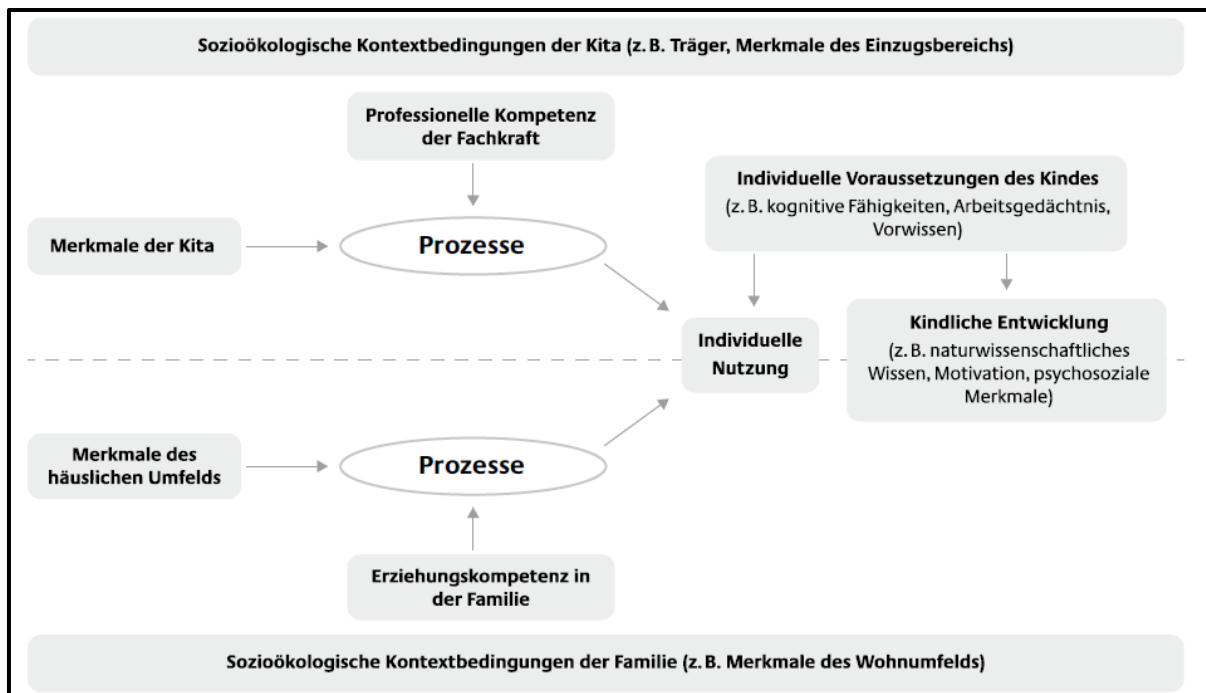


Abbildung 2: Angebot-Nutzungs-Modell für institutionelle und häusliche Entwicklungsprozesse nach Steffensky (2017) in Anlehnung an Roux & Tietze (2007), Bronfenbrenner & Morris (2006) sowie Fend (2001).

Vor allem die unterschiedlich stark ausgeprägten sprachlichen Fähigkeiten haben einen Einfluss auf den Aufbau naturwissenschaftlichen Wissens. Es wird davon ausgegangen, dass Sprache ein zentraler Einflussfaktor für den Wissenserwerb in verschiedenen Bereichen ist (Gentner & Goldin-Meadow, 2003), da viele Interaktionen typischerweise über die Sprache erfolgen und den Lernprozess unterstützen (Saalbach et al., 2013). Daher ist das Beherrschen von Sprache auch beim Forschen bedeutend, denn Sprache ist erforderlich, um Fragen zu stellen, Annahmen zu treffen oder eine Beobachtung zu beschreiben. Neben der Voraussetzung von Sprache kann diese aber umgekehrt durch das Beschäftigen mit Naturphänomenen beispielsweise mittels der Kommunikation über Beobachtungen gefördert werden (Lück, 2003). Naturwissenschaften bieten eine gute Möglichkeit, besonders aufgrund der Denk- und Arbeitsweisen ein bildungssprachliches Vokabular aufzubauen (Henrichs et al., 2011).

Neben sprachlichen Voraussetzungen ist auch das Arbeitsgedächtnis ein entscheidender Faktor. Dieses ermöglicht ein zielgerichtetes und geplantes Handeln, indem nur relevante Informationen ausgewählt werden, die zur Bewältigung der Anforderung notwendig sind (Steffensky, 2017). Die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses ist zentral für den Erwerb von (neuem) Wissen (König, 2017). Altersbedingte Defizite im Arbeitsgedächtnis von Kindern können den Wissenserwerb erschweren (Hasselhorn & Schumann-Hengsteler, 2001), können allerdings durch Vorwissen kompensiert werden.

Vorwissen ist ein stärkerer Prädiktor für den Lernerfolg als beispielsweise allgemeine kognitive oder problemlösende Fähigkeiten (Weinert & Helmke, 1997; Stern, 2004). Vorhandenes Vorwissen ist daher einer der zentralsten Einflussfaktoren des Wissenserwerbs und entscheidend für den Aufbau neuen Wissens. Beim Aufbau neuen Wissens werden Wissensstrukturen verändert (siehe Kapitel 3.2; Conceptual Change), erweitert oder neu generiert (Baroody, 2003). Dabei orientieren sich Kinder an ihrem bereits erworbenen Wissen.

Die zentrale Bedeutung des Vorwissens beschreibt auch Piaget in seiner konstruktivistischen Lerntheorie (1974), in der Entwicklung als aktive Auseinandersetzung mit der Natur beschrieben wird. Ein erstes Entwicklungsziel besteht laut Piaget darin, die Sinne zu schulen und eigene Wahrnehmungen mit einfachen motorischen Handlungen zu kombinieren. Im Verlauf der weiteren Entwicklung lernen die Kinder, mit dieser neuen Welt umzugehen. Dabei ist das Denken zunächst sehr an die Wahrnehmung gebunden und wenig flexibel. Kinder konstruieren dabei ihre eigene Wirklichkeit. Diese eigenen Vorstellungen prägen die Auseinandersetzung mit der Umwelt nachhaltig und müssen im Verlauf der Entwicklung immer wieder verändert und der Realität zunehmend angepasst werden (Pauen et al., 2009). Nach Piaget (1974) versuchen Kinder entweder neue Informationen in das vorhandene Wissen aufzunehmen (Assimilation) oder vorhandenes Wissen durch neue, unbekannte Informationen zu erweitern und neu aufzubauen (Akkommodation). Dieser Prozess hängt dabei natürlich von altersbezogenen Denkstrukturen ab.

Während klassische Entwicklungstheoretiker wie Piaget (1974) und Wygotski (1987) davon ausgehen, dass die Entwicklung eines wissenschaftlichen Denkens auf generellen Veränderungen in der Denkweise basiert, gehen Vertreter neuerer entwicklungspsychologischer Ansätze wie Carey und Spelke davon aus, dass Kinder die gleichen Möglichkeiten des Denkens haben wie Erwachsene. Den Kindern fehlen aber Erfahrungen, dieses Wissen in angemessener Weise zu nutzen (Carey, 1985; Carey & Spelke, 1994; Spelke et al., 1994). Dementsprechend suchen Menschen jeden Alters nach Erklärungen für Phänomene, die sie in der Welt beobachten. Je mehr bereits bekannt ist und je besser es gelingt, frühere Erfahrungen mit neuen zu kombinieren, desto angemessener sind die Vorstellungen, die vorhanden sind (Pahnke & Pauen, 2012). Mit wachsendem Wissen würden sich die kognitiven Leistungen der Kinder daher denen von Erwachsenen annähern. Das Wissen über die Natur hängt dementsprechend nicht nur vom Alter, sondern auch zentral von den bisherigen Erfahrungen und dem Vorwissen ab (ebd.). Vorstellungen können sich nur dann weiterentwickeln, wenn die Kinder schon früh komplexe Erfahrungen machen. Konkret bedeutet dies, dass das Sammeln von naturwissenschaftlichen Erfahrungen gezielt gefördert werden sollte.

Inzwischen deuten empirische Belege darauf hin, dass die Entwicklung des Denkens im Allgemeinen viel schneller voranschreitet, als die klassischen Entwicklungstheoretiker angenommen hatten (beispielsweise Goswami, 2008). Kinder kommen mit unterschiedlichen Voraussetzungen und heterogenen Vorläuferfähigkeiten in den Kindergarten – sei es auf sprachlicher, mathematischer oder naturwissenschaftlicher Ebene. Diese sind allerdings entscheidend für den späteren Bildungserfolg.

Naturwissenschaft wird häufig als ein geeignetes Feld für die Umsetzung von Lernangeboten für Kinder mit heterogenen Hintergründen beschrieben, weil sie einen handlungsorientierten Ansatz erfordert, viele Phänomene anschaulich sind und Wissen auf verschiedenen Ebenen leicht differenziert werden kann (Alber-Morgan et al., 2015). Die Struktur der Lernangebote kann die zu interpretierende Umwelt dabei einschränken und reduziert somit die Komplexität der Lernsituation, sodass neue Erklärungsansätze überzeugend aufgebaut und in vorhandenes Wissen integriert werden können. Die Reduktion hilft dabei, dass kognitiv herausfordernde Lernangebote keine Überforderung darstellen und daher von möglichst vielen Kindern mit unterschiedlichen Voraussetzungen bewältigt und genutzt werden können (Reiser, 2004; Kirschner et al., 2006). Sie wirken sich durch die Anregung der Entwicklung des konzeptuellen Wissens besonders positiv auf die Förderung leistungsschwächerer Kinder aus, die wenig Vorwissen mitbringen oder ein eingeschränktes Arbeitsgedächtnis haben. Kinder mit besseren Voraussetzungen werden sich häufiger selbst anregende Lerngelegenheiten suchen, während Kinder mit ungünstigeren Voraussetzungen oft darauf angewiesen sind, dass ihnen von außen diese Anregungen angeboten werden (Möller et al., 2002).

Ergebnisse aus verschiedenen Studien zeigen, dass grundlegendes Wissen, das bereits im Kita-Alter erworben wird, einen Einfluss auf spätere Leistungen in der Grundschule und in den weiterführenden Schulen hat (McClelland et al., 2006; Duncan et al., 2007; Claessens et al., 2009; Camilli et al., 2010; Sylva et al., 2013; Watts et al., 2014). Dies ist insbesondere in den Bereichen Mathematik und dem Spracherwerb untersucht worden. Duncan et al. (2007) zeigten beispielsweise, dass mathematisches Basiswissen zu Beginn der Grundschule – unter Kontrolle von allgemeinen kognitiven Fähigkeiten, Lesefähigkeit und Aufmerksamkeit – die mathematischen Leistungen in der dritten Klasse voraussagen. Krajewski und Schneider (2006) konnten in einer Studie im Bereich der Arithmetik zeigen, dass bestimmte Vorläuferfähigkeiten für die spätere mathematische Leistungsentwicklung bedeutsam sind. So zeigten sie, dass die Zählprozedur grundlegend für das Mengenbewusstsein von Zahlen ist und somit die Leistungen im Fach Mathematik am Ende der Grundschulzeit beeinflusst. Umgekehrt zeigten Gaupp et al. (2004), dass Kinder mit geringeren mathematischen Leistungen in der Grundschulzeit häufig Defizite in diesen grundlegenden Bereichen aufweisen.

Die Forschungslage in den Naturwissenschaften hingegen ist deutlich weniger breit. Dennoch lassen sich viele Überschneidungen zwischen dem naturwissenschaftlichen und dem mathematischen prozessbezogenen Wissen erwarten, denn viele der einzelnen Denk- und Arbeitsweisen, die beispielsweise beim Interpretieren von Daten angewendet werden (wie Ordnen und Vergleichen), sind für beide Disziplinen gleichermaßen relevant (Guo et al., 2015; Mantzicopoulos et al., 2008). Ergebnisse aus einer repräsentativen Längsschnittstudie deuten zudem darauf hin, dass die Umgebung und damit der SES¹⁵ des Kindes die Entwicklung der Sprache und damit die spätere schulische Leistung in naturwissenschaftlichen Fächern vorhersagt (Blums et al., 2016). Die Sprachfähigkeit und die Entwicklung des Kindes beeinflussten die kognitiven Fähigkeiten wie z. B. relationales Denken, welches die Leistungen in Mathematik und in den Naturwissenschaften in der Sekundarstufe stark voraussagten (ebd.).

¹⁵ Sozioökonomischer Status.

Wie bereits erwähnt ist insbesondere das Vorwissen für den Lernprozess entscheidend (Stern, 2004; Weinert & Helmke, 1997). Es kann also davon ausgegangen werden, dass auch naturwissenschaftliche Grundkenntnisse für spätere naturwissenschaftliche Bildungsprozesse relevant sind. Beispielsweise zeigten Morgan et al. (2016), dass naturwissenschaftliches Grundwissen von 5-6-jährigen Kindern ihre naturwissenschaftlichen Leistungen in der dritten Klasse vorhersagt. Es ist jedoch unklar, welche konkreten Grundkenntnisse besonders relevant sind und langfristig positive Bildungsentwicklungen unterstützen. In der Studie von Weinert und Schneider (1999) konnte gezeigt werden, dass frühes wissenschaftliches Denken von Kindern zwischen acht und elf ein besserer Prädiktor für das wissenschaftliche Denken im Alter von 22 Jahren als der IQ oder andere kognitive Maße. Es scheint daher ein kohärenter Bereich zu sein, in dem langfristige bedeutsame individuelle Unterschiede bereits in der Grundschule festgestellt werden können (Nentwig & Schanze, 2006).

Neben der Erkenntnis, dass der frühe Erwerb von naturwissenschaftlichem Wissen wichtig ist, zeigen einige Studien, dass der Aufbau des Wissens auch abhängig von der Dauer der Kindergartenzeit ist. So konnten Bos et al. (2007) in der IGLU-Studie einen positiven Zusammenhang zwischen der Dauer der Kindergartenzeit und der Lesekenntnisse am Ende der Grundschulzeit feststellen. Daraus zogen sie den Schluss, dass alle Kinder in Bezug auf ihre Entwicklung vom Besuch der Kita profitieren (Bos et al., 2007). Auch die Ergebnisse von Büchner und Spieß (2007) deuten darauf hin, dass mit zunehmender Dauer der Kindergartenzeit die Wahrscheinlichkeit steigt, einen besseren Schulabschluss zu erreichen.

Die Studien von Claessens & Engel (2013) sowie Saçkes (2013) stützen die Annahme, dass mathematische Grundkenntnisse im Kindergartenalter die naturwissenschaftlichen Leistungen in der Schule vorhersagen. Auch Guo, Piasta und Bowles (2015) fanden ein ähnliches Bild: die mathematischen Kenntnisse sind prädiktiv für den Zuwachs der naturwissenschaftlichen Grundkenntnisse – auch bei Kontrolle des naturwissenschaftlichen Wissens zum ersten Messzeitpunkt (Guo et al., 2015). Als Grund dafür werden die bereits erwähnten Überschneidungen zwischen den mathematischen und naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen gesehen.

Viele Studien, die die Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens untersuchten, deuten darauf hin, dass der Erwerb bereits im Elementarbereich unterstützt werden sollte, um früh ein anschlussfähiges Wissen aufzubauen (z. B. Patrick et al., 2009; Sylva et al., 2013; Morgan et al., 2016). Vorwissen beeinflusst dabei den Wissenserwerb und ist entscheidend für den Aufbau neuen Wissens (z. B. Stern, 2004). Diese Arbeit soll Belege liefern, dass sich bereits Vorschulkinder früh naturwissenschaftliches Wissen aneignen können. Wie dies unterstützt werden kann, wird in den folgenden Kapiteln näher erläutert. Zunächst werden Studien vorgestellt, die Faktoren untersuchen, die die Entwicklung des Wissens von Kindern beeinflussen.

3.1. Naturwissenschaftliches (prozessbezogenes) Wissen

Kinder verfügen in jungen Jahren noch über sehr wenige Kenntnisse über die Natur und sind kaum geübt, lange systematisch abzuwägen und zu reflektieren, bevor sie Dinge ausprobieren. Obwohl sie viel Neugierde und Lust zum Ausprobieren mitbringen, fällt es ihnen schwer, geeignete Situationen zu schaffen, um ihre eigenen Annahmen zu überprüfen (Pauen et al., 2009). Auch die Fähigkeit, genau zu beobachten und dann aus unterschiedlichen Erfahrungen die richtigen Schlüsse zu ziehen, kann bei jüngeren Kindern nicht automatisch vorausgesetzt werden. Es fehlt ihnen zunächst an Vorwissen über die Natur sowie an Wissen und Erfahrung darüber, wie sie neue Erkenntnisse über die Natur gewinnen können. Je mehr ein Kind weiß und je adäquater frühere Erfahrungen mit neuen kombiniert werden können, desto passender werden die Vorstellungen. Es liegt daher auf der Hand, schon junge Kinder gezielt für Naturphänomene zu interessieren, denn ihre Vorstellungen können sich nur weiterentwickeln, wenn sie entsprechende Erfahrungen schon in jungen Jahren machen (Pauen et al., 2009).

Nun stellt sich die Frage, welche Faktoren die Entwicklung des naturwissenschaftlichen Wissens von Kindern beeinflussen. Unter einem naturwissenschaftlichen Wissen ist hierbei der wissenschaftliche Erkenntnisprozess zu verstehen, der neben dem Aufstellen und Überprüfen einer Hypothese auch die Interpretation beinhaltet (Klahr, 2000) (siehe Kapitel 2). Dabei ist festzuhalten, dass Kinder durchaus gezielt vorgehen, um neue Erkenntnisse zu gewinnen (Wilkening & Sodian, 2005). Zugleich sollte jedoch nicht übersehen werden, dass ihre Denkfähigkeiten im Alter zwischen drei und sechs Jahren erheblichen Veränderungen unterliegen (Goswami, 2008).

Hinsichtlich des naturwissenschaftlichen Wissens von Kindern kam Zimmerman (2007) zu dem Schluss, dass das Wissen von Kindern unterschätzt, das Wissen von Erwachsenen dagegen überschätzt wird. Die Entwicklung grundlegenden Wissens beispielweise zur Hypothesentestung beginnt im Vorschulalter und setzt sich bis ins Jugend- und Erwachsenenalter fort. Zudem sind die individuellen Unterschiede in den Voraussetzungen in allen Altersgruppen ausgeprägter als bisher angenommen (Sodian & Bullock, 2008). Neuere Forschungen erklären Schwierigkeiten von Kindern beim Erwerb naturwissenschaftlichen Wissens nicht mit strukturellen Einschränkungen, sondern vor allem mit einem mangelnden Verständnis über die Unterscheidung der Konzepte Theorie und Hypothese sowie empirischer Evidenz (Kuhn & Franklin, 2006) und fehlenden Problemlösefähigkeiten (Dunbar & Klahr, 1989; Klahr, 2000). Dennoch ist es möglich, dass Kinder bereits im Vor- und Grundschulalter Grundkenntnisse über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen aufbauen können (Sodian & Mayer, 2013).

Es wird heute davon ausgegangen, dass Kinder schon sehr früh in der Lage sind, Theorien bzw. Hypothesen zu bilden und diese für Begründungen zu verwenden (Sodian et al., 2004). Bekannt ist, dass Kinder bereits im Säuglingsalter über ein erstes intuitives, implizites naturwissenschaftliches Wissen verfügen (Schneider & Niklas, 2017). Dabei ist grundsätzlich zwischen implizitem und explizitem Wissen zu differenzieren. Explizites Wissen ist sprachlich repräsentierbar und kann erfasst werden. Erklärungen können also geäußert werden. Implizites Wissen wird dagegen auch stummes Wissen genannt. Es ist beispielweise als Handlungswissen abrufbar – kann daher nur indirekt beobachtet und schwer erfasst werden.

Ein Kind entwickelt ausgehend von Vorerfahrungen implizite Erwartungen (Anders et al., 2013). Wenn beispielweise ein Kind einen Gegenstand verschwinden sieht, bewegen sich die Augen dahin, wo der Gegenstand erwartet wird. Wenn die Erwartungen verletzt werden, reagieren selbst Babys mit Erstaunen und erhöhter Aufmerksamkeit. Auch ein Kindergartenkind zeigt Erstaunen oder Irritation, wenn es z. B. ein anderes Ergebnis eines Experiments erwartet hat. Wenn das Kind aber mit Stolz oder Zufriedenheit reagiert, wurde die Erwartung bestätigt. In den ersten Lebensjahren werden Erwartungen des Kindes zunehmend differenzierter und mit zunehmender Verbesserung der Sprachkenntnisse beginnt es auch, explizite Erwartungen zu formulieren (Sodian et al., 2004). So können die Vorhersagen des Kindes die Kommunikation über Naturphänomene erleichtern und damit die Vernetzung mit dem Vorwissen fördern. Im Kindergartenalter spielt vor allem die Entwicklung von impliziten zu expliziten Erwartungen eine zentrale Rolle (Anders et al., 2013).

Vorschulkinder entwickeln in verschiedenen Bereichen zunehmend differenziertes Wissen bzw. Vorstellungen in verschiedenen Inhaltsbereichen. Dieses Wissen beruht auf ihren Erfahrungen, die sie in unterschiedlichsten Lerngelegenheiten gemacht haben. Es entspricht aber nicht immer den wissenschaftlichen Vorstellungen. Einige Studien haben gezeigt, dass jüngere Kinder in der Lage sind, anschlussfähige Vorstellungen über naturwissenschaftliche Sachverhalte zu entwickeln (z. B. Carey, 2009; Gopnik & Schulz, 2007). Verschiedenen Interventionsstudien nach konnten Kinder in altersgerechten Lernangeboten mit entsprechender Unterstützung – z. B. durch Materialien oder durch kognitive Aktivierung (vgl. 4.3) – ihre erfahrungsbasierten Vorstellungen zu anschlussfähigen Vorstellungen weiterentwickeln. So haben Studien ergeben, dass unterschiedliche Konzepte bereits von Vorschulkindern begriffen werden können. Fthenakis (2009) zeigte beispielsweise, dass Kleinkinder im Alter von einem Jahr bereits in der Lage sind, Tiere kategorial von Fahrzeugen und Möbeln zu unterscheiden. Ab einem Alter von drei Jahren wissen sie zudem, dass Pflanzen und Tiere, nicht aber Autos oder Fahrräder wachsen können und Pflanzen Lebewesen sind (Fthenakis, 2009; Inagaki & Hatano 1996). Kinder können mit entsprechender Unterstützung beispielsweise erste materialbezogene Vorstellungen als Ursache für das Schwimmen und Sinken von Gegenständen oder anschlussfähige Vorstellungen über Luft und Magnetismus entwickeln (Leuchter et al., 2011 & 2013; Kallery, 2015).

Auch Steffensky et al. (2012) sowie Hahn et al. (2014) zeigten, dass sowohl das inhaltsbezogene sowie das prozessbezogene Wissen von Vorschulkindern erfasst und gefördert werden kann. Beispielsweise ist aus SNaKE (Steffensky et al., 2012) bekannt, dass Beobachten und Messen sowie das (systematische) Vergleichen gefördert werden kann. Kinder im Vorschulalter können erfahrbare Bedingungen vergleichen und naheliegende Vorhersagen machen sowie erste Vorstellungen vom systematischen Vergleichen durch die Variation von Bedingungen entwickeln (Steffensky et al., 2012 in Anlehnung an Zimmerman, 2007). Im Rahmen der National Educational Panel Study (NEPS) wurden verschiedene Aspekte – u. a. die naturwissenschaftliche Grundbildung – über die gesamte Lebensspanne hinweg gemessen (Hahn et al., 2014). Die Vorschulkinder sollten kleine naturwissenschaftliche Probleme lösen und naturwissenschaftliche Fragen beantworten. In diesen Studien fehlte jedoch die Erfassung des Wissens über den Zusammenhang der Denk- und Arbeitsweisen sowie über den kumulativen Prozess des Forschens. Diese Lücke gilt es mit dieser Arbeit zu schließen.

Wie bereits erwähnt, gibt es kaum empirische Befunde über die Entwicklung eines Wissens über den Forschungsprozess von Vorschulkindern. Ergebnisse aus Querschnitts- oder Interventionsstudien liefern in erster Linie Informationen über einzelne Komponenten der frühen naturwissenschaftlichen Grundbildung. In Bezug auf die für den Aufbau von Inhaltswissen benötigten Denk- und Arbeitsweisen ist bekannt, dass Kinder bereits grundlegendes Wissen in den ersten sechs Lebensjahren erlernen. Kinder im Säuglingsalter zeigen erste Ansätze des Erkennens von Ursache-Wirkungs-Beziehungen. So zeigte sich, dass sechs Monate alte Kinder das Grundprinzip mechanischer Effekte (Objekt A stößt Objekt B an und stößt dieses um) wahrnehmen (Leslie & Keeble, 1987). Zwei bis vierjährige Kinder haben zwar eine Vorstellung über einfache kausale Mechanismen aufgebaut und beginnen diese anzuwenden, d. h. sie suchen nach Ursachen für Ereignisse, die diesen zeitlich vorausgehen, können komplexe kausale Zusammenhänge jedoch häufig noch nicht korrekt interpretieren (Gopnik & Sobel, 2000; Gopnik et al., 2001; Gopnik, 2012). Schulz und Gopnik (2004) fanden jedoch heraus, dass Vierjährige kausale Variablen in multivariaten Kontexten identifizieren konnten. Die Kinder beobachteten eine Affenhandpuppe, die an Blumen (eine rote, eine gelbe und eine blaue Blume) in einer Vase roch und bei einigen Blumen nieste. Zuerst wurden die rote und blaue Blume zusammen in die Vase gestellt und der Affe musste jedes Mal niesen, wenn er an den Blumen roch. Als nächstes wurden die gelbe und blaue Blume ausgewählt. Der Affe roch erneut an den Blumen und musste wieder niesen. Schließlich wurde die blaue Blume herausgenommen und die gelbe sowie die rote Blume zusammen in die Vase gestellt. Wenn der Affe nun an den Blumen roch, musste er nicht niesen. Die Kinder sollten nun angeben, welche Blume den Affen zum Niesen veranlasste. Knapp 80% der Vierjährigen wählten die blaue Blume als Ursache (Schulz und Gopnik, 2004).

Auch zeigen Vierjährige bereits grundlegendes Wissen beim Bilden von Vermutungen über Zusammenhänge, wenn die vorhandenen Daten klar und eindeutig sind. Ruffman et al. (1993) verwendeten weniger komplexe Aufgaben mit einer geringeren Anzahl von kausalen Variablen bei Vier- bis Siebenjährigen anstelle von multivariaten Aufgabenkontexten. Wenn nur ein kausaler Faktor (rotes oder grünes Essen) gut oder teilweise mit einem Ergebnis (gute oder schlechte Zähne) kovariant war, konnten selbst Sechsjährige einfache Evidenz korrekt interpretieren. Die meisten Kinder konnten auch die kausale Annahme einer Person (aus einer Geschichte) auf der Grundlage der vorgelegten Evidenz vorhersagen. Koerber et al. (2005) replizierten die Ergebnisse von Ruffman und Kollegen (1993) für Vierjährige. Sie fanden heraus, dass Vorschulkinder in konkreten Kontexten (beispielsweise beim Thema Magnetismus) in der Lage sind, aus ihren Vorstellungen schlüssige Vermutungen abzuleiten, auch wenn ihre dabei getroffenen Vorannahmen sachlich nicht immer zutreffen. Sie können Vermutungen über Zusammenhänge entwickeln, wenn sie entsprechende einfache Kovariationsmuster erkennen (ein Faktor als Ursache und ein Ergebnis: vorhanden/nicht vorhanden). Allerdings neigen Kinder – sowie auch viele Erwachsene – häufig dazu, Hypothesen eher als Aussagen zu verwenden, die bestätigt werden müssen, und nicht als Vorhersagen, die überprüft werden müssen oder wo es nicht gelingt, alternative Hypothesen zu bilden (Klahr & Dunbar, 1988). Die beobachteten Ergebnisse bei der Überprüfung der Annahmen werden stark von den eigenen Kausalannahmen und Erwartungen beeinflusst und ggf. falsch gedeutet. Insgesamt neigen insbesondere Vor- und Grundschul Kinder dazu, Experimente mit dem Ziel durchzuführen, ein bestimmtes Ergebnis zu erhalten, und weniger mit dem Ziel, Wirkungszusammenhänge zu erkennen (Sodian & Mayer, 2013).

So konnten Kinder Aufgaben in einem artifiziellen Aufgabenkontext (z. B. Marsmenschen), in dem sie keine eigenen Vorstellungen über eine Ursache-Wirkung-Beziehung hatten, besser lösen als in einem realistischen Kontext, in dem die Evidenz im Widerspruch zu den eigenen Vorstellungen stand. Dennoch konnten sie in Ansätzen zwischen Vermutungen und Evidenz unterscheiden, was grundlegend für das wissenschaftliche Begründen ist (Koerber et al., 2005). Zudem können sie schlüssige Experimente für einfache Fragestellungen auswählen (ebd.). Auch verstehen Kinder ab einem Alter von etwa vier Jahren bereits, dass eine Person eine andere Überzeugung haben kann als sie selbst und sie verstehen auch, dass Ereignisse aus unterschiedlichen Perspektiven interpretiert werden können. Sie konnten darüber hinaus verstehen, dass eine andere Person ihre ursprüngliche Hypothese über einen Kausalzusammenhang aufgrund von Gegenevidenz ändern kann (ebd.). Allerdings bleiben sie selbst bevorzugt bei ihrer eigenen Hypothese, auch wenn die Daten ihnen widersprechen (Dunbar, 1993).

Kuhn et al. (1988) untersuchten bereits in den 1990er Jahren in einer Reihe von Studien, inwiefern Grundschul Kinder Theorie und Evidenz koordinieren können. In multivariaten Kontexten wurden die Kinder gebeten, Kovariationsmuster zu interpretieren, die mit ihren eigenen intuitiven Annahmen über Kausalzusammenhänge übereinstimmten oder widersprüchlich waren. Die Antworten der Kinder wurden evidenzbasiert oder theoriebasiert ausgewertet. Entweder bezogen sich die Antworten auf die Kovariationsmuster oder auf die Theorien, Überzeugungen und Vorwissen der Kinder. Die Grundschul Kinder antworteten dabei eher theoriebasiert. Sie ließen sich bei der Interpretation der Daten eher von ihren eigenen Vorstellungen über Zusammenhänge als von evidenzbasierten Antworten leiten. Die Evidenz wurde hauptsächlich ignoriert oder verzerrt, wenn die Daten mit ihren eigenen Theorien unvereinbar waren. Diese Befunde werden gestützt durch die Ergebnisse der Studien von Ruffman et al. (1993) sowie Koerber et al. (2005), die sich wie oben beschrieben auf Vierjährige beziehen. In den vorgestellten Studien wird deutlich, dass bereits Vorschul Kinder einfache Kovariationsmuster bewerten können (Ruffman et al., 1993; Koerber et al., 2005; Sodian et al., 2008). Kinder im Vor- und Grundschulalter haben allerdings Schwierigkeiten bei der Dateninterpretation, wenn Effekte von mehr als zwei Variablen berücksichtigt werden mussten (Kuhn et al., 1988), die Daten nicht optimal kovariant waren und zudem ihren eigenen Vorstellungen über kausale Zusammenhänge widersprachen (Koerber et al., 2005).

Beim Planen und Durchführen von Experimenten fällt es jüngeren Kindern zudem schwer, eigenständig direkte Zusammenhänge zu untersuchen. Oft verändern Kinder selbst nur eine Variable, anstatt den Zusammenhang zweier oder mehrerer Variablen zu beobachten (Schauble et al., 1995). Auch sind sie mit dem einmaligen Erreichen von Ergebnissen zufrieden, ohne Kontrollversuche durchzuführen (Duggan & Gott, 2000). Die Daten auszuwerten und die Ergebnisse auf die formulierten Hypothesen zu beziehen, ist von Vorschulkindern selbstständig kaum zu bewältigen (German & Abram, 1996). Durch geeignete verbale Unterstützung sind Kinder aber in der Lage, ihre anfänglichen Vermutungen erneut zu kommunizieren und zu erkennen, ob und warum diese betätigt werden könne, sofern die Daten klar und eindeutig sind (Koerber et al., 2005). Erst später ca. ab der dritten Klasse konnten Kinder – mit Unterstützung von Bildern – die Notwendigkeit eines kontrollierten Tests zur Hypothesenprüfung verstehen. Ab der fünften Klasse waren sie zudem in der Lage, spontan selbst solch einen kontrollierten Test zu produzieren.

Diese Befunde deuten darauf hin, dass schon Kinder spätestens im Grundschulalter ein implizites Wissen über naturwissenschaftliches Arbeiten besitzen. Sie setzten die Variablenkontrollstrategie zur Produktion eines kontrollierten Experiments zwar noch nicht selbst ein, konnten aber einen kontrollierten Test wählen und die Wahl korrekt begründen (Bullock et al., 2009). Auch Sodian et al. (1991) bestätigen, dass Kinder bereits in der Grundschule bestimmte Schritte der Erkenntnisgewinnung anwenden können. Sie fanden heraus, dass Kinder im Alter von sieben Jahren in der Lage sind, zwischen Hypothesenprüfung und Effektproduktion zu unterscheiden. In der Studie wurde eine Geschichte von zwei Kindern präsentiert, die eine Maus in ihrem Haus bemerkt hatten, die aber nur nachts aus dem Versteck kam. Die Kinder konnten nun entweder die Maus füttern (Effektproduktion) oder durch ein Experiment herausfinden, ob die Maus groß oder klein ist (Hypothesenprüfung). In beiden Versuchsbedingungen konnten sie zwischen zwei Schachteln wählen, die in der Größe der Öffnungen variierten, und ihre Auswahl begründen. Die kleine Öffnung war nur groß genug für eine kleine Maus. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass bereits Erstklässler in der Lage sind, unterschiedliche Schachteln zu wählen und somit die Prüfung einer einfachen Hypothese durch ein Experiment von der Produktion positiver Effekte abgrenzen können.

Insgesamt deutet die Befundlage darauf hin, dass Kinder bereits früh in der Lage sind, prozessbezogenes Wissen zu erwerben und anzuwenden. Bereits Kinder im Vorschulalter haben eine erste Vorstellung über die Prüfung von Hypothesen bzw. Vermutungen. Sie können schlüssige, kontrollierte Experimente auswählen und die kausalen Bedingungen erkennen. Es liegen aber nur wenige Studien vor, die eben nicht nur einzelne Denk- und Arbeitsweisen erfassen, sondern das Wissen von Kindern über den gesamten Prozess des Forschens untersuchen (Klahr, 2000; Mantzicopoulos et al., 2009; Kuhn, 2010). Nur wenige Erkenntnisse hierzu stammen aus der Kita. Dabei gibt es Hinweise darauf, dass Kenntnisse über einzelne Schritte nicht unbedingt gleichzeitig das Wissen des gesamten Forschungszyklus fördert (Steffensky, 2017). Diese Forschungslücke soll mit dieser Arbeit geschlossen werden. Es sollen Ergebnisse geliefert werden, die Aufschluss über den Erwerb eines Wissens über den gesamten Forschungsprozess geben sollen.

3.2. Wissen als Veränderung von Vorstellungen (Conceptual Change)

Lernende aller Altersgruppen haben bereits zu Beginn eines Lernprozesses ihre eigenen Vorstellungen. Diese Vorstellungen werden oft durch Beobachtungen und Erfahrungen in der natürlichen Umgebung gestützt (Sodian & Mayer, 2013). Dies gilt auch für naturwissenschaftliche Phänomene. Die auf diese Weise gewonnenen, oft unreflektierten Vorstellungen sind jedoch häufig nicht oder nur begrenzt wissenschaftlich tragfähig und können demnach von der aktuell akzeptierten naturwissenschaftlichen Sichtweise abweichen (Gropengießer & Marohn, 2018).

Beispielsweise zeigen Kleinkinder eine Vielzahl von anfänglichen Vorstellungen in Bezug auf Konzepte wie Materie, Gewicht oder Kraft, die auf die Erfahrungen im Alltag basieren (Wiser & Smith, 2008). So assoziieren Kinder anfangs das Sinken eines Gegenstandes zunächst direkt mit seinem Gewicht. Erst mit zunehmender Erfahrung erkennen Kinder, dass nicht das Gewicht als Eigenschaft der Materie, sondern die Dichte der Grund für das Sinken oder Schwimmen ist (Hardy et al., 2006).

„Naturwissen ist von Beginn an vernetzt und wird in naive Theorien eingebunden, die sich in Abhängigkeit von Vorerfahrungen verändern“ (Pauen et al., 2009, S. 107). Das Ergebnis von Lernprozessen ist also nicht das Sammeln von Wissen, sondern die Veränderung von Vorstellungen. Die Theorie des konzeptuellen Wandels (*Conceptual Change* nach Vosniadou, 2008) basiert auf der Grundannahme, dass Wissen aktiv auf der Grundlage vorhandener Vorstellungen aufgebaut wird. Konzeptuelle Veränderung bezieht sich auf den Prozess der Umstrukturierung des Vorwissens, nachdem neue Konzepte gefunden wurden, die nicht vollständig mit dem Vorwissen vereinbar sind (Schneider et al., 2012). Die Kinder müssen lernen, „*how to restructure their naive, intuitive theories based on everyday experience*“ (Vosniadou, 2007, S. 47).

Der Übergang von anfänglich naiven Vorstellungen zu wissenschaftlichen Vorstellungen wird oft als ein von Zwischenvorstellungen geprägter Prozess bezeichnet (Steffensky, 2017). Bei den bereichsspezifischen, naiven Zwischenvorstellungen handelt es sich um anschlussfähige Konzepte, die mit zunehmenden Erfahrungen und Informationen differenziert oder umstrukturiert werden. Wissen wird flexibler und vernetzter und es findet ein Wandel statt (Brown & Hammer, 2008; Schneider et al., 2012). Solche Zwischenvorstellungen sind aus beiden Wissensbereichen (wissenschaftliches Wissen und Wissen über Naturwissenschaften) bekannt (Tytler, 2000; Steffensky & Hardy, 2013). Auch aus der Mathematikdidaktik ist bekannt, dass beispielweise langfristige Begriffsbildungsprozesse durch Stufen der Konzeptentwicklung und durch Überwinden so genannter epistemologischer Hürden gekennzeichnet werden können (Leuders & Holzäpfel, 2011). Lernende bekommen dabei Unterstützung durch die Fach- oder Lehrkraft, um geeignete Vorstellungen aufzubauen und dabei implizite Vorstellungen an passender Stelle umzustrukturieren.

Lernenden fällt es oft schwer, naturwissenschaftliche Konzepte zu verstehen, weil sie bereits alltagstaugliche Vorstellungen über Naturwissenschaften haben (s. Kapitel 3.2; *Conceptual Change*), die zum Teil eben nicht mit den zu lernenden Konzepten übereinstimmen. Sie wollen ihre eigenen Ideen oft nicht aufgeben oder entwickeln sogenannte Hybridvorstellungen. Steffensky beschreibt in ihrer Expertise (2017) das bekannte Beispiel von Vosniadou & Brewer (1992) des Kugel-Scheiben-Modells der Erde. Hier wird die Erde als Hohlkugel mit einer Ebene im Inneren dargestellt, so dass sich die ursprüngliche Idee der Scheibe mit der Idee der Kugel verbindet. In diesem Prozess der Konzeptänderung gibt es also oft eine Reihe von Zwischenvorstellungen.

In der naturwissenschaftlichen Bildung geht es nicht darum, Kindern naturwissenschaftliche Konzepte zu vermitteln, sondern ihnen die Gelegenheit zu bieten, neue Konzepte schrittweise in die vorhandenen Vorstellungen zu integrieren und diese ggf. zu ändern. Veränderungen der Vorstellungen können beispielsweise dadurch initiiert werden, dass Kinder mit Erfahrungen konfrontiert werden, die nicht zu ihren bisherigen Vorstellungen passen. Die Kinder suchen dann von sich aus nach neuen Modellen und Erklärungen. Die daraus resultierenden Zwischenvorstellungen werden wiederum schrittweise angepasst (Wodzinski, 2006). Der Übergang von bestehenden Vorstellungen zu wissenschaftlichen Vorstellungen ist daher kein einfacher und vor allem kein geradliniger Prozess. Er wird von individuellen sowie soziokulturellen Faktoren beeinflusst und ist durch Umstrukturierung, Differenzierung und Integration von Wissen gekennzeichnet (ebd.; Vosniadou, 2007).

Veränderungen von Vorstellungen geschehen oft nicht spontan. Erst im Laufe der Zeit und durch gezielte Auseinandersetzung in geeigneten Lernangeboten, in denen bestimmtes Vorwissen gezielt berücksichtigt wird, werden kohärentere Vorstellungen entwickelt (Hardy & Steffensky, 2013 in Anlehnung an diSessa et al., 2004 und Vosniadou et al., 2001).

„[...] conceptual change cannot be achieved without systematic instruction [...]. Teachers must find ways to enhance individual students' motivation by creating a social classroom environment that supports the creation of intentional learners who can engage in the deep and enduring comprehension activities required for the revision of conceptual knowledge.“

(Vosniadou, 2007, S. 47)

Eine effektive Lernumgebung muss Gelegenheiten bieten, die naiven Vorstellungen von Kindern zu erkennen, um darauf aufbauen zu können (Carey, 2000). Die Gestaltung naturwissenschaftlicher Lernangebote muss daher Aspekte des konzeptuellen Wandels umfassen (De Jong & Pieters, 2006; Hardy et al., 2006). Kloos und van Orden (2005) zeigten beispielsweise, dass Vorschulkinder ihre falschen Vorstellungen über die Masse eines Gegenstandes als Grund für die Sinkgeschwindigkeit überdenken konnten, wenn ein strukturiertes Lernangebot vorlag, das mit Hilfe von Unterstützungsmaßnahmen (Kapitel 4.2) die falschen Vorstellungen widerlegte.

4. Qualitätsmerkmale anregender Lernangebote

Ziel dieser Studie ist es, das prozessbezogene Wissen von Kindern im Vorschulalter durch die Entwicklung entsprechender qualitativ hochwertiger Lernangebote zu fördern. Dieses Kapitel gibt daher einen Überblick über die Qualität von Lernangeboten im Elementarbereich. Neben den kognitiven Unterstützungsmaßnahmen, die im Folgenden näher erläutert werden, gehört auch die richtige Auswahl von Beispielen zu einem guten Lernangebot. Für diese Arbeit wurden daher zwei qualitativ hochwertige naturwissenschaftliche Lernangebote für Vorschulkinder im Alter von fünf bis sechs Jahren konzipiert und in der Kita eingesetzt. Dabei soll gezeigt werden, dass Kinder im Vorschulalter bei der Entwicklung eines Wissens über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen und damit über den Erkenntnisgewinn unterstützt werden können, wenn sie an einem naturwissenschaftlichen Lernangebot teilnehmen, welches strukturiert und kognitiv unterstützend sowie durch die geeignete Auswahl von (un-)ähnlichen Beispielen gestaltet ist.

Die Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens im Sinne von *Scientific Literacy* hängt neben individuellen Voraussetzungen des Kindes von den familiären und institutionellen Merkmalen sowie deren Qualität ab (siehe Kapitel 4.1) (Burger, 2010; Anders, 2013). Die Weichen für Bildungschancen können nicht nur Zuhause, sondern auch in der Kita gestellt werden. Der Qualität von Kitas wird daher – neben dem familiären Umfeld – eine zentrale Rolle zugeschrieben, wenn es um den Einfluss auf die kindliche Entwicklung geht (Bronfenbrenner & Morris, 2006; NICHD ECCRN, 2002). Insbesondere die Motivation sollte frühzeitig geweckt sowie Aspekte des selbstgesteuerten Lernens frühzeitig gefördert werden. So können die Möglichkeiten in der Kindertagesstätte, frühe (naturwissenschaftliche) Bildungsprozesse zu unterstützen, viel besser genutzt werden (Lück, 2003).

Im Folgenden wird daher zunächst auf die Bedeutung sowie auf spezifische Merkmale der Prozessqualität in der Kita eingegangen. Hier ist neben der kognitiven Unterstützung durch die Fachkraft die Strukturierung von Lernangeboten ein wesentlicher Bestandteil für einen erfolgreichen Wissenserwerb. In diesem Zuge werden zentrale Unterstützungsmaßnahmen vorgestellt. Neben der aktiven Unterstützung durch die Fachkraft kann das Arbeiten mit Beispielen dazu beitragen, die Ziele des naturwissenschaftlichen Lernens zu verfolgen. Dazu werden theoretische Zugänge vorgestellt, die sich mit der Auswahl und dem Einsatz von Beispielen beschäftigen und somit die Theorie liefern, um die Bedeutung der oberflächlichen (Un-)Ähnlichkeit der Beispiele zu erläutern.

4.1. Prozessqualität

Es wird angenommen, dass die Prozessqualität in der Kita einen direkten Einfluss auf die Entwicklung der Kinder hat (NICHD ECCRN, 2002; Bronfenbrenner & Morris, 2006; Mashburn & Pianta, 2010; McCray & Chen, 2012; Guo et al., 2014; Ulferts & Anders, 2016). Diese Prozessqualität steht im Fokus und bezieht sich auf die Qualität der Interaktionen eines Kindes mit der sozialen und materiellen Umwelt. Aus der Forschung ist zudem bekannt, dass insbesondere Kinder aus sozial, kulturell oder wirtschaftlich benachteiligten Familien von einer hohen Prozessqualität profitieren können (Vandell et al., 2010; Anders, 2013).

Die Prozessqualität wird dabei u. a. beeinflusst durch die Struktur- und Orientierungsqualität in der Kita sowie der Organisations- und Managementqualität der Leitung (Strehmel & Ulber, 2014; Steffensky et al., 2018). Strukturqualität beschreibt die strukturellen, eher stabilen Rahmenbedingungen wie die Gruppengröße, die materielle Ausstattung und den Anteil der Kinder mit Migrationshintergrund (ebd.). Die Orientierungsqualität bezieht sich auf Merkmale der individuellen Fachkraft beispielsweise Einstellungen und Überzeugungen (professionelle Fähigkeiten) sowie auf Merkmale der gesamten Kita wie beispielsweise deren Konzept. Organisations- und Managementqualität bezieht sich auf das Handeln der Leitungskraft bezüglich der Sicherstellung und Weiterentwicklung der Qualität (Strehmel & Ulber, 2014). So ist neben guter Elternarbeit auch die Zusammenarbeit mit anderen Einrichtungen bedeutend (Tietze et al., 1998; NICHD ECCRN, 2002; Pianta et al., 2005; Strehmel & Ulber, 2014; Resa et al., 2017; Steffensky et al., 2018). Die einzelnen Dimensionen der Qualität sowie die fachlichen Fähigkeiten interagieren miteinander und beeinflussen gemeinsam die Prozessqualität (Pianta et al., 2005; Roux & Tietze, 2007; Mashburn et al., 2008; Kluczniok & Roßbach 2014; Ulferts & Anders, 2016; van Huizen & Plantenga, 2018; Steffensky et al., 2018) (siehe Abb. 2).

Während die Zusammenhänge zwischen den meisten Dimensionen bisher wenig untersucht wurden, haben verschiedene Studien den vermuteten Zusammenhang zwischen Strukturqualität und Prozessqualität bereits untersucht (vgl. Steffensky, 2017). Die Befundlage zu den Strukturmerkmalen ist dabei allerdings nicht ganz eindeutig, zeigt aber die Relevanz für den Wissenserwerb der Kinder. In einigen Studien haben sich beispielsweise das Alter der Kinder, der Anteil an Kindern mit Migrationshintergrund oder die Gruppengröße als Prädiktoren für die Prozessqualität herausgestellt (Kuger & Kluczniok, 2008; Anders et al., 2012; Kuger et al., 2015; Slot et al., 2015). Andere Befunde deuten an, dass in verschiedenen Ländern unterschiedliche Strukturmerkmale relevant sind (Slot et al., 2015). So ist in Deutschland ein Zusammenhang zwischen der Prozessqualität und dem Anteil an Kindern mit Migrationshintergrund gezeigt worden, aber kein Zusammenhang zur Gruppengröße (Kuger & Kluczniok, 2008; Pianta et al., 2005). Die uneindeutige Befundlage könnte sich durch den Einsatz verschiedener Messinstrumente, Unterschiede in den strukturellen Rahmenbedingungen der Länder sowie der geringen Varianz der Strukturmerkmale von Kitas erklärt werden (Slot et al., 2015; Ulferts & Anders, 2016).

4.2. Merkmale von Prozessqualität

Prozessqualität beinhaltet neben globalen Merkmalen wie beispielweise ein dem Entwicklungsstand des Kindes entsprechendes Verhalten von Seiten der Fachkraft, respektvolles Miteinander oder ein warmes Klima (Harms et al., 1998; Pianta et al., 2005) auch bereichsspezifische Merkmale wie z. B. anregende Interaktionen (Kuger & Kluczniok, 2008). Die Prozessqualität wird vor allem durch sogenannte Tiefenstrukturen erfasst. Das sind Merkmale, die nicht direkt beobachtbar sind, sondern interpretiert werden müssen wie das respektvolle Miteinander oder die kognitive Aktivierung. Oberflächenmerkmale sind hingegen häufig direkt zu erkennen wie beispielweise der Einsatz von Methoden. Die Tiefenstrukturen sind dabei entscheidend für die Entwicklung (Schelle, 2011).

Die Forschungsbefunde deuten auf drei zentrale Merkmale der Prozessqualität hin: emotionale Unterstützung (beispielsweise Wertschätzung), kognitive Aktivierung sowie Unterstützung und Gruppenorganisation (vgl. Steffensky, 2017). Alle drei Merkmale weisen signifikante Zusammenhänge mit der kindlichen Entwicklung auf. Beispielsweise sagt der Grad der kognitiven Unterstützung die kognitive Entwicklung in Sprache und Mathematik voraus, während emotionale Unterstützung die sozialen Fähigkeiten vorhersagt (Hamre & Pianta, 2005; Howes et al., 2008). Diese Befunde decken sich auch mit Ergebnissen aus der Unterrichtsforschung. Die besagen, dass u. a. emotionale sowie kognitive Unterstützung für die Entwicklung von Fachwissen und Motivation bei Schülerinnen und Schülern entscheidend sind (Hardy, 2006; Klieme et al., 2006; Baumert et al., 2010; Kunter et al., 2013; Fauth et al., 2014).

Die für diese Arbeit entwickelten Lernangebote fokussieren vor allem auf diese kognitive Unterstützung, da die beiden anderen Merkmale – emotionale Unterstützung und Gruppenorganisation – sehr abhängig von der Fachkraft und ihrer positiven emotionalen Beziehung zum Kind sind oder den Rahmenbedingungen in der Kita unterliegen. Somit ist aus der bereichsspezifischen Perspektive vor allem die kognitive Unterstützung von Interesse und wird folgend näher erläutert.

Kognitive Unterstützung

Wissenserwerb erwächst durch die selbstständige Auseinandersetzung des Kindes mit der Sache. Es ist ein aktiver Prozess, in dem neues, individuelles Wissen auf der Grundlage des Vorwissens und angeregt durch neue Erfahrungen und Informationen aufgebaut wird (Reusser, 2006). Dieser Wissenserwerb kann von außen beeinflusst werden. Allerdings führen rein instruktive Lehr-Lern-Methoden zu trägem Wissen, welches nicht auf andere Kontexte übertragbar ist und daher nicht flexibel genutzt werden kann (Hopf, 2012 in Anlehnung an Möller, 2007). Untersuchungen aus der Schule deuten darauf hin, dass das Ausführen praktischer Tätigkeiten während des Experimentierens den Erwerb von Wissen nicht per se unterstützt (Mayer, 2004). Weder inhaltliches Wissen über naturwissenschaftliche Konzepte noch prozessbezogenes Wissen über die Erkenntnisgewinnung werden durch reines Experimentieren unterstützt (Butts et al., 1994; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Hofstein & Lunetta, 2004). Praxisnahes Experimentieren ist erst dann effektiv, wenn die kognitive Aktivität der Lernenden angeregt wird – z. B. durch Impulse zur Reflexion der eigenen Vorstellungen oder Ergebnisse (White & Frederiksen, 1998).

Durch kognitiv anregende und verbal unterstützte Interaktionen sollen die Kinder in die Lage versetzt werden, sich aktiv und vertiefend mit dem Lerngegenstand auf einem für sie optimalen Niveau auseinanderzusetzen (Baumert & Köller, 2000; Kunter et al., 2005; Hopf, 2012). Kognitiv unterstützende Lernangebote sollen Lernende herausfordern, ihr bereits vorhandenes Vorwissen in neuen Zusammenhängen zu nutzen und neues Wissen durch konstruierende Prozesse aufzubauen (Steffensky, 2017). Diese aktive Auseinandersetzung kann beispielsweise durch das Anregen von Versprachlichungen eines Kindes erzielt werden (Hopf, 2012; König, 2006 & 2009; Alexander, 2016). Die Kinder sind dabei aktiv eingebunden. Sie sollen – auch in Anlehnung an den Erwerb naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen – Ideen und Vermutungen sowie Begründungen für Erklärungen äußern und Gelegenheiten bekommen, eigene Vorstellungen zu entwickeln und auszudrücken. Die aktive und verbale Auseinandersetzung wird auch als *Sustained Shared Thinking* bezeichnet (Siraj-Blatchford et al., 2002; Sylva et al., 2004 & 2010; König, 2007). Sylva et al. (2004) bezeichnen es als gemeinsames weiterführendes und nachhaltiges Denken.

„Sustained Shared Thinking occurs when two or more individuals work together in an intellectual way to solve a problem, clarify a concept, evaluate an activity, extend a narrative etc. Both parties must contribute to the thinking and it must develop and extend the understanding.“
(Sylva et al., 2004, S.6)

Allerdings zeigen nationale wie internationale Studien, in denen u. a. die kognitiv anregenden Interaktionen untersucht wurden, dass die Qualität der Interaktionen in der Kita eher niedrig ausfällt (Gelman & Brenneman, 2004; Sylva et al., 2007; Mashburn et al., 2008; La Paro et al., 2009; Hopf, 2012; Kluczniok et al., 2012; Stuck et al., 2016). Lernangebote, in denen sinnvolle Gespräche stattfinden, die die Kinder kognitiv aktivieren und sie zum Weiterdenken anregen, scheinen selten zu sein (Sylva et al., 2004; König, 2007; Kuger & Kluczniok, 2008; Siraj-Blatchford & Manni, 2008). Zwar zeigt sich in deutschen Kitas, dass die emotionale Unterstützung sowie die Gruppenorganisation recht hoch ausgeprägt sind, die kognitive Unterstützung ist hingegen kaum zu finden (Stuck et al., 2016). So kommen eher kurze Interaktionen wie Handlungsanweisungen zustande als anregende Gespräche im Sinne von *Sustained Shared Thinking* (König, 2007; Hopf, 2012). Auch an Schweizer Kitas zeigte sich das Fehlen anspruchsvoller Scaffolding-Maßnahmen (Leuchter & Saalbach, 2014). Zusammenfassend deuten die Befunde auf Defizite im Bereich der kognitiven Unterstützung hin.

Neben den bereits erwähnten Merkmalen der kognitiven Unterstützung wie Reflexion, Versprachlichung, Erforschen der eigenen Ideen und der Verknüpfung mit den eigenen Erfahrungen, sind auch Aspekte wie die Anwendung von Wissen in verschiedenen Kontexten und die Herstellung von Zusammenhängen zwischen Beobachtungen weitere wichtige Merkmale (Vosniadou et al., 2001). Insbesondere jüngere Kinder profitieren zudem von strukturierenden Maßnahmen wie die Veranschaulichung des Lernmaterials; beispielsweise können Handlungen beim Experimentieren oder auch konkrete Gegenstände veranschaulicht werden (Aebli, 1994). Entsprechende Bilder können auch für gemeinsame Diskussionen zwischen Lernenden hilfreich sein, die die Phänomene oder Handlungen noch nicht kennen (Hardy et al., 2004). Diese Aspekte können Kindern helfen, ihre Konzepte und Vorstellungen im Sinne von *conceptual change* zu verändern (Carey, 2000).

Im Folgenden werden einige Maßnahmen zur kognitiven Unterstützung näher erläutert, die in den für diese Arbeit entwickelten Lernangeboten Anwendung fanden. Dazu zählen Strukturierungsmaßnahmen wie Veranschaulichungen, verbale Unterstützungsmaßnahmen wie das Einfordern von Begründungen, das Anregen kognitiver Konflikte sowie das Anregen von Vergleichen.

Strukturierungsmaßnahmen. Der Erwerb naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen erfordert geeignete, kognitiv anregende Lernangebote. Ein Lernangebot muss die Lernenden dabei unterstützen, die vorhandenen Vorstellungen in Richtung angemessenerer Vorstellungen zu verändern (Kapitel 3.2; Conceptual Change). Um geeignete Lernangebote zu schaffen, müssen diese an die Kinder durch ein gewisses Maß an Strukturierung – sog. *Scaffolding* (Wood et al., 1976; Krammer, 2010) – angepasst werden. Um die alltagsnahen, oft sehr komplexen Situationen verstehen und bewältigen zu können, brauchen Kinder (Problemlöse-)Strategien. Viele Kinder überfordert dies anfangs, wenn sie mit einer neuen Problemstellung konfrontiert werden (Wodzinski, 2006). Deshalb müssen komplexe Situationen durch Strukturierungsmaßnahmen reduziert werden. Diese helfen dabei, die Motivation zu wecken und aufrechtzuerhalten und ggf. bei der Frustrationsbewältigung zu unterstützen (Krammer, 2010). Studien zufolge können Kinder bei der Veränderung von Präkonzepten durch Strukturierungselemente in Lernumgebungen unterstützt werden (Möller et al., 2002; Hardy et al., 2006; Leuchter et al., 2013). In Anlehnung an Wygotsky (1987) kommt einer angemessenen Strukturierung von Lernangeboten die Funktion eines Gerüsts zu. Sie soll den Aufbau und die Entwicklung neuer Denk- und Arbeitsweisen unterstützen. Ziel der Unterstützung ist es, das Kind in die Lage zu versetzen, die Aufgabe selbständig zu lösen. Das bedeutet, dem Kind wird so viel Struktur gegeben, wie es benötigt, um den Prozess oder die Situation eigenständig zu bewältigen. Nach dem Erwerb entsprechender Denk- und Arbeitsweisen sollte die Strukturierung langsam verringert werden. Diese Unterstützung ist beispielweise durch Förderung gemeinsamer Denkprozesse wie durch den Vergleich der Vorstellungen verschiedener Kinder möglich: „Was das Kind heute in Zusammenarbeit und unter Anleitung vollbringt, wird es morgen selbständig ausführen können“ (Wygotski, 1987, S. 83). Dabei ist wichtig, die Kinder immer wieder im Sinne von *Sustained Shared Thinking* zu ermutigen, ihre eigenen Gedanken auszudrücken und zu begründen (Anders et al., 2013). Den Kindern muss authentisch vermittelt werden, dass jede Vorstellung wichtig ist, auch wenn sie sich am Ende als nicht adäquat herausstellt.

Veranschaulichung im Sinne des E-I-S-Prinzips. Als eine weitere Strukturierungshilfe sowie zur Unterstützung bei fehlenden sprachlichen Kenntnissen wurde die ikonische Ebene einbezogen. Es eignen sich neben sprachlich auch bildlich unterstützte Anregungen, um den Aufbau mentaler Vorstellungen zu unterstützen und damit die Lernergebnisse zu verbessern (Martschinke, 2007). Vor allem aus der Mathematikdidaktik der Grundschule ist das sogenannte E-I-S-Prinzip bekannt (Zech, 2002), nach dem es drei Repräsentationsebenen gibt, durch die Informationen dargestellt werden können: enaktiv, ikonisch und symbolisch. Die enaktive Ebene ist ein Teil der haptisch erfahrbaren Wirklichkeit, quasi die Handlungsorientierung im Sachunterricht. Die enaktive Ebene steht beim Forschen im Vordergrund. Kinder sollen ausprobieren und selbstständiges Forschen lernen (siehe forschendes Lernen). Die ikonische Ebene umfasst visuelle, bildliche Repräsentationen sowie vorgestellte Bilder im Kopf. „Bilder können [...] dazu verwendet werden, Zustände, Handlungen oder [...] Beziehungen darzustellen“ (Bruner et al., 1971, S. 29).

Die ikonische Ebene hilft den Kindern zusätzlich durch geeignete bildliche Unterstützung, die abstrakten Handlungsweisen (wie das Beobachten oder Experimentieren) zu veranschaulichen. Jeder Schritt im Forschungsprozess wird visuell durch das Bild von drei Forschenden unterstützt (siehe Abb. 3 in Anlehnung an Bash & Camp, 1975), was die heuristische Unterstützung für die Kinder ansprechender und leichter darstellbar macht. Diese Bilder unterstützen dabei, den zyklischen Charakter des Erkenntnisprozesses besser zu verstehen, indem die Kinder anhand des visualisierten Schritt-für-Schritt- Zyklus durch das Experiment geführt werden und erkennen, dass der Prozess immer weiterläuft. Doch sowohl das Verstehen als auch die Versprachlichung selbst stellen oft eine Herausforderung für Kinder dar (Steffensky, 2017). Daher unterstützt die ikonische Ebene die Kinder, diese Hürde zu meistern, indem sie sich ggf. an den Bildern orientieren (siehe Kapitel 2.3; Forschungszyklus).

Verbale Unterstützungsmaßnahmen. Es gibt verschiedene Indikatoren, um heterogenen Lerngruppen zu begegnen und kognitiv herausfordernde Lerngelegenheiten zu schaffen, die von möglichst vielen Lernenden mit unterschiedlichen Voraussetzungen bewältigt und genutzt werden können (Reiser, 2004; Kirschner et al., 2006). Verbale Unterstützungsmaßnahmen werden als sehr wichtig für den Wissensaufbau angesehen. Die Unterrichtsforschung betrachtet verbale Unterstützungsmaßnahmen als eine zentrale Möglichkeit der kognitiven Unterstützung, mit der die aktive Auseinandersetzung mit einem Lerngegenstand gefördert werden soll (Pauli et al., 2008). Der Einsatz verbaler Unterstützungsstrategien kann den Problemlösungsprozess positiv beeinflussen (Winsler & Naglieri, 2003). Kognitiv aktivierende verbale Unterstützungsmaßnahmen haben im Kontext von *Sustained Shared Thinking* einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität von Kindergärten (Sylva et al., 2007). Mögliche Indikatoren kognitiver Unterstützung sind beispielsweise das Fördern gemeinsamer Denkprozesse durch verbale Unterstützungsmaßnahmen. Hierzu zählen unter anderem 1.) die Aktivierung von Vorwissen, 2.) das Stellen offener Fragen, die zum Nachdenken anregen, 3.) das Einfordern von Begründungen, 4.) das Anregen von Vergleichen (Herausstellen von Unterschieden oder Ähnlichkeiten), 5.) die Anregung von kognitiven Konflikten und somit 6.) die Anregung von Transferüberlegungen (Leuchter & Saalbach, 2014; Leuchter, 2017). Auch das Unterstützen beim Formulieren von Ideen, das Hervorheben und Zusammenfassen relevanter Aussagen oder Erkenntnisse, um die Aufmerksamkeit der Lernenden zu fokussieren, kann hilfreich sein (Hardy et al., 2006). Die verbalen Unterstützungsmaßnahmen spielen für die Gestaltung von Lernangeboten im Kindergarten und in der Grundschule eine zentrale Rolle (Appleton, 2008). Im Folgenden werden einige näher erläutert, die für das entwickelte Lernangebot von besonderer Bedeutung sind.

Einfordern von Begründungen. Das Einfordern von Begründungen gilt als eine wirksame Möglichkeit zur Unterstützung des Lernprozesses (Chi et al., 1994). Das Generieren von Begründungen ermöglicht es den Kindern, sich ihres eigenen Wissens bewusst zu werden und ggf. Widersprüche im eigenen Wissen wahrzunehmen. So wird Wissen entwickelt, das als Voraussetzung für *Conceptual Change* angesehen wird (Vosniadou, 1994; Leuchter & Saalbach, 2014).

Anregung kognitiver Konflikte. Die Anregung kognitiver Konflikte gilt bereits seit Piaget (1974) als wirksame Lernunterstützung. Dazu gehört die Auseinandersetzung mit problemhaltigen Situationen (z. B. Widersprüche, Gegenbeweise oder unerwartete Ereignisse), um die Vorstellungen entsprechend zu erweitern. Es wird angenommen, dass kognitive Konflikte entstehen, wenn Informationen die eigenen Vorstellungen widerlegen. Kognitive Konflikte werden genutzt, um die Kinder selbst entdecken zu lassen bzw. sie darauf aufmerksam zu machen, dass ihre Vorstellung falsch ist und sie sich selbst widersprechen. So kann durch geeignete Beispiele ein konzeptueller Wandel stattfinden (siehe Kapitel 3.2) (Lepper & Woolverton, 2002). Allerdings führt das einmalige Zeigen gegenteiliger Evidenz nicht sofort zur Veränderung von Vorstellungen (im Sinne von *Conceptual Change*). Stattdessen erfordert es mehrfache Erfahrungen mit ähnlichen Phänomenen, damit sich Vorstellungen weiterentwickeln (Steffensky, 2017).

Auch das Anregen von Vergleichen von Beispielen, Objekten sowie Vorgehensweisen gilt als wichtiges Merkmal der Unterstützung von Bildungsprozessen. Da es für die Arbeit eine herausgehobene Rolle spielt, wird es im Folgenden vertieft behandelt.

4.3. Arbeiten mit Beispielen

Ferner ist die Anregung vom Vergleichen mehrerer Beispiele miteinander ein zentrales Element einer solchen strukturierten Erfahrung und ein entscheidender Faktor zur Unterstützung von Bildungsprozessen (Leuchter & Saalbach, 2014). So können Beispiele in Beziehung gesetzt werden, damit sich ein in Ansätzen generalisiertes und anwendbares Wissen aufbauen kann. Dies gilt auch für die Denk- und Arbeitsweisen, denn es kann helfen, gleiche Vorgehensweisen in verschiedenen Situationen zu entdecken. Gerade in der frühen Bildung ist bekannt, dass oft nur vereinzelt voneinander unabhängige Versuche oder Experimente durchgeführt werden, bei denen kaum kognitive Unterstützung stattfindet. Umso wichtiger ist es, Vergleiche zwischen Situationen herzustellen, in denen das gleiche Phänomen zu beobachten ist (Namy & Gentner, 2002). Auf dieses Anregen von Vergleichen wird folgend ausführlicher eingegangen wird.

Die Anregung von Vergleichen kann vor allem verbal unterstützt werden. Gerade bei zunächst oberflächlich unähnlichen Beispielen oder Experimenten hilft es, Vergleiche anzuregen. Es ermöglicht den Kindern, strukturelle Gemeinsamkeiten zwischen äußerlich unähnlichen Situationen bzw. in unterschiedlichen Kontexten zu erkennen und erste regelhafte Zusammenhänge herzustellen (Gentner & Namy, 1999; Rittle-Johnson & Star, 2009; Steffensky & Lankes, 2011). Beispiele sind das Schmelzen von Eis in der Sonne oder in einem Getränk, das Schmelzen von Schokolade im Topf oder auf der Zunge. Die Situationen sind unterschiedlich, dennoch kann bei allen die Änderung des Aggregatzustandes von fest nach flüssig beobachtet werden. Aufgrund vieler solcher Erfahrungen entwickeln Kinder eine erste Vorstellung über den Vorgang des Schmelzens (Steffensky & Lankes, 2011). Gentner und Namy (1999) konnten zeigen, dass bereits Vierjährige in der Lage sind, eine solche Tiefenstruktur zu erkennen. So haben sie nach Anregung von Vergleichen zwischen mehreren Objekten einer Kategorie die Gemeinsamkeit der Kategorie erkannt (Apfel und Banane gehören zur selben Kategorie und nicht Apfel und Kugel).

Aufgrund der bisherigen Erkenntnisse kann davon ausgegangen werden, dass kognitiv anregende Lernangebote durch Unterstützungsmaßnahmen sowie durch geeignete Strukturierung eine entscheidende Rolle spielen. Vor allem das Anregen von Vergleichen und eigener Erklärungen unterstützt dabei, einen Transfer über verschiedene Beispiele hinweg zu ermöglichen und somit ein generalisiertes naturwissenschaftliches Wissen zu erwerben. Die Arbeit mit Beispielen wird dabei als eine Möglichkeit gesehen, Lernangebote zu gestalten, die den Aufbau naturwissenschaftlichen Wissens unterstützen kann (Lohrmann et al., 2014). Bei der Gestaltung kognitiv anregender Lernangebote ist die Auswahl der Beispiele von Bedeutung: so gelten Beispiele, die erkennbar an Vorwissen anknüpfen und bestehende Konzepte in Frage stellen, sowie Beispiele, bei denen Kinder bekannte Tatsachen miteinander verknüpfen oder auf neue Situationen anwenden können, als kognitiv aktivierend (ebd.). Das Anregen von Vergleichen spielt dabei eine wichtige Rolle. Um Vergleichen zu können, müssen mehrere Objekte, Beispiele oder auch Experimente gegeben sein. Sowohl Studien aus der Allgemeinen Didaktik sowie der Grundschuldidaktik als auch lehr-lernpsychologische Studien geben Hinweise, die für die Arbeit mit mehreren Beispielen plädieren (Klafki, 1985; Renkl, 1997; Spreckelsen, 1997; Gentner et al., 2003; Lohrmann et al., 2013).

Im folgenden Teil werden daher zunächst die theoretischen Ansätze aus der Sicht der Allgemeinen Didaktik, der Grundschuldidaktik sowie der Lehr-Lernforschung vorgestellt, die sich mit der Auswahl und Nutzung von Beispielen befassen.

Allgemeine Didaktik

Klafki – als Vertreter der Allgemeinen Didaktik – spricht sich für die Verwendung von Beispielen im Unterricht aus, die elementar, grundlegend und exemplarisch für die Lernenden sind, um die Bildungswirksamkeit zu gewährleisten (Klafki, 1985). Die Exemplarität resultiert allerdings nicht automatisch aus den im Unterricht behandelten Themen, sondern muss durch den Rückbezug auf weitere Beispiele verdeutlicht werden (Lohrmann et al. 2013). Die Grundidee besteht darin, dass sich die Lernenden aktiv mit einer begrenzten Anzahl ausgewählter Beispiele intensiv auseinandersetzen und sich so Wissen aneignen, welches mehr oder weniger verallgemeinert werden kann.

„Mit Hilfe solcher allgemeinen Einsichten, Fähigkeiten, Einstellungen können mehr oder weniger große Gruppen von mehr oder weniger strukturell identischen oder ähnlich strukturierten Einzelphänomenen und Problemen zugänglich oder lösbar gemacht werden.“

(Klafki, 2007, S. 144)

Die Lernenden können neue Probleme als Beispiele bereits erarbeiteter Prinzipien erkennen, wenn die allgemeine Beschaffenheit dieser Beispiele oder Probleme erfasst worden ist (Straka & Macke, 1979). Das erfordert, dass die Lernenden das bekannte Beispiel abstrahieren müssen, um das Allgemeine, d. h. das zugrunde liegende Prinzip oder die gemeinsame Struktur, herauszuarbeiten. Erst wenn die Tiefenstruktur des konkreten Beispiels erfasst wurde, kann sie auf neue Beispiele übertragen werden (Klafki, 2007; Lohrmann et al., 2013). Für die vorliegende Arbeit wurde das Prinzip des exemplarischen Lernens in den Vordergrund gestellt, da ein Ziel dieser Interventionsstudie die Gestaltung von Lernangeboten ist, für die bestimmte exemplarische Beispiele ausgewählt wurden.

Aus der Grundschuldidaktik ist bekannt, dass naturwissenschaftliche Phänomene in verschiedenen Kontexten Beispiele darstellen (Spreckelsen, 1997), welche die Idee des exemplarischen Lernens von Klafki aufgreifen sollten. Um Unterricht auf Grundlage solcher naturwissenschaftlichen Phänomene zu gestalten, legt Spreckelsen (1997) die Arbeit mit sogenannten Phänomenkreisen nahe. So sollen Kinder ein Phänomen in unterschiedlichen Kontexten antreffen, um somit das gleiche Phänomen oder den gleichen Vorgang in einer anderen Situation wiederzuentdecken. Die gewählten Phänomene bilden dabei gemeinsam einen Phänomenkreis. Sie bearbeiten mehrere Beispiele nacheinander, die demselben Funktionsprinzip angehören (Spreckelsen, 1997). Dabei sollen die einzelnen Phänomene genau beobachtet und untersucht werden. Im Anschluss sollen diese miteinander verglichen und auf Gemeinsamkeiten oder auch Unterschiede hin überprüft werden. Die Analogiebildung ist dabei von zentraler Bedeutung. Spreckelsen (1998) unterscheidet dabei zwei Kategorien der Analogiebildung: phänotypisch und genotypisch. Phänotypische Vergleichsprozesse beziehen sich auch auf die Oberflächenmerkmale, während genotypische Analogiebildung vielmehr auf die gleichen Funktionsweisen abzielt. Die Aufgabe der Fachkraft besteht darin, die Kinder zum Vergleich und zur Bildung von Analogien anzuregen, wobei sie in aufsteigender Reihenfolge von Analogien auf der Oberflächenstruktur (phänotypisch) zu solchen, die das Funktionsprinzip der Phänomene betreffen (genotypisch), vorgehen. Auf diese Weise sollen die Kinder darin unterstützt werden, das Funktionsprinzip der Phänomene zu verstehen (Schwelle, 2016 in Anlehnung an Spreckelsen, 1998). Stern stellte bereits 1967 fest, dass das Urteilen von Kindern fast nur auf konkreten Einzelfällen beruht und somit weder Deduktion (Ableitung aus Allgemeinem) noch Induktion (Hinführung zum Allgemeinen) möglich ist. So ist meist ein Überleiten von einem Fall zu einem ähnlichen Fall notwendig (Spreckelsen, 1995 & 1997). Dieses Vorgehen entspricht dem analogen Denken, wonach ein gut bekannter Fall auf einen weniger gut bekannten Fall abgebildet wird. So können dann auf der Basis von Übereinstimmungen Schlussfolgerungen über den unbekannteren Fall gezogen werden. Der Lernende bleibt dabei anfangs durchgängig auf der Ebene der Beispiele, d. h. ohne auf ein allgemeines Gesetz oder Funktionsprinzip Bezug zu nehmen, wird von einem Phänomen auf ein weiteres, ähnliches Phänomen gefolgert. Erst nach der Auseinandersetzung mit mehreren Beispielen das zugrunde liegende Prinzip, der Inhalt oder das Gesetz erarbeitet (Lohrmann et al., 2013).

Für die Gestaltung von Lernangeboten plädiert er deshalb für die Arbeit mit Phänomenkreisen, was für die vorliegende Arbeit insofern wichtig ist, als die didaktische Gestaltung der durchgeführten Interventionen auf mehreren, sowohl phänotypisch als auch genotypisch analogen Beispielen beruhte.

Hinweise für die Arbeit mit mehreren Beispielen gibt es auch aus Studien mit einem stärkeren Fokus auf die Lehr-Lernpsychologie (Renkl, 1997; Renkl et al., 2003; Gentner, 1989 & 2004; Gentner et al. 2003; Jonassen 2011; Lohrmann et al., 2014). Renkl et al. (2003) argumentieren beispielsweise – basierend auf der *Cognitive Load Theorie*¹⁶ von Sweller (1994) – für die Arbeit mit Lösungsbeispielen (sog. *worked-out examples*), bei der ebenfalls mehrere Beispiele nacheinander eingesetzt werden. Die Lösungsbeispiele sollen zeigen, wie das neue Prinzip funktioniert. Erst nach diesem Lösungsbeispiel folgen Probleme desselben Prinzips, die die Lernenden dann selbständig lösen können (Renkl, 1997; Renkl et al., 1998; Renkl et al., 2003; Renkl et al., 2009).

Auch lassen sich Anhaltspunkte für die didaktische Umsetzung des Arbeitens mit mehreren Beispielen aus der Studie von Gentner et al. (2003) ableiten. Hier wird die Idee des Analogischen Enkodierens verfolgt. Die Lernenden sollen dabei allerdings nicht nacheinander an mehreren Beispielen arbeiten, sondern explizit aufgefordert werden, zwei oder mehr Beispiele gleichzeitig zu vergleichen. Die so angeregten Vergleichsprozesse verfolgen das Ziel, die zugrunde liegende Tiefenstruktur der Beispiele zu erkennen (Lohrmann et al., 2014) und somit ein Wissen über beispielweise ein gleiches zugrunde liegendes Funktionsprinzip oder gleiche Vorgehensweise zu entwickeln.

Gentner (1989) bezeichnet die Tiefenstruktur des Phänomens als *structural similarity*, welche sich auf die Eigenschaften bezieht, die beispielsweise eine Regelmäßigkeit oder ein zugrunde liegendes (Funktions-)Prinzip beschreiben. Bei Beispielen mit ähnlicher Oberflächenstruktur – auch als *surface similarity* bezeichnet (ebd.; Goswami, 2001) – werden Eigenschaften beschrieben, die direkt beobachtbare Dinge beschreiben wie z. B. den strukturellen Aufbau oder auch die Farbe / das Material eines Gegenstandes (Guo et al., 2012). Aufgaben auf der Ebene der Oberflächenmerkmale besitzen z. B. denselben Kontext (Tiere). Hier finden sich Parallelen zur Grundschuldidaktik. Spreckelsen spricht in diesem Kontext von phänotypischer bzw. genotypischer Analogiebildung.

Um die gemeinsame Tiefenstruktur – d. h. das zugrunde liegende Prinzip – der Beispiele zu entdecken, sind wesentliche kognitive Prozesse erforderlich, die Gentner in ihrer Structure-Mapping-Theorie erfasst (Gentner, 1983 & 1989). Diese besagt, dass eine Analogie hergestellt werden kann, indem vorhandenes Wissen über eine Ausgangssituation (*base*) auf eine Zielsituation (*target*) übertragen wird. Die Ausgangssituation dient dabei als Wissensquelle und die Zielsituation gilt es zu erklären (Gentner, 1983 & 1989). Alle Situationen und Beispiele können dabei als Informationsquelle dienen, d. h. Informationen aus dem ersten Beispiel können mit dem zweiten Beispiel verglichen werden und umgekehrt. Der Transferprozess funktioniert also in beide Richtungen (Gentner et al., 2003; Bach, 2011).

¹⁶ *Cognitive Load Theorie* (CLT): Es wird angenommen, dass nur ein sehr eingeschränktes Arbeitsgedächtnis und ein nahezu unbegrenztes Langzeitgedächtnis existiert (Miller, 1965; Sweller, 1994; Schnotz & Kürschner, 2007). Die kognitive Belastung des Arbeitsgedächtnisses entsteht durch die Menge an Informationen, die für die Bearbeitung bestimmter Aufgabenstellungen verfügbar sein müssen. Eine Kapazitätsgrenze wird erreicht, wenn mehr Informationen einbezogen werden müssen als Speicherkapazität im Arbeitsgedächtnis vorhanden ist (Renkl et al., 2003).

Um die Beispiele vergleichen zu können, „*müssen die Lernenden die strukturell relevanten Merkmale der Phänomene identifizieren und aufeinander beziehen, um Gemeinsamkeiten erkennen zu können*“ (Schwelle et al., 2012, S. 120). Diese strukturell relevanten Merkmale werden auch als *alignable differences* bezeichnet (Sagi et al., 2012); die Vergleichsprozesse als *structural alignment* oder *Mapping* (Gentner et al., 2003). Gentner et al. (2003) argumentieren außerdem, dass das analoge Enkodieren nicht unbedingt voraussetzt, dass die Lernenden das Funktionsprinzip der Beispiele vollständig verstanden haben, bevor die Vergleichsprozesse beginnen. Da alle zu vergleichenden Beispiele als Informationsquelle dienen können, um das andere Beispiel oder das zugrunde liegende Prinzip zu verstehen, kann die gemeinsame Tiefenstruktur durch deduktives Denken erkannt werden. Der explizite Vergleich (der im Ansatz des Analoges Enkodierens enthaltenen Beispiele) führt auch zu der Annahme, dass es möglich ist, die Aufmerksamkeit der Lernenden von der Oberflächenstruktur weg auf die Tiefenstruktur zu richten (Schwelle, 2016). Dabei soll der Fokus auf die gemeinsamen Prinzipien und Strukturen der Beispiele gelegt werden, um das Denken in eine flexible Wissensstruktur zu integrieren. Zudem zeigt es, dass das erlernte Wissen für verschiedene Kontexte relevant ist. Somit können die Lernenden strukturell ähnliche Beispiele besser aus dem Gedächtnis abrufen und den Transfer des erworbenen Wissens in neue Situationen leisten (Lohrmann et al., 2014).

Forschungsstand

Forschungsergebnisse aus den verschiedenen Disziplinen, deren gemeinsamer Fokus das Arbeiten mit Beispielen ist, bilden die theoretische Grundlage für die vorliegende Arbeit. Diese unterschiedlichen Zugänge und Forschungsrichtungen weisen sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede hinsichtlich der Begrifflichkeiten sowie der Umsetzung auf. Während Klafki, Renkl und Gentner von Beispielen sprechen, nutzt Spreckelsen die Formulierung der Phänomene, da hier vor allem der Fokus auf naturwissenschaftliche Inhalte gerichtet ist. Zur Vereinfachung wird in dieser Arbeit der Begriff der Beispiele verwendet.

Weiterhin sind bei einem Vergleich hinsichtlich der Anzahl der Beispiele sowie der Gestaltung der Lernangebote basierend auf Beispielen Unterschiede festzustellen. Während Klafki theoretische Prinzipien für die Umsetzung des exemplarischen Lernens liefert und generell für das Arbeiten mit Beispielen spricht, widmet sich auch Spreckelsen vor allem theoretischen Arbeiten und liefert theoriebasierte Argumente für die Idee der Phänomenkreise. So ist nach Spreckelsen (1998) bekannt, dass sich jüngere Kinder eher mit der phänotypischen Analogie zwischen zwei Phänomenen zufriedengeben, während Kinder im dritten Schuljahr eher die genotypische Analogie bevorzugen. Für die Gestaltung von Lernangeboten legt er deshalb die Arbeit mit Phänomenkreisen nahe und empfiehlt vor allem, dass im Unterricht Vergleichsprozesse auf der Ebene der Tiefenstruktur angeregt werden.

Hinsichtlich des Ansatzes von Renkl et al. belegen zahlreiche Studien die Effektivität des Lernens aus Lösungsbeispielen (z. B. Renkl et al., 1998; Stark et al., 2000; Renkl et al., 2003). Dieser spricht sich – ähnlich wie Spreckelsen – für das nacheinander Bearbeiten von Beispielen aus, um das neu erworbene Wissen auf ein weiteres Beispiel zu übertragen. Vor allem Novizen – also Menschen mit weniger Vorwissen – profitieren vom Einsatz der Lösungsbeispiele (Renkl, 1997; Kalyuga et al., 2001; Renkl et al., 2002).

Der Forschungsstand zeigt auch, dass Experten bzw. Lernende mit umfangreichem Vorwissen im jeweiligen Inhaltsbereich von diesem Setting weniger profitieren, da die für Novizen unerlässlichen Informationen über die Schritte des Lösungsbeispiels mit zunehmender Expertise überflüssig werden (Kalyuga et al., 2001). Für diese Bearbeitung spricht auch eine Studie von Inagaki und Hatano (1987). Diese untersuchten die spontane Analogiebildung bei Vorschulkindern im Alter von fünf bis sechs, indem sie spezifische Fragen stellten: z. B. ob ein Kaninchenbaby für immer klein und niedlich bleiben kann. Die Kinder bildeten oft Analogien zu Menschen und begründeten, dass (menschliche) Babys auch größer werden, weil sie Nahrung zu sich nehmen. Kinder gaben häufiger die richtige Antwort, wenn sie diese Menschen-Analogien anwendeten, als wenn sie es nicht taten. Dies zeigt, dass Kinder den Menschen – eine vertraute Domäne – grundlegend für ihre Reflexionen über ähnliche Lebewesen heranzogen. Goswami & Brown (1989) zeigten ebenfalls, dass der Erfolg von Kindern (zwischen drei und zehn Jahren) bei analogen Transferaufgaben zunahm, wenn ihnen die Bereiche vorher vertraut waren und sie beim Bilden von Analogien unterstützt wurden.

Im Gegensatz zu Spreckelsen und Renkl plädieren Gentner et al. für das gleichzeitige Bearbeiten von mehreren Beispielen. Hier stellt sich die Frage, wie die zu vergleichenden Beispiele aussehen sollen. Inwiefern Lernenden diese kognitiven Prozesse des Vergleichens gelingen, hängt u.a. vom Vorwissen ab. Entsprechende Forschungsergebnisse deuten auf die Wirksamkeit der Idee des Analogien Enkodierens hin (Gentner et al., 2003 & 2004; Kurtz & Loewenstein, 2007; Star & Rittle-Johnson, 2009; Sagi et al., 2012). Nach welchen Kriterien die Beispiele ausgewählt und wie sie gestaltet werden sollten, um den Lernprozess möglichst kognitiv zu unterstützen, ist bisher kaum in der Forschung aus dem Elementarbereich sowie im Bereich der Naturwissenschaften zu finden (Rittle-Johnson & Star, 2009). Aus wenigen Untersuchungen aus dem Kindergarten- und Sekundarschulbereich wird deutlich, dass es hinsichtlich der Auswahlkriterien der Beispiele zwei gegensätzliche Positionen gibt, die beide theoretisch begründet sind. Obwohl nachgewiesen wurde, dass das Lernen anhand mehrerer Beispiele effektiver ist, bleiben die in der Literatur gefundenen Ergebnisse bzgl. der Auswahl der Beispiele mehrdeutig (ebd.).

Einige Forschungsergebnisse zeigen, dass Novizen¹⁷ dazu neigen, ihre Aufmerksamkeit auf die Oberflächenstruktur der Beispiele zu richten, da sie mit der Tiefenstruktur noch nicht vertraut sind (Weisberg et al., 1978; Chi et al., 1981; Vosniadou, 1989; Blanchette & Dunbar, 2001; Richland et al., 2006).

„Surface similarity (i.e., non-analogy-related similarity in simple, descriptive properties of objects like shape, color, size, names, profession, workplace of story characters, kinds of animals, etc.) is likely to be noticed more easily than similarity in underlying structure [...]. People are more sensitive to similarity in descriptive properties than to similarity in structural aspects.“
(Vosniadou, 1989, S. 418)

¹⁷ Novizen bezeichnen Menschen ohne bzw. mit nur wenig Vorwissen in einem bestimmten Bereich; oft sind dies jüngere Lernende.

Daher plädieren z. B. Haryu et al. (2011) – die den Spracherwerb von Drei- bis Vierjährigen erforscht haben – dafür, mit oberflächlich ähnlichen Beispielen zu arbeiten. Auch Mandrin und Preckel (2009) konnten im Bereich der Mechanik bzw. Geometrie bei Acht- bzw. Neuntklässlern ähnliche Studienergebnisse nachweisen. Die Struktur der ähnlichen Oberflächenmerkmale hilft dabei, die Analogien zu erkennen und Vergleiche zwischen den Beispielen durchzuführen, denn ansonsten sind Novizen in Bezug auf einen Inhaltsbereich überfordert (Chi et al., 1981; Vosniadou, 1989).

Zum anderen wird auf das erfolgreiche Arbeiten mit oberflächlich unähnlichen Beispielen eines Funktionsprinzips hingewiesen (Paas & van Merriënboer, 1994; Quilici & Mayer, 1996; Kurtz et al., 2001). Hier heißt es, dass durch das Weglassen der gemeinsamen Oberflächenmerkmale die Lernenden besser in der Lage sind, sich auf die Tiefenstruktur der Beispiele – d. h. auf das gemeinsame Funktionsprinzip – zu konzentrieren (Bransford et al., 2000; Guo et al., 2012). Aber auch hier wird das Arbeiten mit oberflächlich unähnlichen Beispielen vor allem für Lernende mit Vorwissen (sog. Experten) als besonders geeignet angesehen. Auch Befunde aus der Interventionsstudie von Lohrmann et al. (2014) aus dem Grundschulbereich stützen tendenziell die Annahme, dass beim Vergleichen von unähnlichen Beispielen ein höherer Lerngewinn erzielt werden kann.

So ist bekannt, dass das Arbeiten mit mehreren Beispielen sich bei Drittklässlern positiv auf den Wissenserwerb zum Unterrichtsgegenstand des Hebelgesetzes (Gleichgewicht, Kraftverstärkung) auswirkt und ein konzeptueller Wandel stattfinden kann. Dies bestätigt die Übertragbarkeit der Idee des Analogen Enkodierens nach Gentner et al. (2004). Kindern gelingt es anhand unähnlicher Beispiele etwas besser, die Tiefenstruktur zu erkennen und Regelmäßigkeiten zu verstehen.

Eine Vielzahl weiterer Studien (z. B. Catrambone & Holyoak, 1989; Paas & van Merriënboer, 1994; Quilici & Mayer, 1996; Kurtz et al., 2001; Hammer et al., 2008) kann diese Annahme bestätigen. Unähnliche Beispiele helfen den Lernenden, sich von der Oberflächenstruktur zu lösen, und unterstützen tiefergehende Denkprozesse. Paas und van Merriënboer (1994) zeigten, dass beim Arbeiten mit unähnlichen Beispielen eine geringere kognitive Belastung stattfindet und es zu einer besseren Transferleistung kommt. Auch Quilici und Mayer (1996) können vergleichbare Belege liefern. Sie zeigen zudem, dass ähnliche Beispiele die Lernenden sogar daran hindern können, die relevanten Merkmale zu erkennen und einen Transfer zu leisten (Guo et al., 2012, Quilici & Mayer, 1996). Als Einschränkung sei hier jedoch erwähnt, dass die zuletzt genannten Studien überwiegend mit Studierenden durchgeführt wurden und die vorgestellten Ergebnisse daher nicht direkt auf den Elementarbereich übertragen werden können. Dies ist sowohl auf die Unterschiede in den kognitiven Fähigkeiten als auch auf die erheblichen Unterschiede im Vorwissen über einen Inhaltsbereich zurückzuführen.

Generell konnten die Forschungsbefunde zu unterschiedlichen Inhaltsbereichen und mit Stichproben unterschiedlicher Altersstufen den Nutzen und die Vorteile von Vergleichsprozessen nachweisen. Dies lässt auf eine Vielzahl von Inhalten sowie Domänen schließen, in denen das Anregen von Vergleichen bei der Gestaltung von Lernangeboten Anwendung finden kann. Insgesamt zeigen die Forschungsbefunde diesbezüglich, dass jüngere Kinder – oder auch Novizen – eher auf die Oberflächenmerkmale fokussiert sind, wohingegen mit zunehmendem Alter – oder entsprechendem Vorwissen – der Blick vermehrt auf die Tiefenstruktur der Beispiele gelenkt wird.

Dies liegt daran, dass Oberflächenmerkmale als solche identifiziert und nicht mehr berücksichtigt werden müssen (Chi et al., 1981; Novick, 1988; Vosniadou, 1989; Kotovsky & Gentner, 1996; Rattermann & Gentner, 1998; Blanchette & Dunbar, 2001; Dunbar, 2001; Richland et al., 2006). Kurtz et al. (2001) sehen jedoch eine Chance für Novizen, durch gezielte (kognitive) Unterstützung die Tiefenstruktur der Beispiele zu erkennen und so ein flexibles und übertragbares Wissen aufbauen zu können. Es muss aber erwähnt werden, dass der Stand der Forschung hauptsächlich auf Studien beruht, die die Wirksamkeit der Vergleichsprozesse unter Laborbedingungen getestet haben. Darüber hinaus wurden viele der Studien häufig mit älteren Kindern oder sogar Studierenden durchgeführt. Die Ergebnisse können daher nicht direkt auf den Elementarbereich übertragen werden. Das hängt mit Unterschieden in den kognitiven Fähigkeiten sowie mit den erheblichen Unterschieden im Vorwissen in einem Inhaltsbereich zusammen. Zudem müssen die Ergebnisse der bisherigen Forschung dahingehend relativiert werden, dass die meisten Studien die Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit der verwendeten Beispiele nicht systematisch variieren. Daher können keine Aussagen über die Auswirkungen dieser Variation gemacht werden (Schwelle, 2016).

Insgesamt lässt sich sagen, dass die einzelnen hier vorgestellten Theorieansätze für sich allein nicht genügen, um theoretisch fundierte und empirisch überprüfbare Belege für die praktische Umsetzung in der Kita oder Schule zu liefern. Deutlich wird aber, dass sich die Ansätze gegenseitig ergänzen können. So kann mit Hilfe der theoretischen Überlegungen von Klafki, der Theorie sowie der überprüften Phänomenkreise von Spreckelsen und den empirischen Befunden von Renkl et al. sowie Gentner et al. ein theoretischer Rahmen für diese Arbeit gefunden werden. Alle Ansätze plädieren für das Arbeiten mit Beispielen, um Vergleichsprozesse anzuregen und somit den Aufbau von Wissen zu unterstützen. Spreckelsen und Renkl sprechen sich für das nacheinander Bearbeiten der Beispiele aus, während Gentner et al. die Beispiele gleichzeitig bearbeiten lassen wollen. Bei allen Ansätzen ist jedoch nicht eindeutig geklärt, ob die oberflächliche Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit der bearbeitenden Beispiele mehr beim Erkennen der Tiefenstruktur hilft.

5. Zusammenfassung

Die aktuellen Forschungsergebnisse unterstreichen die Bedeutung von frühen Bildungsprozessen für einen erfolgreichen Bildungsverlauf sowie das Ziel einer frühen anspruchsvollen Förderung in den Naturwissenschaften (sowie z. B. in der Mathematik und dem Spracherwerb). Kinder sollten dabei unterstützt werden, sich zunehmend belastbare naturwissenschaftliche Konzepte und Vorstellungen sowie damit verbundene Denk- und Arbeitsweisen anzueignen, um ein anschlussfähiges Wissen aufzubauen (Gopnik & Schulz, 2007; Carey, 2009; Leuchter et al., 2011 & 2013; Kallery, 2015). Der naturwissenschaftliche Prozess der Erkenntnisgewinnung folgt dabei einem Zyklus, der in verschiedene Denk- und Arbeitsweisen unterteilt ist. Es wird davon ausgegangen, dass das prozessbezogene Wissen nicht nur durch kognitive und sprachliche Fähigkeiten, sondern auch durch das Fachwissen bestimmt wird (Weinert & Helmke, 1997; Stern, 2004; Hammann et al., 2008; Grube, 2011; von Aufschnaiter & Hofmann, 2014).

Die theoretischen Grundlagen (Kapitel 1 bis 4) bieten einen Überblick über die Entwicklung des (naturwissenschaftlichen) Wissens von Kindern sowie über die Qualität von Lernangeboten im Elementarbereich. Es wird davon ausgegangen, dass die vorliegenden theoretischen Annahmen und empirischen Erkenntnisse aus dem mathematischen Bereich, dem Spracherwerb oder der Kognitionspsychologie z.T. auch auf den Kontext der naturwissenschaftlichen Bildung übertragbar sind. In Bezug auf das naturwissenschaftliche, prozessbezogene Wissen liegen nur wenige Studien vor. Diese untersuchen vor allem einzelne naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen. Somit gibt es nur wenige Befunde über das Wissen des Zusammenhangs (Dejonckheere et al., 2009). Bisher wurden die Schritte des Zyklus oft unabhängig voneinander untersucht und bewertet, obwohl sie voneinander abhängig und miteinander verbunden sind – so wie es in der wissenschaftlichen Praxis umgesetzt wird (Wilhelm & Beishuizen, 2003). Wenn Kinder lernen sollen, wie das naturwissenschaftliche Forschen funktioniert, müssen sie den Forschungsprozess als Ganzes verstehen und somit die Denk- und Arbeitsweisen in einem Forschungszyklus anwenden, um den Zusammenhang zu erkennen.

Aufbauend auf den in Kapitel 1 beschriebenen Zielen des naturwissenschaftlichen Lernens konnten Studien zeigen, dass das für die naturwissenschaftliche Grundbildung erforderliche Wissen über wissenschaftliche Konzepte und deren Anwendung durch die Bearbeitung mehrerer Beispiele gefördert werden kann (Spreckelsen, 1988; Lohrmann et al., 2014). Zudem kann es Lernende somit in die Lage versetzen, unabhängig vom jeweiligen Kontext flexibel auf Wissen zuzugreifen (Spiro et al., 1991). Auch das explizite Anregen von Vergleichsprozessen zwischen mehreren Beispielen erwies sich als hilfreich bei der Gestaltung didaktischer Lernangebote (Gentner et al., 2003; Spreckelsen 1997; Lohrmann et al., 2013).

Die Lage der Forschungsbefunde bezogen auf die oberflächliche Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit der Beispiele ist dagegen unklar. Es zeigt sich keine eindeutige Richtung, ob dies durch das Vergleichen von Beispielen mit oberflächlich ähnlichen Merkmalen (Chi et al., 1981; Vosniadou, 1989; Mandrin & Preckel, 2009; Haryu et al., 2011) oder Merkmalen, die ausschließlich auf die Tiefenstruktur deuten (Paas & van Merriënboer, 1994; Quilici & Mayer, 1996; Bransford et al., 2000; Kurtz et al., 2001; Guo et al., 2012; Lohrmann et al., 2014), gelingt.

Einigkeit herrscht jedoch in der Abhängigkeit vom Vorwissen. Oberflächenähnlichkeit unterstützt Novizen dabei, die gewünschten Vergleichsprozesse zu meistern. Das Wegfallen dieser Oberflächenstruktur hingegen kann Lernende dazu bringen, sich mehr auf die gemeinsame Tiefenstruktur der Beispiele zu konzentrieren und sich nicht von den Oberflächenmerkmalen ablenken zu lassen (Bransford et al., 2000; Guo et al., 2012; Lohrmann et al., 2014). Diese Forschungslücke soll mit der vorliegenden Arbeit im Rahmen einer Interventionsstudie adressiert werden. Es soll untersucht werden, inwieweit Vorschulkinder durch kognitiv unterstützende Lernangebote, in der verschiedene (un-)ähnliche Beispiele miteinander verglichen werden, ein prozessbezogenes Wissen über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie den Forschungszyklus (weiter)entwickeln können. Viele Studien aus unterschiedlichen Disziplinen zeigten, dass eine Förderung von Kindern in qualitativ guten Lernumgebungen mit langfristigen positiven Bildungseffekten verbunden ist (Roux & Tietze, 2007). Vor dem Hintergrund, dass kognitive unterstützende Lernangebote im Kindergartenalltag allerdings nur selten zu finden sind (König, 2006; Appleton, 2008; Albers, 2009; Kammermeyer et al., 2013), stellt sich die Frage, ob es gelingt, Lernangebote durch die richtige Auswahl naturwissenschaftlicher Beispiele zu entwickeln, die in stärkerem Maße den Erwerb von Prozesswissen ermöglichen. Hierfür wurden Lernangebote für die Vorschulkinder gestaltet, die im methodischen Teil der Arbeit vorgestellt werden. Um die Lernangebote zu untersuchen, in denen das prozessbezogene Wissen über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie über den Forschungszyklus gefördert werden sollen, braucht es ein geeignetes, standardisiertes sowie kindgerechtes Instrument. Dieses wurde ebenfalls für diese Arbeit entwickelt.

Forschungsfragen und Ziele

In diesem Kapitel werden die für diese Arbeit leitenden Forschungsfragen sowie Hypothesen formuliert, die sich aus dem theoretischen Hintergrund (Kapitel 1 bis 4) ergeben.

Zur Förderung des naturwissenschaftlichen, prozessbezogenen Wissens von Vorschulkindern wurden, basierend auf dem dargelegten aktuellen Forschungsstand, zwei unterschiedliche Lernangebote entwickelt, die sich untereinander nur in der Auswahl der Beispiele unterscheiden. In beiden Angeboten wurden die Kinder durch kognitive Unterstützungsmaßnahmen bei den Aufgabenstellungen begleitet. Eine zentrale Frage dieser Arbeit ist, inwieweit die Kinder ein erstes prozessbezogenes Wissen über den Forschungszyklus aufbauen können. Ziel ist es deshalb, die Bedingungen zu identifizieren, unter denen dieses Wissen am besten entwickelt werden kann. Explizit soll untersucht werden, wie sich die kognitive Unterstützung auswirkt und welche Rolle die Ähnlichkeit von Beispielen für den Wissenserwerb spielt. Um herauszufinden, ob die Lernangebote zu einem Wissenszuwachs führen und inwiefern sich die Auswahl der Beispiele darauf auswirkt, wurden zudem zwei Kontrollgruppen (KG und BG) erhoben. Während die Kontrollgruppe (KG) ebenfalls ein Lernangebot ohne kognitive Unterstützung hinsichtlich der Denk- und Arbeitsweisen erhielt, also ohne explizite Thematisierung dieser Denk- und Arbeitsweisen, hat die Baselinegruppe (BG) an keinem Angebot teilgenommen.

Vor diesem Hintergrund wird in einem ersten Schritt untersucht, wie sich naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen valide (reliabel sowie objektiv) erfassen lassen. Es wurde ein Testinstrument entwickelt, mit dem nicht nur das Wissen über die Denk- und Arbeitsweisen, sondern auch das Wissen über den Forschungszyklus ermittelt werden kann. Im Rahmen der Testentwicklung wurde daher der Fokus auf die Erfassung von Wissen gelegt, welches im Rahmen des Prozesses naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung von Bedeutung ist. Mit Hilfe dieses selbstentwickelten Tests soll im Anschluss an die Intervention, welche aus verschiedenen Lernangeboten bestand, überprüft werden, wie sich das prozessbezogene Wissen durch die Teilnahme an den Lernangeboten verändert und ob die Auswahl oberflächlich (un-)ähnlicher Beispiele (siehe Kapitel 4.3) eine entscheidende Rolle für den Erwerb dieses Wissens spielt.

Ziele

Es ergeben sich daraus folgende Ziele:

Ziel 1: Entwicklung eines standardisierten Testinstruments, welches das prozessbezogene Wissen über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie über den Forschungszyklus objektiv, reliabel und valide erfasst.

In verschiedenen Studien wurden bereits Instrumente entwickelt, um naturwissenschaftliches Wissen von Vorschulkindern zu erfassen. Steffensky et al. (2012) sowie Hahn et al. (2014) beispielsweise zeigten, dass sowohl inhaltsbezogenes sowie prozessbezogenes Wissen von Vorschulkindern erfasst werden kann. Allerdings passen diese Testinstrumente nicht auf die hier zu untersuchenden Fragestellungen.

Aus SNaKE (Steffensky et al., 2012) ist beispielsweise ein Instrument bekannt, welches ausgewählte Aspekte der Denk- und Arbeitsweisen wie das Beobachten und Messen sowie das (systematische) Vergleichen erfasst. Thematisch konzentriert sich der Test allerdings auf Wasser in unterschiedlichen Aggregatzuständen. Dieses Instrument passt weder thematisch noch erfasst es das prozessbezogene Wissen über den Zusammenhang der Denk- und Arbeitsweisen. Im Rahmen von NEPS wurden verschiedene naturwissenschaftliche Aspekte über die gesamte Lebensspanne hinweg gemessen (Hahn et al., 2014). Im Kindergarten test stand dabei zwar inhalts- und prozessbezogenes Wissen im Mittelpunkt, aber die Aufgaben passten auch hier thematisch nicht zu den Inhalten dieser Studie.

Zusammengefasst kann sich zwar an den vorhandenen Testinstrumenten in Bezug auf die Denk- und Arbeitsweisen orientiert werden, dennoch fehlen Instrumente, die Wissen im Kontext Magnetismus erfassen sowie Teilaspekte der einzelnen Denk- und Arbeitsweisen oder inbegriffene Fragen zum Zusammenhang der Denk- und Arbeitsweisen berücksichtigen. Deswegen war es erforderlich, ein neues reliables und valides Instrument zu entwickeln, welches bei Vorschulkindern prozessbezogenes Wissen zum gewählten Lerngegenstand Magnetismus sowie zu einem weiteren, artifiziellen (nicht inhaltspezifischem) Kontext erfasst und somit die Auswirkungen der Variation von oberflächlicher (Un-)Ähnlichkeit messen kann.

Ziel 2: Entwicklung geeigneter Lernangebote zum Erwerb eines prozessbezogenen Wissens über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie über den Forschungszyklus.

In Kapitel 4 ist dargestellt, wie gute Lernangebote aussehen sollten, um das (naturwissenschaftliche) Wissen der Kinder bestmöglich zu fördern. Neben Wertschätzung und guter Gruppenorganisation spielt die kognitive Unterstützung eine entscheidende Rolle. So können Kinder durch geeignete Scaffolding-Maßnahmen sowie kognitiv anregende und verbal unterstützte Interaktionen darin unterstützt werden, ihr bereits vorhandenes Vorwissen in neuen Zusammenhängen zu nutzen. Die für diese Arbeit entwickelten Lernangebote fokussieren neben der kognitiven Unterstützung auch die Variation der Ähnlichkeit bzw. der Unähnlichkeit der verwendeten Beispiele.

Vor allem im Elementarbereich fehlt es noch an weiteren Studien, wie die zu vergleichenden Beispiele gestaltet sein sollten, damit Kinder die Tiefenstruktur – in diesem Fall die Denk- und Arbeitsweisen – erkennen und verstehen. Anhand der entwickelten Lernangebote wird untersucht, wie sich die Variation von oberflächlich ähnlichen bzw. unähnlichen Beispielen auf den Auf- und Ausbau von naturwissenschaftlichem Wissen bei Vorschulkindern auswirkt.

Forschungsfragen

Anhand der entwickelten Lernangebote soll die Wirksamkeit der kognitiv unterstützenden Lernangebote, die sich in der Auswahl der Beispiele unterscheiden, auf die Entwicklung des prozessbezogenen Wissens über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie den Forschungszyklus untersucht werden. Diesbezüglich wurde eine Interventionsstudie durchgeführt. Die abhängige Variable ist demnach das prozessbezogene Wissen. Die unabhängige Variable ist die Teilnahme an einem bestimmten Lernangebot.

Vor diesem Hintergrund stellen sich die folgenden Forschungsfragen, aus denen anhand theoretischer Annahmen sowie bisheriger Forschungsbefunde (Kapitel 1 bis 4) Hypothesen abgeleitet werden:

F1: Wie unterscheiden sich die zwei Interventionsgruppen IG1 und IG2 durch ihre Teilnahme an einem kognitiv unterstützenden Lernangebot (unabhängige Variable) von den Kontrollgruppen KG und BG in ihrem prozessbezogenen Wissen (abhängige Variable)?

H1a: Ausgehend vom aktuellen Forschungsstand wird das naturwissenschaftliche Wissen der Vorschulkinder (abhängige Variable) aus den Interventionsgruppen durch Lernangebote, die kognitiv unterstützend gestaltet sind und auf dem Vergleichen von Beispielen basieren, mehr gefördert im Vergleich zu den Kontrollgruppen (KG & BG). Aktuelle Forschungsbefunde belegen den signifikanten Zusammenhang der kognitiven Unterstützung mit der Entwicklung von Wissen (siehe Kapitel 3; z. B. Hamre & Pianta, 2005; Hardy, 2006; Howes et al., 2008; Klieme et al., 2006; Dejonckheere et al., 2009; Baumert et al., 2010; Kunter et al., 2013; Fauth et al., 2014). Zudem zeigen Befunde aus der Forschung, dass das explizite Anregen von Vergleichsprozessen zwischen mehreren Beispielen Kinder unterstützt, unabhängig vom Kontext flexibel auf Wissen zuzugreifen (Spiro et al., 1991). Es wird daher vermutet, dass die beiden Interventionsgruppen sich aufgrund der kognitiven Unterstützung signifikant positiv ($p < .05$) in ihrem Prozesswissen zum zweiten Messzeitpunkt (MZP2) von den beiden Kontrollgruppen unterscheiden.

H1b: Es ist davon auszugehen, dass die Kontrollgruppe sowie die Baselinegruppe keinen Lernzuwachs in ihrem Prozesswissen verzeichnen. Die Kontrollgruppe KG führt wie die IG1 bzw. IG2 ebenfalls Experimente durch, erhält aber keine explizite Unterstützung beim Aufbau prozessbezogenen Wissens. Aus bereichsspezifischer Sicht ist die explizite Thematisierung fachlicher sowie fachdidaktischer Inhalte wichtig, denn für viele Themen benötigen Kinder ein spezifisches Vorwissen, das ihnen ermöglicht, sich neues Wissen zu erschließen. Es sollte daher um konkrete naturwissenschaftliche Themen gehen. Um das Prozesswissen zu fördern, genügt es nicht, nur den fachlichen Hintergrund herauszuarbeiten, sondern es müssen auch Aspekte der Denk- und Arbeitsweisen, notwendiges Vorwissen, passende Beispiele sowie Experimente in Bezug auf den jeweiligen Inhalt berücksichtigt werden (Steffensky, 2017). Da zwar der Inhaltsbereich Magnetismus konkret thematisiert wird, aber die Denk- und Arbeitsweisen dabei nicht explizit erwähnt und gemeinsam erarbeitet werden, wird vermutet, dass die Kinder der Kontrollgruppe KG sich insgesamt in ihrem prozessbezogenen Wissen über die Denk- und Arbeitsweisen – ohne explizite Unterstützung – nicht verbessern. Es gilt die Hypothese, dass sich die KG in ihrem Prozesswissen nicht signifikant im Posttest verbessert ($p < .05$).

F1.1: Wie unterscheiden sich die zwei Interventionsgruppen IG1 und IG2 von den Kontrollgruppen KG und BG in ihrem Inhaltswissen (abhängige Variable)?

H1.1: Um zu untermauern, dass sich die drei Gruppen (IG1, IG2 und KG), die Experimente zum Thema Magnetismus durchführen, tatsächlich nur in ihrem Prozesswissen unterscheiden, muss gezeigt werden, dass sowohl die Intervention prozessbezogenes sowie inhaltsbezogenes Wissen fördert, der Prozesswissenstest aber nur das prozessbezogene und nicht auch das inhaltsbezogene Wissen erfasst. Da die Interventionsgruppen IG1 und IG2 im Rahmen der Intervention an einem Lernangebot teilnehmen, das vor allem das prozessbezogene Wissen durch kognitive Unterstützung fördern soll, wird vermutet, dass nur diese beiden Gruppen sich in ihrem Prozesswissen verbessern (H1a, H1b). Da die Intervention in einen inhaltlichen Kontext zum Thema Magnetismus eingebettet ist, sollten die Kinder der Interventionsgruppen sich auch in ihrem Inhaltswissen verbessern. Die Kinder der Kontrollgruppe KG hingegen nehmen an einem Lernangebot teil, in dem zwar Experimente zum Thema Magnetismus durchgeführt werden, sie allerdings nicht explizit in ihrem Erwerb prozessbezogenen Wissens unterstützt werden. Somit wird erwartet, dass sich die Kinder der KG im Inhaltswissen, nicht aber in ihrem Prozesswissen verbessern. Das würde dafür sprechen, dass sowohl in der Intervention das Prozesswissen sowie Inhaltswissen gefördert wird als auch dafür, dass der Prozesswissenstest nur das prozessbezogene Wissen erfasst. Vermutet wird demnach, dass sich die Gruppen IG1, IG2 sowie KG in ihrem Inhaltswissen verbessern.

F2: Unterscheiden sich die beiden Interventionsgruppen, deren Lernangebote in der (Un-)Ähnlichkeit der zu vergleichenden Experimente variieren (unabhängige Variable), in ihrem prozessbezogenen Wissen (abhängige Variable)?

H2: Zunächst ist davon auszugehen, dass das verbale Anregen von Vergleichen den Kindern hilft, Zusammenhänge zu erkennen und auf neue Kontexte anzuwenden (Gentner & Namy, 1999; Rittle-Johnson & Star, 2009). Die Forschungsbefunde zeigen allerdings keine eindeutige Tendenz bzgl. der Ähnlichkeit der zu wählenden Beispiele. Sie deuten zum Teil darauf hin, dass es jüngeren Kindern oder Kindern mit weniger ausgeprägtem Vorwissen leichter fällt, die Zusammenhänge anhand ähnlicher Beispiele zu erkennen (Blanchette & Dunbar, 2001; Mandrin & Preckel, 2009; Haryu et al., 2011), da sie die Tiefenstruktur der prozessbezogenen Konzepte nicht erkennen können (Vorholzer 2016 in Anlehnung an von Aufschnaiter & Rogge, 2010) und ohnehin eher auf die Oberflächenmerkmale fokussiert sind. Mit entsprechend umfangreichem prozessbezogenen Vorwissen zu den Denk- und Arbeitsweisen und durch gezielte (kognitive) Unterstützung kann der Blick der Kinder aber stärker auf die Tiefenstruktur der Beispiele gelenkt werden, um so ein flexibles und übertragbares Wissen aufbauen zu können (Paas & van Merriënboer, 1994; Kurtz et al., 2001). Es kann daher vermutet werden, dass diese Kinder von unähnlichen Beispielen profitieren, da sie die Tiefenstruktur besser erkennen und auf weitere Beispiele übertragen können.

Allerdings ist der Stand der Forschung überwiegend auf Studien zurückzuführen, die die Wirksamkeit des Vergleichens vor allem mit älteren Kindern oder Studierenden durchgeführt wurden. Die Ergebnisse sind aufgrund der Unterschiede in den kognitiven Fähigkeiten sowie an signifikanten Unterschieden im Vorwissen in dem jeweiligen Inhaltsbereich nicht direkt auf den Elementarbereich übertragbar. Infolgedessen fehlt es an Evidenz aus Studien sowohl bezüglich des Vergleichens als auch zur Auswahl der (un)ähnlichen Beispielen für den Elementarbereich. Zur Fragestellung F2 lässt sich daher keine eindeutige Hypothese aufstellen.

F3: Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den Voraussetzungen der Kinder (inhaltliches und prozessbezogenes Vorwissen, kognitive sowie sprachliche Fähigkeiten) und dem Lernangebot (ähnliche bzw. unähnliche Beispiele)?

H3: In Anlehnung an die Forschungsfrage 2 wird vermutet, dass Kinder mit prozessbezogenem Vorwissen zu den Denk- und Arbeitsweisen sowie höheren kognitiven sowie sprachlichen Fähigkeiten von unähnlichen Beispielen profitieren. Kinder mit geringem Vorwissen profitieren hingegen vermutlich besonders deutlich von oberflächlich ähnlichen Beispielen (Vorholzer 2016 in Anlehnung an von Aufschnaiter & Rogge, 2010). Es gilt die Hypothese, dass leistungsstarke Kinder einen signifikant höheren Lernzuwachs haben, wenn sie sich mit unähnlichen Beispielen auseinandersetzen, während leistungsschwächere Kinder von ähnlichen Beispielen profitieren.

Die Hauptforschungsfragen zum prozessbezogenen Wissen über die Denk- und Arbeitsweisen und über den kumulativen Forschungszyklus sowie zum Zusammenhang zwischen den individuellen Voraussetzungen und den Lernangeboten leiten das Design und die Analysen dieser Arbeit.

Design und Methodik

In diesem Kapitel werden das Design der Studie (Kapitel 6) und das methodische Vorgehen zur Überprüfung der Hypothesen vorgestellt. Neben der Entwicklung und Durchführung der Interventionen (Kapitel 7) werden die eingesetzten Instrumente beschrieben (Kapitel 8). Anschließend werden die für die Analysen erforderlichen Datenaufbereitungs- und Auswertungsmethoden erläutert und die für die statistischen Analysen notwendigen Voraussetzungen vorgestellt (Kapitel 9).

6. Studiendesign

Die Ziele der Studie sowie die Forschungsfragen wurden anhand eines quasi-experimentellen Interventionsdesigns mit Pre- und Posttest zum prozessbezogenen Wissen über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie des Forschungszyklus bei Vorschulkindern untersucht. Die Interventionsstudie wurde in der Kita im normalen Tagesablauf, von einer externen Versuchsleiterin durchgeführt. Die Durchführung in der Kita wurde gewählt, da die Kinder so in ihrem täglichen Umfeld sind. Der Fokus lag auch auf der Praxistauglichkeit der Experimente sowie Materialien (Rost, 2004), sodass die natürliche und alltägliche Umgebung von Bedeutung war, um lebensnahe Ergebnisse zu erhalten und Schlussfolgerungen für die praktische Anwendung ziehen zu können.

Das Design umfasste zwei Interventionsgruppen, die im Rahmen der Intervention Lernangebote zum inhaltlichen Thema Magnetismus erhielten. Zusätzlich bekam eine Interventionsgruppe (IG2) ein Lernangebot zum Verhalten von Kletterasseln. Beide Interventionsgruppen erhielten darüber hinaus verschiedene kognitive Unterstützungsmaßnahmen. Neben den beiden Interventionsgruppen gab es eine Kontrollgruppe (KG), die Lernangebote mit den gleichen Experimenten zum Thema Magnetismus erhielt, aber keine kognitive Unterstützung beim Erwerb prozessbezogenen Wissens bekam, und eine Baselinegruppe (BG), die zwischen den beiden Messzeitpunkten keine spezifischen Lernangebote in Anspruch nahm (Tabelle 1). Die beiden Interventionsgruppen unterschieden sich in Bezug auf das Vergleichen (un-)ähnlicher Beispiele der Lernangebote. Interventionsgruppe 1 untersuchte konzeptionell sehr ähnliche Beispiele und Interventionsgruppe 2 unähnliche Beispiele. In beiden Lernangeboten fand der Forschungszyklus – unterstützt durch Bilder – Anwendung.

Zur Erfassung des prozessbezogenen Vorwissens sowie des Inhaltswissens über Magnetismus wurden die Pretests (Zeitpunkt 1) ca. ein bis zwei Wochen vor der Intervention durchgeführt. Zusätzlich wurden folgende Kontrollvariablen erhoben, um später eine Vergleichbarkeit zwischen den Gruppen zu überprüfen. Neben allgemeinen Angaben und Familienmerkmalen (Alter, Geschlecht, Migrationshintergrund) wurden sprachliche und kognitive Fähigkeiten zur Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Themen erfasst (siehe Tabelle 1). Insgesamt umfasste der erste Messzeitpunkt einen zeitlichen Rahmen von ca. zwei Stunden. Hier wurden neben dem Pretest zur Erhebung des prozessbezogenen Wissens sowie der Pretest zur Erhebung des Inhaltswissens über Magnetismus auch der Test zur Erfassung kognitiver und sprachlicher Fähigkeiten durchgeführt (siehe Tabelle 1). Für den zweiten Messzeitpunkt, der nach der Intervention stattfand, wurde ca. eine Stunde zur Durchführung der Posttest benötigt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Zeitlicher Rahmen der Testungen zu beiden Messzeitpunkten.

	Zeitpunkt 1 (Pretests)	Zeitpunkt 2 (Posttests)
DuA	40 min	30 min
IM	20 min	15 min
PPVT	10 min	-
CFT	30 min	-
Gesamt	100 min + Pause(n) ≈ 2 Stunden	45 min + Pause(n) ≈ 1 Stunde

Anmerkungen: DuA = Test zu Erfassung des Prozesswissens über die Denk- und Arbeitsweisen sowie den Forschungszyklus, IM = Test zu Erfassung des Inhaltswissens über Magnetismus, PPVT = Peabody Picture Vocabulary Test, CFT = Kulturgerechter Intelligenztest. Familienmerkmale werden beim ersten Zeitpunkt in allen Gruppen erfasst.

Im Anschluss an die Intervention – zeitlich möglichst nah – wurden die Posttests (MZP2) durchgeführt. Die abhängige Variable wird demnach durch das Konstrukt dargestellt, welches durch den Test zur Erfassung des Prozesswissens über die Denk- und Arbeitsweisen sowie den Forschungszyklus erhoben wurde, der sich inhaltlich auf das Thema Magnetismus sowie einen artifiziellen Kontext (Verhaltensweisen des Wusels, siehe Kapitel 8) bezieht. Dabei soll untersucht werden, ob Kinder fähig sind, ihr erworbenes Prozesswissen auf eine neue Situation zu übertragen, ohne dass ihr Vorwissen einen Einfluss hat. Vor und nach der Intervention, d. h. zu beiden Messzeitpunkten, wird mit Hilfe von (standardisierten) Fragebögen das Wissen der Kinder über die Erkenntnisgewinnung ermittelt (Tabelle 2).

Tabelle 2: Überblick über die Interventions- und Kontrollbedingungen mit Pre- und Posttestung.

Gruppe	Zeitpunkt 1 (Pretest)	Intervention			Zeitpunkt 2 (Posttest)
		Naturwissen- schaftliche Lernangebote	Unterstützungsmaß- nahmen in Bezug auf die Denk- und Arbeitsweisen	Ähnlichkeit der Beispiele	
IG1	DuA, IM, CFT, PPVT	ja	ja	ja	DuA, IM
IG2	DuA, IM, CFT, PPVT	ja	ja	nein	DuA, IM
KG	DuA, IM, CFT, PPVT	ja	nein	ja	DuA, IM
BG	DuA, IM, CFT, PPVT	nein	-	-	DuA, IM

Es wurde kein vollständiges 2x2-Design mit Unterstützungsmaßnahmen (ja/nein) und Ähnlichkeit (ja/nein) als Faktoren verwendet, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass oberflächliche (Un-)Ähnlichkeit ohne jegliche kognitive Unterstützung in irgendeiner Form den Erwerb des Wissens über den Forschungszyklus fördert. Aus Gründen des ökonomischen Umgangs mit den Ressourcen bei der Datenerhebung umfasste das Design daher drei Bedingungen und eine zusätzliche Baselinegruppe.

Institutionelle sowie organisatorische Rahmenbedingungen

Die Gestaltung und Umsetzung der Interventionen erforderte die Berücksichtigung unterschiedlicher Rahmenbedingungen, die zum einen durch die Realisierung des Studiendesigns (Gruppenverteilung) und zum anderen von den Kitas geschaffen wurden (beispielsweise der zeitliche Rahmen).

Die Intervention fand in Kleingruppen von möglichst drei bis sechs Kindern pro Gruppe statt und wurde als einmaliges Angebot konzipiert. Generell konnte sie (falls ein Kind verhindert war oder andere Gegebenheiten zu einer Größenänderung der Gruppe führten) aber auch mit weniger oder mehr Kindern durchgeführt werden. Da die Intervention inhaltlich an die Testungen zum ersten Zeitpunkt anknüpfte, sollten auch nur die Kinder teilnehmen, die bereits die Testungen durchgeführt haben. Da die Intervention nur mit Vorschulkindern stattfand, die in Kleingruppen an den Interventionen teilnahmen und zufällig vorher einer der Interventions- oder Kontrollgruppen zugeordnet wurden, waren die Kinder bzw. Gruppen zufällig verteilt. Auch eventuelle Einflüsse durch Fachkräfte wurden ausgeschlossen, da immer dieselbe Fachkraft anhand eines vorgefertigten Skripts die Interventionen durchführte. Allerdings zeigt das skizzierte Design, dass die vollständige Randomisierung (Durchführung aller Bedingungen in jeder Kita) durch die Anzahl der Kinder innerhalb des Zielalters in jeder Kita und durch die elterliche Zustimmung zur Teilnahme begrenzt möglich war. Um eine möglichst hohe Vergleichbarkeit zwischen den Kitas zu schaffen, wurden die Kinder innerhalb jeder Kita nach dem Zufallsprinzip entweder einer der beiden Interventionsgruppen (IG1 oder IG2) oder einer der beiden Kontrollgruppen (KG oder BG) zugeordnet. Die Zuordnung der Kinder zu einer bestimmten Gruppe (IG1/IG2 vs. KG/BG) wurde randomisiert und der Anteil der Jungen und Mädchen wurde über die Bedingungen hinweg ausgeglichen. Aufgrund der Zusammensetzung sowie Verteilung der Gruppen konnten nur Kitas mit genügend Vorschulkindern berücksichtigt werden. Daher wurde darauf geachtet, dass die teilnehmenden Einrichtungen mindestens zwei Elementargruppen hatten, um eine ausreichende Anzahl an Kindern zu gewährleisten.

Die Lernangebote im Rahmen der Interventionen wurden in einem separaten Raum in den Kitas durchgeführt. Alle Materialien und Beispiele waren dem Alter der Kinder angemessen. Der konzipierte Rahmen der Interventionseinheit war für die Kinder motivierend und ansprechend, da die Themen sorgfältig ausgewählt sowie die Umsetzungen mehrfach erprobt wurden. Die Durchführung wurde so gestaltet, dass sie gruppenübergreifend vergleichbar ist. Einige der Durchführungen wurden per Audio aufgenommen und überprüft (Implementationscheck) (siehe Kapitel 7.5).

Die Organisation der Lernangebote konnte problemlos an die zeitlichen Abläufe und Gegebenheiten der Kita angepasst werden. Im Fokus stand, dass die Kinder viel Freude und Spaß beim Erforschen der Materialien haben. Da die Leitung der Kita selbst am besten einschätzen kann, wann und wo das Lernangebot konkret mit den Kindern umgesetzt werden kann, wurde nur ein zeitlicher sowie organisatorischer Rahmen vorgegeben. Dieser Rahmen musste jedoch eingehalten werden, damit eine Vergleichbarkeit unter den Kindern gewährleistet ist. Da der zeitliche Umfang zum ersten Messzeitpunkt ca. 2 Stunden betrug, die überwiegende Anzahl der Kitas um 12 Uhr mit dem Mittagessen begann, mussten die Testungen spätestens um 10 Uhr beginnen. Aus praktischen Erfahrungen in der Kita ist allerdings zu berücksichtigen, dass der Vorlauf, bis alle Kinder zusammengekommen sind und die Testung beginnen kann, ebenfalls Zeit in Anspruch nimmt. Die Stichprobe wurde hauptsächlich aus Kitas einer mittelgroßen Stadt in Norddeutschland (~250.000 Einwohner) sowie aus dem Umland rekrutiert.

Zeitlich waren insgesamt zwischen ein bis zwei Stunden für die Durchführung in der Kita einzuplanen. Die Testungen zum ersten Messzeitpunkt dauerten ca. zwei Stunden (siehe Tabelle 1). Die Intervention umfasste einen zeitlichen Rahmen von ca. 1,5 Stunden: die erste Sequenz (A) dauerte in der Regel ca. 60 Minuten, die zweite Sequenz (B1 oder B2) dauerte ca. 30 Minuten.

Stichprobe

Die Ergebnisse dieser Arbeit basieren auf einer Stichprobe von insgesamt 231 Kindern aus 22 verschiedenen Kitas. Das durchschnittliche Alter betrug 5,9 Jahre ($SD = 0.41$ Jahre). Es waren 45.9% Mädchen beteiligt, 68.8% der Kinder hatten keinen Migrationshintergrund. 60 Kinder nahmen an der Intervention teil, bei dem die ähnlichen Beispiele aus dem Kontext Magnetismus stammten (IG1), ebenfalls 60 Kinder verglichen Beispiele aus dem Kontext Magnetismus sowie dem Kontext der belebten Natur (Kellerasseln) (IG2), 54 Kinder waren der Kontrollgruppe und 57 Kinder der Baselinegruppe zugeteilt (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Verteilung der Kinder auf die Gruppen.

	Insgesamt	IG1	IG2	KG	BG
N Kitas	22	11 (12)	12	11	14 (15)
N Kinder	231	60	60	54	57
Ø Jahre	5.93	5.88	5.99	5.92	5.91
N (%) weiblich	106 (45.9%)	31 (51.7%)	31 (51.7%)	20 (37.0%)	24 (42.1%)
N (%) kein Migrationshintergrund	159 (68.8%)	40 (66.7%)	45 (75.0%)	32 (59.3%)	42 (73.7%)

Einen Überblick über die ideale Gruppenverteilung innerhalb der Kitas gibt die folgende Tabelle 4. Diese Verteilung ist nötig, um auszuschließen, dass potenzielle Unterschiede zwischen den Gruppen ausschließlich durch Faktoren wie Motivation, Förderung naturwissenschaftlichen Wissens in der jeweiligen Kita, unterschiedlicher sozioökonomischer Hintergrund etc. erklärbar sind.

Tabelle 4: Überblick über die ideale Aufteilung der Gruppen.									
Kita 1		Kita 2		Kita 3		Kita 4		...	$N_{\text{Kita}} = 22$
IG1	KG	IG2	BG	IG1	BG	IG2	KG	...	$N_{\text{IG1}} = 60, N_{\text{IG2}} = 60$ $N_{\text{KG}} = 54, N_{\text{BG}} = 57$
$n = 3 - 6$	$n = 3 - 6$	$n = 3 - 6$	$n = 3 - 6$	$n = 3 - 6$	$n = 3 - 6$	$n = 3 - 6$	$n = 3 - 6$...	$N_{\text{Kinder}} = 231$

Aufgrund verschiedener Umstände (wie beispielweise Krankheit oder Kitagröße) haben einige Kitas nur mit einer, andere Kitas auch mit drei verschiedenen Gruppen teilgenommen. Gab es mehr als zwei teilnehmende Gruppen in einer Kita, wurde darauf geachtet, dass die Gruppen zeitlich gleich (am selben oder darauffolgenden Tag) oder an weit auseinanderliegenden Terminen (z. B. August und Dezember) teilnahmen. So war die Testung unabhängig und es gab keinen Effekt, da die Fachkräfte der Gruppen darauf geachtet haben, die Intervention nicht publik zu machen. Ggf. wurde darauf geachtet, dass es nur eine Interventionsgruppe gab sowie die Kontroll- und Baselinegruppe. Folgende Tabelle gibt Aufschluss über die tatsächliche Verteilung der Gruppen.

Tabelle 5: Überblick über die tatsächliche Aufteilung der Gruppen.					
Kita	Anzahl der Kinder	Gruppen	Kita	Anzahl der Kinder	Gruppen
1	8	IG2, BG	13 (1)	18	IG1, KG
2	7	IG2, KG	13 (2)	16	IG1, BG
3	7	IG1, KG	14	8	IG2, BG
4	11	IG2, KG, BG	15	5	IG1, BG
5	6	IG2	16 (1)	12	IG1, KG
6	6	IG1, KG	16 (2)	7	IG2, BG
7	5	IG1	17	7	IG1
8	8	IG1, KG	18	10	IG1, BG
9	7	IG2, KG	19	11	IG2, BG
10	7	IG2, BG	20	9	IG2, BG
11 (1)	8	IG1, BG	21	18	IG1, KG, BG
11 (2)	9	IG2, BG	22	18	IG2, KG, BG
12	3	KG			

Ablauf vor Ort in der Kita

Beim ersten Messzeitpunkt wurden die Kinder, die an der Studie teilnehmen durften, zunächst in Kleingruppen eingeteilt. Nach einer Begrüßung gab es zunächst eine Erklärung zum Ablauf. Die Kinder wurden anschließend von instruierten Hilfskräften einzeln getestet. Aufgrund der vergleichsweise geringen Konzentrationsfähigkeit von jüngeren Kindern wurden die Pretests zum Prozess- sowie Inhaltswissen zuerst durchgeführt, es folgten die Tests zu sprachlichen und allgemeinen kognitiven Fähigkeiten. Zur Motivation und als kleine Bewegungseinheit zwischen den Tests durften die Kinder sich nach jedem Test zur Belohnung einen Sticker aussuchen. Einige Tage später folgte ggf. zum zweiten Zeitpunkt die Intervention (die Baselinegruppe nahm jedoch an keinem Lernangebot teil). Hier wurden die Kinder erneut über den Ablauf des Tages informiert. Im Anschluss wurde das Lernangebot umgesetzt. Beim zeitlich nah an die Intervention geplanten zweiten Messzeitpunkt führten die Kinder die Posttests zum Prozesswissen sowie zum Wissen über den Inhaltsbereich Magnetismus durch. Das Vorgehen war den Kindern bereits geläufig und bedurfte kaum einer weiteren Anleitung.

Gruppen

Einen Überblick über die vier Gruppen gibt es im Folgenden. Die Interventionen werden im nächsten Kapitel detailliert erläutert. In der IG1 untersuchten die Kinder zwei ähnliche Beispiele von Magneten und deren Wirkung durch Materialien hindurch. Anhand dieser Beispiele wurde der Forschungszyklus vorgestellt sowie reflektiert. Die Kinder wurden dabei unterstützt, die einzelnen Schritte des Zyklus und den zugrunde liegenden zyklischen Gedanken zu verstehen, und explizit aufgefordert, die beiden Beispiele zu vergleichen.

In der Interventionsgruppe 2 wurde zunächst dasselbe Beispiel für magnetische Anziehung durch verschiedene Materialien verwendet wie in der IG1. Anders als in IG1 erhielten die Kinder im zweiten Teil der Intervention kein weiteres Beispiel im Zusammenhang mit Magnetismus, sondern ein Beispiel aus dem Kontext der Lebensräume von Kellerasseln. Hier wurden bestimmte Lebensbedingungen (Helligkeit / Dunkelheit) der Asseln erforscht. Die Kinder der IG2 haben ansonsten das gleiche Vorgehen durchgeführt wie die Kinder in IG1 und erhielten genau dieselbe Unterstützung (vgl. Implementationscheck; Kapitel 7.5).

Für die Kontrollgruppe (KG) wurden die gleichen Beispiele wie bei IG1 (magnetische Anziehung durch Materialien) gewählt. Im Unterschied zu den Interventionsgruppen erhielten die Kinder in der Kontrollgruppe keine spezifische Unterstützung beim Aufbau prozessbezogenen Wissens. Nach dem Kennenlernen der Materialien stellte die Fachkraft das Phänomen vor und bat die Kinder, sich aktiv mit der jeweiligen Forschungsfrage auseinanderzusetzen. Es wurden jedoch keine weiteren Interaktionen, Fragen oder Vergleiche gefordert oder angeregt. Die Fachkraft unterstützte die Kinder lediglich im Umgang mit den Materialien und beantwortete Fragen, die keine Vergleiche zwischen den Beispielen beinhalteten.

Um die Auswirkungen der Effekte (Retest-Effekt) zu kontrollieren, wurde eine Baselinegruppe entsprechend ihres Wissens über naturwissenschaftliches Forschen erfasst. Die Kinder in dieser Gruppe haben an keiner Intervention teilgenommen, aber alle Pre- sowie Posttests durchgeführt.

7. Entwicklung und Durchführung der Intervention

Dieses Kapitel konzentriert sich auf das formulierte Ziel, Lernangebote im Rahmen der Intervention zu entwickeln, die es Kindern ermöglichen, ihr prozessbezogenes Wissen über die Denk- und Arbeitsweisen und den zyklischen Prozess aufzubauen oder zu erweitern.

Zur Überprüfung der Qualität der entwickelten Lernangebote und der didaktischen Unterstützungsmaßnahmen wurden vor Beginn der Hauptstudie mehrere Testläufe der Intervention mit Vorschulkindern durchgeführt und dabei videographiert. Im Rahmen dieser Testläufe konnten die Lernangebote durch Rückmeldungen von beobachtenden Personen sowie von den Kindern und anhand der Videoaufnahmen überarbeitet und verbessert werden. Die entstandenen Abweichungen vom Skript wurden während der Testläufe identifiziert und angepasst. Die Überarbeitungen bezogen sich neben den Formulierungen der Testleitung auch auf den zeitlichen Rahmen sowie die Materialauswahl (beispielsweise Büroklammern anstatt Nägel).

Bevor die allgemeine Struktur der Intervention und die damit verbundenen didaktischen Entscheidungen über die Unterstützungsmaßnahmen sowie die konkrete inhaltliche Ausgestaltung erläutert werden, sollen die Vorüberlegungen für die inhaltliche Auswahl der Beispiele dargestellt werden. Daher wird im Folgenden zunächst auf die Auswahl der beiden Untersuchungsgegenstände eingegangen. Daraufhin werden die Lernangebote, die im Rahmen der Intervention verwendet wurden, im Detail vorgestellt. So wird zunächst auf die Einführung in das naturwissenschaftliche Forschen anhand einer Spurensuche und die Thematik der Durchwirkung von Magneten eingegangen. Dabei werden die Unterstützungsmaßnahmen vorgestellt, die zu den kognitiv unterstützenden Lernangeboten beitragen. Im Anschluss werden die zwei Beispiele näher erläutert, die zwischen den Gruppen unterschiedlich waren und anhand derer das Vergleichen angeregt wurde. Nachdem das Lernangebot für die Kontrollgruppe beschrieben wurde, wird zuletzt die Baselinegruppe vorgestellt.

7.1. Unbelebte und belebte Natur als Untersuchungsgegenstand

Der Aufbau naturwissenschaftlichen Wissens, der im Rahmen der naturwissenschaftlichen Grundbildung angestrebt wird, erfolgt in einem kumulativen Prozess über die verschiedenen Bildungsstufen hinweg (z. B. Prenzel, 2000; Bybee et al., 2009; Carstensen et al., 2011; Steffensky & Hardy, 2013). Prozessbezogenes Wissen wird dabei nicht durch ein einzelnes Thema, sondern durch viele Gelegenheiten in unterschiedlichen Kontexten erworben. Darüber hinaus sind naturwissenschaftliche Bildungsprozesse nicht auf die Entwicklung von vollständigem Wissen ausgerichtet, sondern auf die Entwicklung von grundlegendem und verknüpfbarem Wissen über Inhalte sowie Denk- und Arbeitsweisen. Da sich beide Wissenskomponenten aber nicht trennen lassen (siehe Kapitel 2), müssen die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen mit konkreten, altersgerechten Inhalten einhergehen. Über die geeignete Auswahl von Inhalten gibt es in den Naturwissenschaften jedoch viele Diskussionen (French & Woodring, 2006; Steffensky, 2017). Viele naturwissenschaftliche Themen können so weit reduziert werden, dass Kinder ein erstes Zusammenhangswissen aufbauen können (Reiser, 2004; Kirschner et al., 2006).

Bei der Auswahl eines Inhalts und dem Ziel, naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen zu nutzen, sollte auf ein gewisses Vorwissen der Kinder zurückgegriffen werden können. Vorwissen oder erste Erfahrungen können dabei helfen, Fragen zu formulieren, Vermutungen aufzustellen und den Erkenntnisprozess zu beginnen (siehe theoretischer Hintergrund). Bevor mit der Planung der Intervention begonnen werden konnte, musste in einem ersten Schritt ermittelt werden, mit welchen konkreten Beispielen sich die Kinder in den beiden Interventionsgruppen befassen sollen. Hinsichtlich der hypothesengeleiteten Fragestellung stellt die Variation der oberflächlichen Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit – bei gleicher Tiefenstruktur – den Schwerpunkt der vorliegenden Studie und ist das zentrale Auswahlkriterium für die Beispiele. Die Tiefenstruktur meint in diesem Sinne das hinter den ausgewählten Beispielen liegende Prinzip des Forschens und somit das Wissen über die Denk- und Arbeitsweisen sowie den Forschungszyklus. Für diese Arbeit wurden inhaltliche Themen gesucht, welche Kindern im Alltag in vielen Bereichen und Situationen begegnen und zudem didaktisch reduziert werden können. Die für diese Arbeit entwickelten Lernangebote zur Förderung des Prozesswissens greifen die Neugier der Kinder auf und sorgen somit für ein motiviertes und forschendes Lernen. Im Folgenden wird beschrieben, weshalb sowohl Phänomene des Magnetismus als auch Verhaltensweisen von Kletterasseln spannend, relevant und geeignet für den Elementarbereich sind. Die ausgewählten Beispiele unterscheiden sich auf der Ebene der oberflächlichen Struktur stark, da sie aus den Bereichen der belebten sowie unbelebten Natur stammen und thematisch weit auseinander liegen.

Magnetismus

Das Thema Magnetismus eignet sich für naturwissenschaftliche Bildung vom Elementarbereich bis zum Sekundarbereich, da es in allen Bereichen unterschiedliche Lernsituationen ermöglicht und eine große Alltagsnähe aufweist. Magnetismus stellt ein sehr relevantes, spannendes und intensiv beforschtes Gebiet dar (Steffensky & Hardy, 2013). Am Thema Magnetismus können zudem grundlegende naturwissenschaftliche Konzepte erarbeitet sowie grundlegendes naturwissenschaftliches Wissen erworben werden (ebd.).

Magnetismus ist ein Phänomen, welches Kinder fasziniert und wozu sie bereits ein – unterschiedlich stark ausgeprägtes – Vorwissen haben (ebd.). Es ermöglicht die Schaffung vieler Lernsituationen, da Phänomene des Magnetismus Kindern in ihrer Alltagswelt in vielen Bereichen sowie in zahlreichen Anwendungen begegnen, z. B. Magnetspielzeuge, Magnete für den Kühlschrank, die Magnettafel sowie Magnete, die als Verschlüsse an Taschen, Türen, Schränken und Schmuck verwendet werden. Die allgemeine Wirkung von Magneten ist leicht zu beobachten und zu fühlen. Es ist jedoch nicht möglich, eine sichtbare Ursache zu finden, was Kinder herausfordert, die Eigenschaften von Magneten auf spielerische Art und Weise zu erforschen. Weitere Denk- und Arbeitsweisen sowie andere inhaltliche Aspekte zum Thema Magnetismus können dann im weiteren Bildungsverlauf untersucht und vertieft werden, sodass ein Grundwissen über die Phänomene des Magnetismus systematisch aufgebaut werden kann (Steffensky & Hardy, 2013).

Das Thema eignet sich besonders für forschend-entdeckende Lernangebote, da alltägliche Materialien verwendet werden und Kinder mit unterschiedlichen Vorerfahrungen zentrale Vorstellungen zu den Denk- und Arbeitsweisen entwickeln können. Bei der Auswahl der Phänomene sollte darauf geachtet werden, dass sie möglichst mit Materialien aus der Lebenswelt der Kinder umgesetzt werden können, um einen Bezug zu ihrer Lebenswelt herzustellen (Spreckelsen, 1997).

Die Entwicklung von inhaltlichem Wissen über Magnetismus wird mit der systematischen Förderung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen verbunden. Fast alle Kinder kennen Magnete und zumindest deren Anziehungskraft. In den entwickelten Interventionen wird auf diesem Vorwissen aufgebaut. So erforschen die Kinder die Wirkung von Magneten durch verschiedene Gegenstände hindurch. Dabei können Alltagsgegenstände leicht ausgewählt und die Experimente schnell und einfach durchgeführt werden.

Kellerasseln

Im Allgemeinen werden Kinder durch Tiere fasziniert. Sie kommen in der Natur täglich mit ihnen in Berührung. Es gibt kaum einen Lebensraum, in dem nicht eine riesige Anzahl von Tieren zu finden ist – seien sie auch noch so klein. Das Interesse ist groß und die Begegnung mit Tieren scheint ein aufregendes Erlebnis für Kinder zu sein (Österreicher, 2011). Die Auswahl der Tiere sowie des Themas für das entwickelte Angebot hielt sich an bestimmte Kriterien, die folgend erläutert werden. Die Entscheidung fiel auf Kellerasseln und ihre Verhaltensweise bei Licht bzw. Dunkelheit. Viele Kinder sind in ihrer Umwelt den heimischen Kellerasseln bereits begegnet und haben schon ein Vorwissen aufbauen können. Asseln eignen sich gut als Untersuchungsgegenstand und sind bewährte Tiere für die Durchführung von kleinen Experimenten. Die Tiere sind leicht zu beschaffen und artgerecht zu halten. Sie bewegen sich nicht zu schnell und sind ungefährlich. Es können kleine Versuche oder Experimente durchgeführt werden, die leicht beobachtbar sind (Blaseio, 2003).

7.2. Gestaltung der Lernangebote

Die für diese Arbeit entwickelten Lernangebote, welche im Rahmen der Intervention eingesetzt wurden, stellen einige Anforderungen an die Kinder. Sie erfordern neue Ideen, die auf der Grundlage bestehender Vorstellungen entwickelt werden müssen. Lernangebote müssen allgemein so gestaltet sein, dass sie das Vorwissen der Kinder berücksichtigt und die Entwicklung von Wissen unterstützt (siehe hierzu theoretischer Hintergrund; Kapitel 1 bis 4). Dies sollte sich zum einen in den verwendeten Materialien und zum anderen in den verbalen Unterstützungsmaßnahmen widerspiegeln, die bei der Nutzung der Materialien eingesetzt werden (Leuchter, Saalbach & Hardy, 2014). Durch Beobachten, Vergleichen, Vermuten, Experimentieren und Reflektieren erfassen die Kinder im besten Fall das Lernangebot, definieren es nach ihren Erfahrungen und ihrem Vorwissen, suchen nach eigenen Lösungen und erweitern dadurch ihr Wissen (Mandl, 2010; Hauser, 2013).

Die im Folgenden beschriebenen Lernangebote eignen sich besonders für Kinder im Alter von fünf bis sechs Jahren. Sie enthalten Sequenzen zu den Themen „Magnetismus“ sowie zu „Kellerasseln“.

Die Kinder können dabei alltagsnahe Erfahrungen zur Durchwirkung von Magneten machen und ein erstes Wissen darüber entwickeln, welche Bedeutung das Material bzw. die Dicke eines Materials sowie die Stärke eines Magneten für die Durchwirkung hat und lernen naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen kennen. Für die Durchführung der Lernangebote erhielten alle Kinder eine Forscherbox. Diese beinhalteten verschiedene Materialien, anhand derer das Durchwirken eines Magneten ausprobiert werden sollte. Diese Materialien stammen aus dem Alltag der Kinder und sind in jedem Haushalt zu finden. Zudem können Sie später durch Materialien aus der Kita ergänzt werden.

Im Folgenden wird der allgemeine Aufbau der Lernangebote, an denen die Interventionsgruppen teilnahmen, vorgestellt. Darauf aufbauend werden die einzelnen Sequenzen der Intervention detailliert beschrieben, welche anhand eines Skripts (siehe Anhang A) durchgeführt wurden.

7.3. Aufbau der Intervention für die Interventionsgruppen IG1 und IG2

Ein schrittweiser Aufbau der Intervention soll gewährleisten, dass der Erwerb von Wissen tatsächlich gefördert wird und die Kinder möglichst viele Aktivitäten und Handlungen selbständig durchführen können. Üblicherweise sind viele Lernangebote bzw. naturwissenschaftliche Aktivitäten in der Kita in Alltagssituationen weniger strukturiert und geplant als die hier festgelegte Intervention (Steffensky, 2017).

Bei der Konzeption und Entwicklung der Interventionen wurde sich an dem für die Grundschule und zum Teil auch Kita bewährten Ansatz orientiert. So hat sich die übliche Aufteilung in drei Phasen als sinnvoll erwiesen: Einführung, Erkundung und Reflexion (Leuchter et al., 2010; Leuchter, 2017). Weiterhin wurden Impulse und (Nach-)Fragen eingesetzt, die als Merkmale von kognitiv anregenden Lernumgebungen gelten und auch in Konzeptionen wie dem *Sustained Shared Thinking* (Siraj-Blatchford et al., 2002; Sylva et al., 2004 & 2010; König, 2007) oder *Scaffolding* (Wood et al., 1976; Krammer, 2010) bekannt sind. Hierzu gehört beispielweise das Aktivieren von Vorwissen, das Stellen von Fragen, das Ermutigen zum Vermuten und das Einfordern von Begründungen.

Aufgabe der pädagogischen Fachkraft in der Einführungsphase war es, Impulse zu geben und den Ablauf einzuführen. In dieser Phase wurden neben Inhalten auch Hinweise auf die Denk- und Arbeitsweisen gegeben (s. u.). Beispielweise wurden die Kinder ermutigt, die Forschungsfrage in ihren eigenen Worten zu wiederholen oder neu zu formulieren. Die Fachkraft regte die Kinder zudem an, erste (begründete) Vermutungen aufzustellen. Entweder half sie beim Formulieren oder gab Hilfestellungen beim Begründen. Wenn eine bestimmte Vermutung im Raum stand, wurde gemeinsam mit den Kindern überlegt, wie sie am besten überprüft werden kann. Bei der Planung wurde das Material so ausgewählt, dass die Vermutung tatsächlich überprüft und die Frage beantwortet werden konnte.

Da das Bilden von Vermutungen auf den Erfahrungen der Kinder basiert, wurden grundlegende Experimente mehrfach wiederholt und die dabei entstandenen Beobachtungen mit den Kindern besprochen. Es wurden nicht zu viele Faktoren auf einmal verändert, sondern die Versuchsbedingungen nur leicht variiert – wie z. B. die Größe oder das Material von Gegenständen, wenn mit den Kindern erforscht wird, wodurch ein Magnet anziehen kann. Die Kinder wurden beim Denken unterstützt sowie ermutigt, Erwartungen oder Vermutungen zu formulieren (Leuchter, 2017).

Während der Erkundungsphase setzte die Fachkraft in den Gesprächen mit den Kindern verstärkt kognitiv strukturierende Unterstützungsmaßnahmen ein, um den aktiven Aufbau von Wissen – sowie den konzeptuellen Wandel – zu fördern (Möller, 2009). Sie gab Impulse, ermutigte, regte an, stellte Fragen, hob widersprüchliche oder wichtige Aussagen hervor, forderte Begründungen ein, verdeutlichte Erklärungen und fasste wichtige Aussagen zusammen (ebd.). Während des Experimentierens selbst wurden die Kinder ermutigt, gezielt zu beobachten und auf bestimmte Details besonders zu achten, um die Forschungsfrage beantworten zu können. Als die Beobachtungen der Kinder aufgegriffen wurden, wurden auch die Wörter der Kinder verwendet. Der Wortschatz der Kinder konnte dabei durch Hinzufügen einer kleinen Anzahl neuer Wörter vorsichtig erweitert werden.

Grundsätzlich war immer das Ziel, den Kindern zu helfen, selbstständig Lösungen zu finden und diese mit den Lösungen und Ideen der anderen Kinder zu vergleichen (Leuchter, 2017). Dies zwang sie, auf der Grundlage ihres verfügbaren Wissens eine theoretische Position einzunehmen. Noch wichtiger war, dass diese Kinder aufgefordert wurden, den weiteren Verlauf des Prozesses in Bezug auf die ursprüngliche Frage zu überdenken. Auf diese Weise wurden die Kinder ermutigt, sich an Gedankenexperimenten zu beteiligen, die die Darstellung der Frage und der jeweiligen Aufgabenziele verstärkten (Dejonckheere et al., 2009). Die Kinder wurden dabei ermutigt, die Experimente so genau wie möglich durchzuführen sowie genau(er) zu beobachten.

Im Rahmen der Reflexionsphase wurden die Ergebnisse der Kinder gesammelt. Die Kinder wurden dabei ermutigt, ihre Lösungen vorzustellen und Vergleiche zwischen den Vorstellungen aller Kinder anzustellen. Es war möglich, dass nicht alle Kinder zum gleichen Ergebnis kamen, obwohl sie das Gleiche ausprobiert haben. So konnte z. B. das Halten des Gegenstandes, durch den der Magnet wirken sollte, einen erheblichen Einfluss auf das Ergebnis haben. Auch in der Reflexionsphase ging es nicht nur um Inhalte, sondern um die Reflexion des eigenen Denkens und Handelns. Die Fachkraft agierte dabei als Vorbild, stellte gezielt Fragen oder bot den Kindern Hilfe beim Formulieren an und gab ein Gerüst zur Reflexion, beispielsweise: „Ich habe vermutet, dass... dann habe ich aber herausgefunden, dass...“. Die Kinder sollten auf die Beziehung zwischen dem Ergebnis und der im ersten Schritt festgelegten Fragestellung sowie aufgestellten Vermutung achten. Auf diese Weise wurden die Kinder ermutigt, über ihre eigenen Vorgehensweisen und Lösungen nachzudenken, um für die nächsten Gelegenheiten ein angemessenes Lösungsverhalten zeigen zu können (Leuchter, 2017).

Jeder Schritt der einzelnen Phasen des Forschens wurde visuell durch ein Bild von drei forschenden Kindern unterstützt, wodurch die heuristische Unterstützung für die vorgesehenen Altersgruppen attraktiver und leichter darstellbar wurde (s. Kapitel 2.3) (Abb. 3). Die notwendigen Forschungsprozesse waren dabei zyklischer Natur. Das Ergebnis eines Experiments stellte immer den Input für die Durchführung neuer Experimente dar. Daher standen Fragestellung, Vermutung, Experiment und Auswertung in ständiger Wechselwirkung miteinander. Die verfügbare heuristische Unterstützung machte die Kinder auf diesen zyklischen Prozess aufmerksam, indem sie anhand des visualisierten Schritt-für-Schritt-Plans durch die Fragestellung bzw. Problemformulierung geführt wurden (Dejonckheere et al., 2009). Beim Forschen selbst musste den Kindern verständlich gemacht werden, dass Forschen kein Zufall ist, sondern ein geplanter sowie zyklischer Vorgang, der verschiedene aufeinander aufbauende Schritte beinhaltet.

Erste Erfahrungen (aus der Pilotstudie) zeigen, dass die Berücksichtigung von nur vier Schritten (Forschungsfrage finden, Vermutung aufstellen, Beobachten & Ausprobieren, Interpretieren & Schlussfolgern) sowie der kumulative Charakter von Forschen für Kinder in diesem Alter angemessen ist (Gelman et al., 2008; Hardy et al., 2017; Steffensky & Hardy, 2013). Für die verschiedenen Schritte des Forschungszyklus wurden folgende Bilder gestaltet, die sowohl in den Prozesswissenstests zu MZP1 und zu MZP2 sowie den Interventionen eingesetzt wurden und somit aus der ersten Befragung bekannt waren (Abbildung 3).

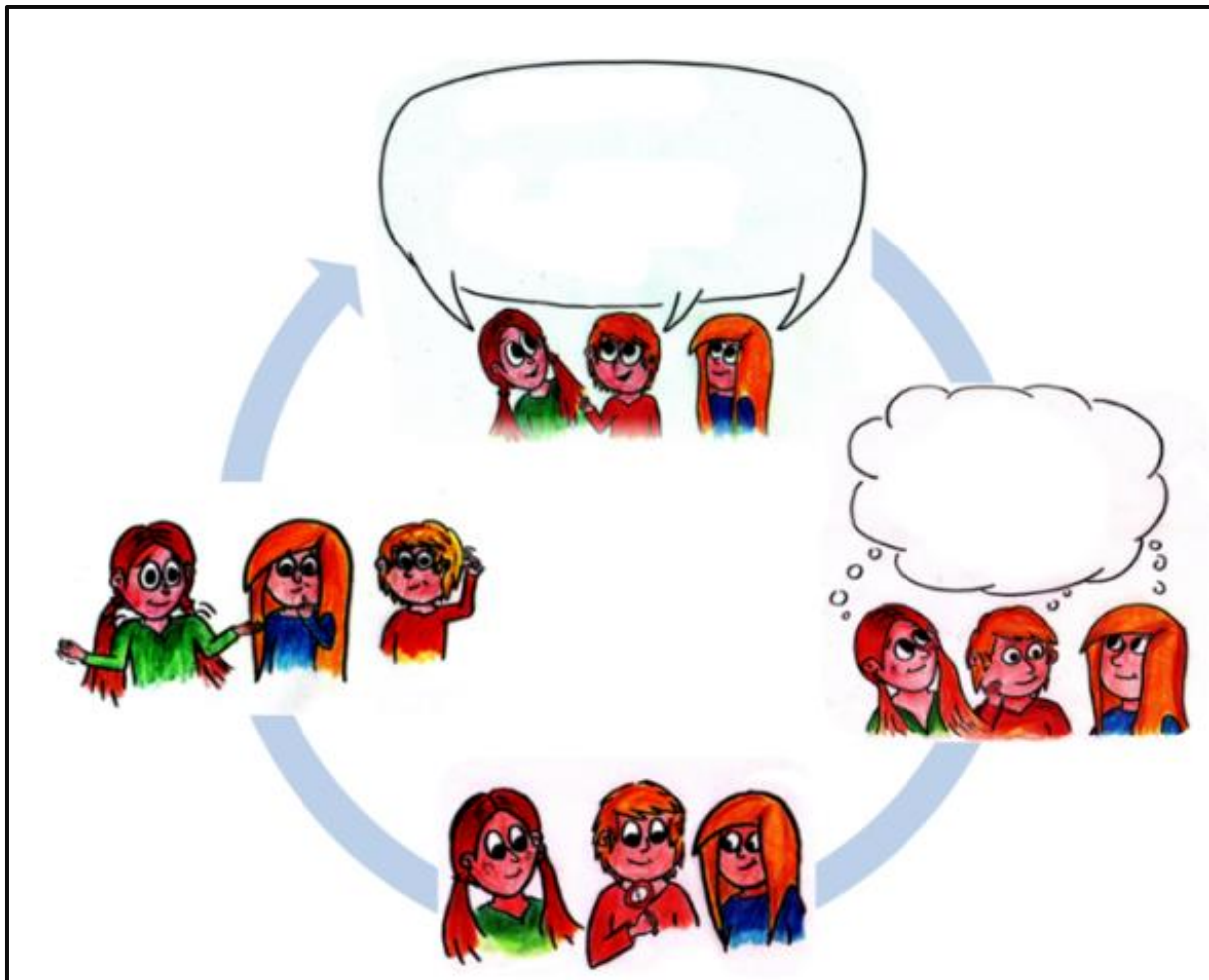


Abbildung 3: Selbst erstellte Bilder des Forschungszyklus.

Anmerkung zu Abbildung 3: 1.) eine Forschungsfrage finden, 2.) eine (begründete) Vermutung aufstellen, 3.) einen Versuch / ein Experiment durchführen sowie gezielt beobachten, 4.) das Ergebnis interpretieren und Rückschlüsse ziehen.

Für spezifische Denk- und Arbeitsweisen wurden verschiedene Impulse als wichtig erachtet, die Kinder bereits verstehen und umsetzen können. Um einem Plan zu folgen, wird eine Forschungsfrage benötigt, die es gilt zu untersuchen. Es müssen so demnach Impulse gegeben werden, um die Kinder zu ermutigen, Vermutungen aufzustellen, die das Ergebnis vorhersagen sollen. Es soll dabei nicht wild geraten, sondern begründet werden, d. h. es müssen tatsächliche Überlegungen stattfinden. Diese anfänglichen Vermutungen können sich später als richtig oder falsch herausstellen.

Im Anschluss müssen die Kinder beim Experimentieren gezielt beobachten, was sie herausfinden wollen. Es wird der Bezug von der Beobachtung zur Vermutung hergestellt, um eine Schlussfolgerung ziehen und die Forschungsfrage beantworten zu können. Damit das Ergebnis aber im wissenschaftlichen Sinne genutzt werden kann, muss es wiederholt werden. Wurde die Vermutung mehrfach bestätigt oder widerlegt, ergeben sich im besten Fall neue Fragen daraus.

7.4. Beschreibung der einzelnen Sequenzen der Interventionen

In den vorangegangenen Abschnitten wurde dargelegt, weshalb die Themen Magnetismus sowie Kellerasseln ein geeigneter Kontext sind und erklärt, wie das Lernangebot aufgebaut war. Im folgenden Abschnitt wird die konkrete inhaltliche Ausgestaltung der drei Interventionen der IG1, IG2 sowie KG vorgestellt. Zunächst werden die für diese Untersuchung relevanten kognitiv unterstützenden Interventionen, die sich nur in der Auswahl der Beispiele unterschieden, erläutert. Die Intervention A war in beiden Versuchsgruppen (IG1 und IG2) identisch. Im Anschluss werden die zwei zu vergleichenden oberflächlich (un-)ähnlichen Interventionen (B1 und B2), die inhaltlich entweder erneut aus dem Bereich Magnetismus stammten oder die Verhaltensweise der Kellerasseln untersuchten, detailliert beschrieben. Die zwei ähnlichen Beispiele unterschieden sich dabei nur darin, dass beim zweiten Teil (B2) weitere Magneten, die in der Stärke variieren, hinzukamen. Die Materialien, durch die die Magneten hindurchwirken sollten, blieben gleich. Zuletzt wird die Intervention der Kontrollgruppe (C) kurz dargestellt und das Verfahren in der Baselinegruppe erläutert. Einen Überblick bietet folgende Tabelle.

Tabelle 6: Sequenzen der Interventionen.

Gruppe	Intervention Teil 1	Intervention Teil 2
IG1	Sequenz A » magnetische Anziehung durch verschiedene Materialien hindurch + Unterstützungsmaßnahmen	Sequenz B1 » magnetische Anziehung durch verschiedene Materialien hindurch (weitere Magnete) + Unterstützungsmaßnahmen
IG2	Sequenz A » magnetische Anziehung durch verschiedene Materialien hindurch + Unterstützungsmaßnahmen	Sequenz B2 » Verhalten von Kellerasseln bei Dunkelheit & Helligkeit + Unterstützungsmaßnahmen
KG	Sequenz C » magnetische Anziehung durch verschiedene Materialien hindurch – ohne Unterstützungsmaßnahmen	(Sequenz C) » magnetische Anziehung durch verschiedene Materialien hindurch (weitere Magnete) – ohne Unterstützungsmaßnahmen

In den detaillierten Beschreibungen der Lernangebote finden sich neben der Abfolge zentraler Fragestellungen und Experimente auch Gesprächsanregungen für die individuelle Begleitung. Die Versuchsleitung sollte dabei möglichst nah am geschriebenen Skript bleiben, bestimmte Schlüsselfragen stellen, Formulierungen übernehmen und die Zusammenfassung gleich halten, um später eine hohe Vergleichbarkeit zwischen den Gruppen und somit spätere Generalisierbarkeit schaffen zu können. Gleichzeitig mussten Beispiele, Ideen und Formulierungen der Kinder aufgegriffen werden und z.T. in die geplanten Formulierungen integriert werden.

Sequenz A: Interventionsgruppen IG1 und IG2

Einführung

Zur Einführung in das naturwissenschaftliche Forschen sollten die Kinder zunächst erklären, was für sie Forschen ist und was Forscher¹⁸ machen. Nachdem die Kinder ihre Vorstellungen erläutert haben, wurde das von ihnen Gesagte zusammengefasst und ggf. ergänzt. Als didaktische Funktion sollte dies den Kindern eine Vorstellung von Forschen geben und deutlich machen, dass Forschung auch anders und unterschiedlich verlaufen kann.

Beim Einstieg in die erste Sequenz wurde den Kindern durch einen stillen Impuls ein Bild vorgelegt, auf dem verschiedene Spuren zu sehen waren (Abb. 4).

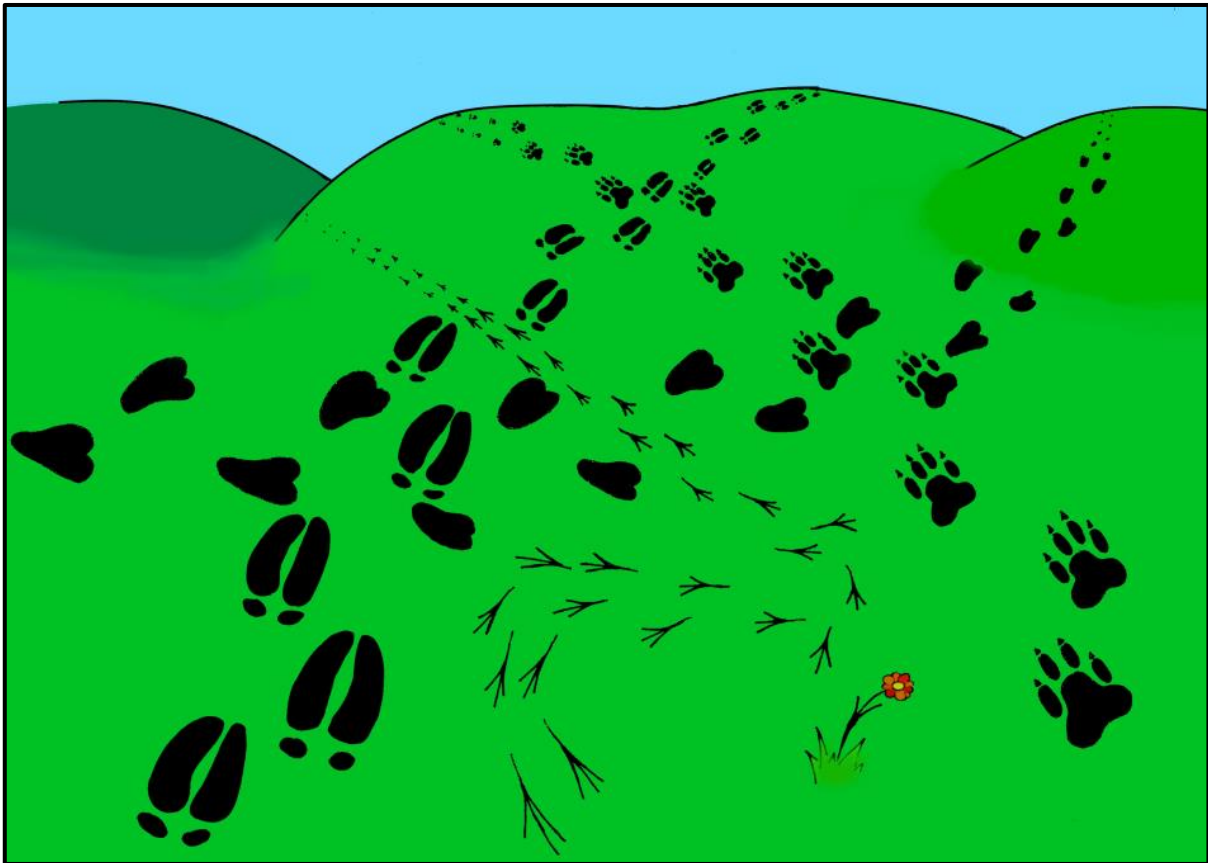


Abbildung 4: Bild aus der Intervention: Spurensuche.

Die Kinder wurden angeregt, eine eigene Forschungsfrage zu formulieren, die Bezug zum Spurenbild nimmt. Dabei wurde ihnen das erste Piktogramm der drei forschenden Kinder gezeigt. Jeder Schritt des Forschungszyklus wurde zusätzlich über die Piktogramme visualisiert und jeweils zueinander und zum vorhergehenden Schritt in Bezug gesetzt (siehe Abb. 3). Anschließend haben die Kinder erste Vermutungen aufgestellt und begründet, welches Tier die jeweiligen Spuren hinterlassen haben könnte (Piktogramm Nummer zwei). Dabei wurden Kinder aufgefordert, ihre Vermutungen zu begründen, z. B. mithilfe einer Beobachtung oder eigenen Erfahrungen.

¹⁸ In den Interventionen wurde das Wort Forscher genderneutral benutzt und beinhaltet alle forschenden Personen.

Die Versuchsleitung unterstützte durch gezieltes (Nach-)Fragen, half beim Formulieren und gab individuelles Feedback. Beispiele für solche Impulse sind: *Was vermutest du? ... Warum? ... Deine Vermutung ist, dass ..., weil...* (Anhang A 2, Skript Sequenz A). Daraufhin sollten die Kinder erste Ideen vorstellen, wie die Lösung herausgefunden werden kann. In diesem Schritt – ebenfalls wieder begleitet durch das dritte Piktogramm – sollten die Kinder ihre bevorstehenden Handlungen bei der Beantwortung der Forschungsfrage selbst erklären. Sie wurden ermutigt, zu beobachten und zu erläutern, was für sie Beobachten ist. Im Anschluss wurden den Kindern die Bilder der Tiere mit ihren zugehörigen Spuren gezeigt. Dies wurde durch das Piktogramm Nummer vier begleitet. Die Kinder wurden gefragt, was sie auf dem Piktogramm sehen und was sie nun machen müssen. Dabei wurde ihnen erneut beim Formulieren geholfen. Es wurde gemeinsam überlegt, wem die Spuren gehören und es folgte das Nachdenken über die aufgestellten Vermutungen und somit das Schlussfolgern, welche Vermutung widerlegt oder bestätigt werden konnte. Im Anschluss wurde reflektiert, ob die bestätigten Vermutungen auch generalisiert werden können. Die Kinder wurden daher gefragt, ob es denn immer so sei, dass ihr Ergebnis stimmt, denn ein zentraler Schritt beim Forschen ist das wiederholte Überprüfen der Ergebnisse und Entwickeln neuer Fragen. Dies versuchte die Versuchsleitung direkt anzuleiten und fragte gezielt nach, wenn es nicht von den Kindern selbst kam.

Während dieser Einführungsphase wurden die Kinder zunächst mit dem gesamten Setting des Forschens vertraut gemacht. Sie erhielten eine gezielte Anleitung, um die einzelnen Schritte des Forschungszyklus dabei zu verstehen.

Hauptteil

Nachdem den Kindern das Vorgehen beim Forschen anhand der Spurensuche vorgestellt sowie die Begrifflichkeiten eingeführt wurden und eine erste Vorstellung zum Forschen gebildet werden konnte, haben sie sich dem ersten Experiment der eigentlichen Intervention gewidmet. Während der Intervention erforschten die Kinder der IG1 sowie IG2 im ersten Teil (Sequenz A) das Phänomen der Durchwirkung von Magneten durch verschiedene Materialien und Gegenstände hindurch (Anhang A 2, Skript Sequenz A). Eine wichtige Voraussetzung dafür war das Wissen darüber, dass Magnete Gegenstände aus Eisen (und Stahl) anziehen. Die Intervention folgte gut strukturierten Lernangeboten, die in der Vorschule konzipiert und vielfach erprobt wurden (Steffensky & Hardy, 2013).

Der Forschungszyklus sowie die einzelnen Schritte wurde anhand des Beispiels der magnetischen Anziehung durch dicke und dünne Bretter aus Holz, durch ein Taschentuch, ein Pixibuch sowie verschieden dicke bunte Blätter durchgeführt und reflektiert (Anhang A 1, Forscherbox). Hierbei lernten die Kinder bestimmte Eigenschaften von Magneten kennen – zum einen, dass Magneten durch andere Materialien hindurch wirken und zum anderen, dass die Größe eines Magneten unabhängig von seiner Stärke ist. Während der Experimente mit dem Magneten wurden die einzelnen Schritte erneut mit Hilfe der Piktogramme visualisiert und mehrfach angesprochen. Dieses Vorgehen ist für alle Sequenzen (A, B1, B2) identisch. Neben der Visualisierung wurden die Kinder wie bei der Einführung durch die Fachkraft kognitiv unterstützt.

Nach der Einführung wurden die Kinder anhand des ersten Piktogramms explizit daran erinnert, dass zum Forschen zunächst eine Forschungsfrage benötigt wird. Die Kinder wurden aufgefordert ggf. mit Hilfe der Versuchsleitung und den bereitgestellten Materialien, eine Frage zu formulieren. Im Anschluss sollten die Kinder – auch mit Hilfe des zweiten Piktogramms – erkennen, dass sie nun eine begründete Vermutung aufstellen sollen. Falls die Kinder Hilfe benötigen, gab die Fachkraft Anregungen oder Formulierungshilfen. Haben alle Kinder ihre Vermutung aufgestellt und eine Begründung für diese geliefert, folgte das Experimentieren. Erneut wurde das dritte Piktogramm gezeigt und die Kinder angeregt, beim folgenden Experimentieren genau und gezielt zu beobachten, um ihre Forschungsfrage zu beantworten. Im Anschluss wurde gemeinsam zusammengetragen, was jedes einzelne Kind beobachtet hat. Es wurde darauf geachtet, dass alle Kinder in den sprachlichen Austausch einbezogen werden; z. B. indem explizit nachgefragt wurde: *„Was habt ihr Wichtiges beobachtet? Warum ist das wichtig?“* (Anhang A 2, Skript Sequenz A). Aus den Beobachtungen wurden anschließend Schlussfolgerungen gezogen, ob die anfangs aufgestellte Vermutung bestätigt oder widerlegt werden konnte. Es wurde zudem versucht, generalisierte Aussagen zu treffen bzw. darauf aufmerksam zu machen, dass ein Experiment mehrfach wiederholt werden muss, um die Vermutung wirklich bestätigen zu können. Beispielhafte Impulse waren: *„Kann man denn nun sagen, dass alle Büroklammern durch das Papier angezogen werden? Auch die Großen?“* oder *„Forscher probieren es immer gaaaanz oft aus oder sie machen den Versuch mit verschiedenen Büroklammern. Denn nur wenn du es ganz oft ausprobierst, kannst du herausfinden, ob es stimmt!“* (Anhang A 2, Skript Sequenz A).

Auch der Forschungszyklus bzw. der Gedanke des zyklischen, kumulativen Vorgehens beim Forschen wurde explizit bereits bei der ersten Sequenz angesprochen. Im Folgenden Ausschnitt ist zu erkennen, dass ebenfalls auf die neuen Forschungsfragen Bezug genommen wird: *„Forscher wollen ja immer wieder neue Dinge herausfinden. Und es ergeben sich immer neue Forscherfragen aus dem, was sie herausgefunden haben. Meistens hat die neue Frage etwas mit dem davor zu tun. Hat Jemand eine Idee für eine neue Forscherfrage?“* (Anhang A 2, Skript Sequenz A).

Sequenz B1: Interventionsgruppe IG1

In den zweiten Sequenzen wurden die Kinder zusätzlich aufgefordert, das jeweilige Vorgehen explizit mit dem Vorgehen bei der Durchführung des ersten Versuches zu vergleichen. Zur Strukturierung wurden hier wieder die Piktogramme verwendet, um die aktuellen Forschungsschritte zu erkennen und so leichter vergleichen zu können. Die bereits bekannten Piktogramme sollten die Vergleichsprozesse unterstützen und die Kinder an das Vorgehen erinnern. Der Ablauf des Forschens erfolgte dabei genau wie beim ersten Versuch. Bei der Sequenz B1 erhielten die Kinder der IG1 weitere, schwächere und stärkere Magneten. Mit diesen sollten sie wiederum die Anziehung durch die verschiedenen Materialien hindurch untersuchen und dabei Vermutungen aufstellen sowie begründen, beobachten und Schlussfolgerungen ziehen.

Anhand des zweiten Schrittes in diesem Forschungszyklus – dem Vermuten – wird im Folgenden gezeigt, wie das Vergleichen angeregt wurde. Es wurden beispielsweise folgende Impulse gegeben: *„Könnt ihr euch erinnern, was Forscher jetzt machen? Was haben wir eben gemacht, nachdem wir eine Forschungsfrage gefunden haben? [...] Könnt ihr euch bei dem ersten Beispiel erinnern, was wir da vermutet haben?“* (Anhang A 3, Skript Sequenz B1).

Neben dem expliziten Hinweisen bzw. Nachfragen, wie im ersten Experiment vorgegangen wurde, wurden die Äußerungen der Kinder möglichst weitestgehend aufgegriffen und richtige Anteile hervorgehoben. Mehrere Äußerungen wurden zusammengefasst, um die relevanten Aspekte zu verdeutlichen. Außerdem wurde Ähnliches bzw. Unterschiedliches in den Aussagen der Kinder herausgestellt.

Sequenz B2: Interventionsgruppe IG2

Der erste Teil der Intervention war für die IG2 identisch zur IG1. Im Gegensatz zur IG1 wurden die Kinder der IG2 im zweiten Teil der Intervention nicht mit einem weiteren Experiment für magnetische Anziehung konfrontiert, sondern mit einem zweiten Experiment zu einem völlig neuen (unähnlichen) Thema. Dieses griff das Thema der Lebensräume von Kellerasseln auf. Ähnlich wie die Phänomene des Magnetismus sind Asseln vielen Kindern vertraut und ihre Erforschung erfordert keine speziellen naturwissenschaftlichen Kenntnisse. Darüber hinaus sind die Beispiele unähnlich, da sie aus der belebten bzw. unbelebten Natur stammen. Wie bei der Sequenz B1, bei der unterschiedliche Magnetstärken verwendet wurden, um die magnetische Anziehungskraft zu testen, wurden in der Sequenz B2 verschiedene Lebensbedingungen (helle und dunkle Orte) untersucht, die von Asseln bevorzugt werden. Kinder der IG2 durchliefen ansonsten die gleiche Prozedur wie Kinder der IG1 und erhielten genau die gleiche Unterstützung wie oben beschrieben (herausfordernde Fragen, Einfordern von Erklärungen und Begründungen, Visualisierung und das Anregen des Vergleichs des Vorgehens).

Während der kurzen Einführung in den neuen Themenbereich Kellerasseln wurden den Kindern die Asseln in dem Terrarium gezeigt, wodurch das Gespräch angeregt wurde. Es wurden Vorwissen sowie Vorerfahrungen (wie z. B., dass sie oft draußen unter Blumentöpfen zu finden sind) gesammelt und so gemeinsam die Forschungsfrage entwickelt (Anhang A 4, Skript Sequenz B2). Da die meisten Kinder die Asseln aus dem Garten oder Wald kannten und wussten, dass es meist dunkel und feucht ist, ergab sich die Frage, ob Kellerasseln lieber das Helle oder das Dunkle mögen. Anschließend wurde der Bezug zum Vorgehen in der ersten Sequenz der Intervention hergestellt.

Die Kinder starteten erneut mit dem Formulieren und Begründen von Vermutungen, anschließend wurde das Experiment durchgeführt, die anfänglichen Vermutungen überprüft und es wurden Rückschlüsse gezogen. Ebenfalls wie bei der Sequenz B1 wird das Vergleichen angeregt. Die Kinder wurden bei jedem einzelnen Teilschritt aufgefordert, sich an die Magnetismus-Experimente zu erinnern und somit Vergleiche zu ziehen, um sagen zu können, was als nächstes passiert: *„Könnt ihr euch erinnern, was Forscher jetzt machen“* oder *„Könnt ihr euch bei dem Magnet Beispiel erinnern?“* (Anhang A 4, Skript Sequenz B2).

Zusammenfassend stand bei beiden Interventionsgruppen das inhaltliche Ziel der Durchwirkung von Magneten durch andere Gegenstände hindurch im Vordergrund. Bei der Intervention der IG1 wurden diese Durchwirkungen an zwei verschiedenen Versuchen erarbeitet. Neben der Durchwirkung von Magneten wurde zusätzlich der Aspekt der Verhaltensweise von Kellerasseln thematisiert. Aspekte der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen wurden in beiden Lernangeboten gleichermaßen berücksichtigt und behandelt. Forschungsfragen wurden formuliert, Vermutungen aufgestellt, Experimente und Beobachtungen durchgeführt und Schlussfolgerungen gezogen.

Zudem wurde auf den Zyklus und das Entstehen neuer Forschungsfragen hingewiesen. Sowohl in der Sequenz B1 als auch in der Sequenz B2 (Kellerasseln) wurden Vergleiche zur Sequenz A gezogen. Neben Hinweisen, wie jeweils im ersten Experiment vorgegangen wurde, wurden explizit Fragen dazu gestellt und Vergleiche angeregt.

Sequenz C: Kontrollgruppe

Kindern in der Kontrollgruppe wurden die gleichen Beispiele wie Kindern der IG1 präsentiert (magnetische Anziehung durch Gegenstände). Im Gegensatz zu IG1 und IG2 erhielten Kinder in der Kontrollgruppe keine spezifische Unterstützung beim Aufbau prozessbezogenen Wissens. Das heißt, nachdem die Fachkraft die Kinder mit dem Setting und den Materialien vertraut gemacht hat, wurde das Phänomen eingeführt, eine Forschungsfrage gestellt und die Kinder ermutigt, die jeweilige Forschungsfrage aktiv zu untersuchen (siehe Anhang A 5, Skript Sequenz C). Die Kinder wurden dabei allerdings nicht in herausfordernde Interaktionen einbezogen und nicht gebeten, ihre Handlungen zu erklären. Auch wurden die Forschungsschritte nicht visualisiert und nicht einzeln näher erläutert. Zudem wurden die Kinder nicht angeregt, Vergleiche zwischen den Versuchen zu ziehen. Dennoch wurde auch über die Ergebnisse gesprochen, welche die Kinder herausgefunden haben.

Um sicherzustellen, dass sich die Kinder unter allen Bedingungen gleich lange mit jedem Beispiel beschäftigten, wurde die Zeit aufgezeichnet. Gegebenenfalls wurden die Kinder der Kontrollgruppe aufgefordert, ihre Handlungen mit einem zusätzlichen Gegenstand zu wiederholen oder eben vorzeitig zu beenden.

Baselinegruppe

Zur Kontrolle von Retest-Effekten wurde eine Baselinegruppe parallel zu beiden Interventionsgruppen und der Kontrollgruppe auf ihr Wissen über den Forschungszyklus und die Denk- und Arbeitsweisen hin untersucht. Kinder dieser Gruppe erhielten zwischen den beiden Zeitpunkten der Testungen keine Form der Intervention.

7.5. Implementationscheck

Aus forschungsmethodischen Gründen ist eine Parallelisierung der zwei Lernangebote der Interventionsgruppen notwendig, um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten und vor allem, um nach der Intervention überprüfen zu können, ob die aufgetretenen Effekte tatsächlich auf die unterschiedlichen Beispiele in den Lernangeboten zurückzuführen sind. Hierzu wurden verschiedene Maßnahmen umgesetzt. Zum einen wurden alle Interventionen von der gleichen Person durchgeführt. Zum anderen wurde für die Interventionen der Interventionsgruppen sowie der Kontrollgruppe ein Skript entwickelt, in dem kleinschrittig der Ablauf sowie die Nutzung von Begriffen, Formulierungen, Materialien und Impulsen festgehalten wurde. Ein Teil der durchgeführten Lernangebote (ca. 30%) wurde zudem per Audio aufgezeichnet, transkribiert und von vier verschiedenen Ratern auf Parallelität hin überprüft, analysiert und anschließend bewertet, ob die durch die Skripte vorgegebenen Kriterien erfüllt wurden.

Dadurch wurde die intendierte Umsetzung überprüft. Ein solcher Implementationscheck (siehe auch *manipulation check* nach Perdue & Summers, 1986) durch mehrere Rater ist die Voraussetzung dafür, ob die Umsetzung der Interventionen vergleichbar ist. Neben Kriterien wie das Formulieren identischer Fragestellungen, Stellen von Schlüsselfragen und Umsetzung von Unterstützungsmaßnahmen in den verschiedenen Gruppen durch die Fachkraft und ähnlicher zeitlicher Ablauf war die Gleichhaltung der Experimente wichtig. So wurde u.a. geprüft, ob wichtige Worte wie Forschen, Forscherfrage, Vermuten, Beobachten und Experimentieren verwendet sowie erklärt und ob Vermutungen sowie Begründungen eingefordert wurden. Die Rater stimmten dabei vollständig überein, dass die zentralen Begriffe zum Einsatz kamen und die Kinder ihre Aussagen begründen mussten. Auch die Analyse der gemessenen Zeit in den einzelnen Phasen zeigte, dass es kaum zeitliche Abweichungen gab und die Experimente nahezu einen gleichen Zeitraum einnahmen. Hinsichtlich der Durchführung stimmten die Rater überein, dass diese entsprechend der Planung umgesetzt wurden. Lediglich in nur einem der Fälle wurde eine leichte Abweichung festgestellt, da in einer Gruppe das Material Holz nicht verwendet wurde.

Die Überprüfung der Umsetzung zeigte ein hohes Maß an Übereinstimmung zwischen den Ratern. Sie waren sich alle einig, dass die Interventionen planmäßig durchgeführt wurden.

8. Testinstrumente

In diesem Kapitel werden die für diese Arbeit verwendeten Testinstrumente vorgestellt. Neben den etablierten und standardisierten Instrumenten zur Erfassung der sprachlichen und kognitiven Fähigkeiten (PPVT & CFT 1-R) wurde der verkürzte Fragebogen aus EASI-Science (Steffensky et al., 2018) zur Ermittlung der Lernfreude in den Naturwissenschaften verwendet. Um die Wirkung der Intervention hinsichtlich der aufgestellten Forschungsfragen zu analysieren, wurden Testinstrumente zur Erfassung des naturwissenschaftlichen, inhaltsbezogenen sowie prozessbezogenen Wissens entwickelt, welche zu beiden Messzeitpunkten eingesetzt wurden. Im Fokus dieses Kapitels steht die Entwicklung und Erprobung des Tests zur Erfassung des prozessbezogenen Wissens über die Denk- und Arbeitsweisen sowie des kumulativen Zusammenhangs. Die Aufgabenkonstruktion sowie die inhaltlichen und strukturellen Kriterien, die bei der Entwicklung der Aufgaben zur Erreichung der formulierten Ziele angewandt wurden, werden im Rahmen dieses Kapitel näher erläutert.

8.1. Überblick über alle Instrumente

Wie im theoretischen Rahmen beschrieben ist der kindliche Entwicklungsprozess abhängig von den individuellen Voraussetzungen des Kindes wie den kognitiven und sprachlichen Fähigkeiten, ihren Vorerfahrungen und ihrem Vorwissen. Daher wurden diese Voraussetzungen sowie Einstellungen und Familienmerkmale zur Kontrolle der Gruppenverteilung mit Hilfe standardisierter Tests bzw. Fragebögen erfasst. Alle Testungen fanden stets als Einzeltestungen statt. Im Folgenden werden die Inhalte der Testinstrumente kurz vorgestellt.

Nonverbale kognitive Fähigkeiten (CFT). Die kognitiven Fähigkeiten der Kinder werden mit sechs nonverbalen Subtests (Substitutionen, Labyrinth, Ähnlichkeiten, Reihenfortsetzen, Klassifikationen, Matrizen (Subskalen 1-6)) der deutschen Version des Culture Fair Intelligence Tests (CFT 1-R; Cattell, 1997, übersetzt und angepasst von Weiß & Osterland, 2013) geprüft. Diese Subtests unterliegen einem Zeitlimit, welches beachtet werden muss (für genauere Informationen s. Testmanual).

Sprachtest (PPVT): Die Sprachkenntnisse der Kinder wurden mit einem standardisierten Test für den rezeptiven Wortschatz getestet (Teilmenge der deutschen Version des Peabody Picture Vocabulary Test: PPVT; Dunn & Dunn, 2007). Der Peabody Picture Vocabulary Test (PPVT) ist ein international eingesetztes Instrument bei der Untersuchung der Wortschatzentwicklung, welcher ein normbasiertes Messinstrument mit breitem Leistungsspektrum darstellt. Der Test enthält zu jedem gesprochenen Wort ein zugehöriges Set, welches aus vier Bildern besteht. Die Kinder müssen das Bild auswählen, welches am besten zum gesprochenen Wort passt. Der Test besteht aus Zuordnungsaufgaben (Bühner, 2006).

Elternfragebogen. Familienmerkmale sowie Charakteristika des familiären Umfelds wurden durch Elternfragebögen ermittelt, die bereits in früheren Studien zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung erfolgreich eingesetzt wurden (Steffensky et al., 2012). Konkret umfasst der Elternbogen Fragen zu a) strukturellen Merkmalen des familiären Hintergrunds wie Schul- und Berufsabschluss der Eltern sowie Heimatsprache, b) persönliches Interesse der Eltern an Naturwissenschaften sowie c) Häufigkeit von naturwissenschaftlichen Aktivitäten mit dem Kind zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung.

Pre- sowie Posttest zum Inhaltswissen über Magnetismus (IM-Test, Inhaltstest). Als Teil der Studie wurden Items entwickelt, die auf das konzeptuelle Wissen der Kinder über Magnetismus abzielen. Dieses Thema fand Anwendung in den Lernangeboten der beiden Interventions- sowie der Kontrollgruppe. Explizit wird das Wissen über folgende Felder abgefragt: Bestimmte Objekte sind Magnete, Magnete ziehen nur bestimmte Dinge an, Magnete können Dinge durch etwas hindurch anziehen. Der Test besteht aus insgesamt 16 Items mit je drei Single-Choice-Fragen, zeitlich gab es keine Eingrenzungen.

Pre- sowie Posttest zum prozessbezogenen Wissen über die Denk- und Arbeitsweisen sowie über den Forschungszyklus (Prozesswissenstest). Das Instrument zur Bewertung des Wissens über den Forschungszyklus wurde speziell für den Zweck dieser Arbeit entwickelt und umfasst wesentliche Schritte des Forschungszyklus sowie deren Reihenfolge (geeignete Fragen erkennen, relevante Vermutungen ermitteln, wichtige Beobachtungen feststellen und Schlussfolgerungen ziehen) sowie die Idee eines zyklischen und kumulativen Charakters des Erkenntnisprozesses (Auftauchen neuer Fragen). Verallgemeinertes Wissen über den Forschungszyklus zeigt sich darin, dass Kinder Items aus verschiedenen Kontexten beantworten, zu denen sie nicht immer über Vorwissen verfügen. Daher umfasst der Test Items aus zwei unterschiedlichen Kontexten: Teil 1 enthält Items, die inhaltlich an die Intervention angepasst sind. Hier beziehen sich die Fragen inhaltlich auf das Thema der Wirkung von Magneten durch Gegenstände hindurch. Der zweite Teil enthält Items, die sich auf einen artifiziellen Kontext beziehen, wobei das Ziel darin besteht, etwas über das Verhalten und die Vorlieben einer unbekanntes Spezies des Wusels herauszufinden.

8.2. Entwicklung eines Testinstruments zur Erfassung des Prozesswissens

Die Entwicklung der Instrumente zur Erfassung des Prozess- sowie Inhaltswissens basierte auf Erfahrungen in der Itemkonstruktion bestehender Maßnahmen zur naturwissenschaftlichen Grundbildung von Kindern, die im Rahmen der Kita-Kohorte von NEPS (Hahn et al., 2013) sowie der Projekte EASI-Science (Steffensky et al., 2018) und SNaKE (Steffensky et al., 2012) entwickelt und erfolgreich angewendet wurden. Aufgrund der Inhaltsspezifität zum Thema Magnetismus sowie der Notwendigkeit eines artifiziellen Kontextes wurden die Testinstrumente für die Evaluation neu entwickelt, da die Nutzung von bestehenden Tests nicht möglich war.

Um das angestrebte Testverfahren ökonomisch durchführen, auswerten und interpretieren zu können, wurde ein geschlossenes Testformat gewählt. Hierfür mussten die Denk- und Arbeitsweisen zunächst operationalisiert werden, bevor die Items konstruiert und entwickelt werden konnten. Daraufhin wurden die Testinstrumente mehrfach pilotiert.

8.2.1. Operationalisierung

Die in Kapitel 2.1 formulierten Denk- und Arbeitsweisen können durch schriftliche Testinstrumente nur teilweise angemessen erfasst werden. So sind beispielsweise die Fähigkeiten, Fragen zu formulieren, Vermutungen aufzustellen, ein Experiment selbstständig zu planen und durchzuführen sowie gezielt zu beobachten, auf eine Handlung ausgerichtet. Im besten Fall könnten diese Fähigkeiten mit einer umfangreichen offenen Aufgabe getestet werden, die ein selbständiges Handeln erfordert. Daher mussten alle in der Intervention zu erwerbenden Fähigkeiten, die nur teilweise als Operationalisierung für schriftliche Tests geeignet sind, durch andere Operatoren umformuliert oder abgebildet werden, so dass sie schriftlich erfasst werden konnten (siehe Tabelle 7). Für die Formulierung wurden daher Operatoren wie „finden“, „erkennen“, „wählen“, oder „ordnen zu“ verwendet. Aus „eine Vermutung aufstellen“ wird so „Die Kinder finden die passende Vermutung zur Forschungsfrage“. Diese Art der Formulierungen lässt sich einfacher, ökonomischer und objektiver prüfen. Zudem konnte so das prozessbezogene Wissen über die Denk- und Arbeitsweisen getestet werden.

Um den gesamten Prozess des Forschungszyklus zu erfassen, wurden zudem Aufgaben entwickelt, die aus einer Reihe von Bildern bestehen, die es gilt in die richtige Reihenfolge zu legen. Die Bilder stellen jeweils einen Teil des Zyklus dar und müssen sortiert werden. Auf diese Weise kann angemessen beurteilt werden, ob die Kinder sowohl die einzelnen Schritte als auch die dahinter liegenden kumulativen Prozesse verstehen.

Tabelle 7 zeigt das neu formulierte Wissen, das durch das Testinstrument erfasst wurde. Die Verteilung auf die Facetten der Denk- und Arbeitsweisen ergibt sich im Testinstrument wie folgt:

Tabelle 7: Facetten der Denk- und Arbeitsweisen.

Facetten der Denk- und Arbeitsweisen

Die Kinder...

Fragen / Vermuten / Begründen

...finden die passende(n) Frage(n) zu einem naturwissenschaftlichen Thema.

...erkennen eine Vermutung.

...ordnen die passende Vermutung einer Forscherfrage zu.

...erkennen gute Begründungen – basierend auf der Vermutung.

Beobachten

...erkennen eine wichtige und zielgerichtete Beobachtung.

...wählen die passende Beobachtung aus.

Experimentieren

...erkennen einen systematischen Vergleich.

...wählen das passende Experiment zur Fragestellung aus.

Interpretieren

...verstehen, dass All-Aussagen nicht durch ein einziges Experiment generalisierbar sind.

...wählen evidenzbasierte Schlussfolgerungen aus.

Zyklus-Items

...erkennen den kumulativen Prozess des Forschens.

...verstehen, dass der Zyklus zu unterschiedlichen Phasen beginnen kann.

...verstehen, dass es einer weiteren Überprüfung der Ergebnisse bedarf.

...erkennen die gegenteilige Evidenz an.

...verstehen, dass sich neue Fragen aus Schlussfolgerungen entwickeln.

8.2.2. Aufgabenkonstruktion und Testentwicklung

Zum Einstieg in die Testsituation wurden den Kindern zwei Übungsfragen (durch Bilder unterstützt) gestellt, damit sie ein Gefühl für die Fragestellungen entwickeln und die Antwortmöglichkeiten kennenlernen, um mangelndem Verständnis von Instruktionen entgegenzuwirken.

Aufgabenstamm

Für die Entwicklung des Tests zur Erfassung prozessbezogenen Wissens (Ziel 1) wurde bei der Konstruktion der Aufgaben darauf geachtet, die Aufgabenbeschreibung sowie die Antwortmöglichkeiten sprachlich an das Vorschulalter anzupassen und die Antwortalternativen inhaltlich ähnlich zu strukturieren sowie zu formulieren. In mehreren Pilotierungsphasen wurden die Testitems erprobt und in der Folge sprachlich weiterentwickelt.

In jeder Aufgabe wurde nur ein Teilaspekt (vgl. Tabelle 7) erfasst. Der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben wurde dabei nicht systematisch variiert. Es wurde jedoch angenommen, dass verschiedene Aufgaben zu einer Denk- und Arbeitsweise auch ohne eine Variation unterschiedliche Schwierigkeitsgrade aufweisen, da nicht alle formulierten Fragen gleich anspruchsvoll sind. Dies konnte anhand der Lösungswahrscheinlichkeiten bestätigt werden.

Aufgabenkontext

Um das allgemeine Wissen der Vorschulkinder über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie deren Zusammenhang zu erheben, wurden die Aufgaben des Testinstruments in zwei verschiedene Kontexte eingebettet. Schließlich soll durch die Teilnahme an den Lernangeboten im Rahmen der Intervention ein Wissen über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen aufgebaut werden, welches in verschiedenen Kontexten und Situationen flexibel anwendbar ist. Denn es ist bekannt, dass für den Erwerb dieses Wissens auch immer inhaltliches Wissen erforderlich ist (Hammann et al., 2008; Grube, 2011) (siehe Kap. 2). Deshalb wurde ein Instrument entwickelt, welches das prozessbezogene Wissen zum für die Intervention gewählten Lerngegenstand Magnetismus sowie zu einem weiteren, artifiziellen Kontext – Verhalten und Vorlieben einer unbekanntes Spezies (Wusel) – erfasst und somit die Wirkung der Lernangebote hinsichtlich der Variation der oberflächlichen (Un-)Ähnlichkeit messen kann.

Der artifizielle Kontext des Wusels wurde gewählt, da Studien zeigen, dass es Kindern leichter fällt, Kausalannahmen aufbauend auf der vorliegenden Evidenz hervorzusagen, Vermutungen aufzustellen und Ergebnisse zu interpretieren, wenn die Aufgaben in einen artifiziellen Kontext eingebettet sind (Sodian & Mayer, 2013). Die Kinder haben noch keine genauen Vorstellungen und es fehlen konkrete Erfahrungen, die im Widerspruch zu ihren eigenen Theorien und Vorannahmen stehen könnten. Durch die Auswahl des artifiziellen Kontextes kann eine Abhängigkeit der Lösungswahrscheinlichkeit nur vom fachlichen Vorwissen der Kinder vermieden werden. Die Unterscheidung zwischen dem inhaltsbezogenen und dem artifiziellen Kontext hilft bei der Überprüfung, inwieweit das inhaltsbezogene (Vor-)Wissen der Kinder eine Rolle spielt.

Für die Entwicklung des Tests war es zunächst erforderlich, die in Tabelle 7 dargestellten spezifischen Denk- und Arbeitsweisen herauszuarbeiten, die durch einen Fragebogen erfasst und von Vorschulkindern erworben werden können. Auf dessen Basis wurden die Testaufgaben entwickelt sowie erprobt.

Testformat & Aufgabentypen

Bei dem entwickelten Test handelt es sich um ein gebundenes oder auch geschlossenes Antwortformat, das konkrete Lösungsmöglichkeiten bzw. Antwortalternativen vorgibt (Bortz & Döring, 2002; Bühner, 2006). Das Prozesswissen wird anhand eines Multiple-Choice-Tests erfasst. Jedes Item an sich besteht aus drei Aussagen, die jeweils als richtig/falsch bzw. wichtig/unwichtig eingestuft werden müssen; sog. Single-Choice-Items (Einfach-Wahl-Aufgaben). Der Nachteil der Single-Choice Formate ist, dass diese Items eine Zufallslösungswahrscheinlichkeit von 50% haben. Deshalb wurden die drei Aussagen als ein Item zusammengefasst und entsprechend codiert. Die Kinder erhielten nur dann einen Punkt für das Item, wenn bei allen drei Aussagen die richtige Antwortmöglichkeit gewählt wurde. Ist also eine Antwortmöglichkeit falsch gewählt worden, gibt es keinen Punkt. Dadurch wirkt sich Raten weniger auf das Testergebnis aus und die Zufallslösungswahrscheinlichkeit liegt nur noch bei 12,5%. Auch die übliche Tendenz des Ja-Sagens (Bühner, 2006) kann durch dieses Antwortformat ausgeschlossen werden, da mindestens eine Antwortmöglichkeit der Aussagen Nein/stimmt nicht/falsch als richtige Antwort führt. Die Bearbeitungszeit solcher Items ist dabei kurz und in der Regel leicht zu verstehen. Untermuert werden alle Items mit Bildern zur Veranschaulichung und Fokussierung der jeweiligen Situation. Die Zyklus-Items hingegen sind Umordnungsaufgaben (Bühner, 2006). Sie müssen in eine bestimmte Reihenfolge sortiert werden und einen entsprechenden Prozess beim Forschen ergeben. Hierbei wurde durch die Unterstützung geeigneter Bilder für jeden einzelnen Schritt versucht, das Arbeitsgedächtnis zu entlasten.

Als Format für den Test wurde ein standardisierter Fragebogen mit insgesamt 32 Items entwickelt. 16 Items beziehen sich auf den artifiziellen Kontext und 16 Items beziehen sich auf Denk- und Arbeitsweisen aus dem inhaltsbezogenen Kontext Magnetismus (Tabelle 8).

Tabelle 8: Überblick über die Aufteilung der Items des Prozesswissenstests.

Denk- und Arbeitsweisen	Fragen & Vermuten	Beobachten & Experimentieren	Schlussfolgern & Interpretieren	Zyklus-Items	Insgesamt
artifizieller Kontext	4	4	4	4	16
inhaltsbezogener Kontext Magnetismus	4	4	4	4	16
Insgesamt	8	8	8	8	32

Der Test zur Erfassung des Prozesswissens wurde als Power-Test konzipiert. Nach Bühner (2006) bedeutet das, dass es keine Zeitbegrenzung bei der Bearbeitung der Aufgaben gibt und somit alle Items von den Kindern gelöst werden können. Es geht hier nicht um Schnelligkeit, sondern um die Ermittlung des Leistungsniveaus. Durch Erfahrungen aus der Pilotierung sowie aus bereits bekannten Studien (SNaKE, EASI-Science, NEPS) wurde der Test auf eine Bearbeitungszeit von ca. 30 Minuten (beim ersten Messzeitpunkt) angelegt, da die Konzentrationsfähigkeit der Kinder sowie die Motivation berücksichtigt werden musste.

Antwortalternativen

Bei der Formulierung der Antwortalternativen besteht die Herausforderung, dass sie plausibel erscheinen müssen, um ihren Zweck zu erfüllen. Dazu gehört unter anderem, dass sie in grammatikalischer Form, Stil und Länge der richtigen Lösung ähnlich sein müssen. Eine gute Antwortalternative muss für schwächere Kinder ansprechend sein und gleichzeitig für leistungsstärkere Kinder bzw. Kinder mit höherem Niveau als falsch erkennbar sein (Haladyna, 1994; Lienert & Raatz, 1998). Deshalb ist es auch wichtig, dass bei der Analyse der Items während der Testentwicklung auch die Antwortalternativen untersucht werden. Einige der Antwortalternativen wurden in Anlehnung bekannter Vorstellungen von Vorschulkindern (vgl. Steffensky & Hardy, 2013) oder auf der Grundlage bereits vorhandener Instrumente (SNaKE, EASI-Science) formuliert. Die Analyse der Antwortalternativen war ein wesentlicher Aspekt der Überarbeitung. Es wurde versucht, angemessene Antwortalternativen zu formulieren, die entweder inhaltlich plausibel sind oder zumindest die Vorstellungen der Kinder zusammenfassen. Zugleich durften sie nicht zu einfach oder zu schwer sein, um die Ratewahrscheinlichkeit zu minimieren.

Reihenfolge- und Positionseffekt

Abgesehen davon, wie die einzelnen Items im Hinblick auf den Itemstamm und die Antwortalternativen zu formulieren sind, muss festgelegt werden, wie die fertigen Testaufgaben zu einem kohärenten Test kombiniert werden. Dabei ist zu beachten, dass Einflüsse vorhanden sind, die die Qualität der Aufgaben und damit des Tests mindern können. Diese Einflüsse umfassen z. B. die Abhängigkeiten der einzelnen Items (Rost, 2004). Damit ist gemeint, dass durch die richtige oder falsche Antwort auf eine Testaufgabe die Beantwortung einer nachfolgenden Aufgabe erleichtert oder erschwert werden kann (Reihenfolgeeffekt). Es wurde versucht, dies zu verhindern oder ggf. durch die Pilotierung mögliche vorhandene Reihenfolgeeffekte zu extrahieren und anschließend zu überarbeiten. Ein weiterer Einfluss ist der Positionseffekt. Als Positionseffekte werden Veränderungen des Schwierigkeitsgrades eines Items als Folge seiner Platzierung im Test verstanden. Auch am Ende des Tests können durch Ermüdung oder schwindende Konzentration Effekte auftreten. Dieser Positionseffekt kann zudem auch bei der Positionierung der Antworten bzw. Disktraktoren innerhalb des Items auftreten. Bei der Kombination von Items zu einem Test führen diese Überlegungen zu der Schlussfolgerung, dass die Items nicht logisch voneinander abhängig sein dürfen. Diese Form der Itemkombination wurde in der vorliegenden Testentwicklung verwendet.

Codierung

Jedes Item besteht aus drei Aussagen mit je zwei Antwortmöglichkeiten. Jedes Kind erhält für die Beantwortung der Fragen einen Wert: den Rohdaten der Items des Prozess- sowie Inhaltstest wurden zunächst entsprechend der Antwort die Zahlen 1 (ja / stimme zu / richtig) sowie 2 (nein / stimme nicht zu / falsch) zugeordnet. Da es sich um Einzeltestungen handelte und die Testleitung den Kindern helfen konnte, sich für eine Antwort zu entscheiden, gab es keine fehlenden Werte. Anschließend wurden die einzelnen Items dichotom in richtig (1) oder falsch (0) umcodiert. Ein Item erhält nur dann den Wert 1, wenn alle drei Antworten zu der übergreifenden Frage richtig beantwortet wurden und somit den Wert 3 erfüllen. Der Itemmittelwert eines Items bestehend aus drei Fragen kennzeichnet die Itemschwierigkeit. Die Items sind dabei intervallskaliert. Bei den Zyklus-Items hingegen gab es nur die Codierung richtig/falsch. Einen Punkt gab es dann, wenn die Reihenfolge der Bilder vollständig richtig gelegt wurde. Ausgehend von der dichotomen Codierung wurde für jedes Kind der Summenscore für den Gesamttest gebildet.

8.2.3. Pilotierung

Im Zuge dieser Studie wurde der entwickelte Test zur Erfassung naturwissenschaftlichen prozessbezogenen Wissens fünf- bis sechsjähriger Kinder an ausgewählten Stichproben pilotiert und weiterentwickelt, um die Aufgabenmerkmale in Verbindung mit empirischen Schwierigkeiten der Aufgaben zu analysieren und auf die Verständlichkeit der Aufgaben hin zu überprüfen (Lohmann, 2019). Die Pilotierung wurde genutzt, um Gütekriterien auf der Basis der klassischen Testtheorie zu ermitteln und inadäquate Aufgaben auszuschließen bzw. überarbeiten zu können. Der Hauptzweck der Pilotierung bestand darin, den späteren Feldtest zu simulieren sowie den Zeitrahmen der Testdurchführung zu überprüfen.

Daher wurden verschiedene Pilotierungen mit Kindern aus der Kita und Grundschule durchgeführt, um die Eignung der Testitems zu überprüfen. Hierbei wurde vor allem auf die Verständlichkeit der Aufgaben geachtet. Die Daten dieser Untersuchungen wurden außerdem hinsichtlich verschiedener Kriterien wie Schwierigkeit, Trennschärfe, Boden- und Deckeneffekte sowie Reliabilität analysiert.

Konkret wurde zunächst nach der ersten Pilotierung mit $N = 33$ Vorschulkindern versucht, die Qualität der Items zu verbessern, indem die unterstützenden Bilder, die Aufgabenformulierung oder die Formulierung der Antwortalternativen sowie die Aufgabenreihenfolge verändert wurden. Einige der Bilder, die zum besseren Verständnis und Entlastung des Arbeitsgedächtnisses beitragen sollten, waren nicht eindeutig und entsprechend irreführend. Diese wurden überarbeitet, angepasst und in der zweiten Pilotierung erneut überprüft. Auch die Aufgabenformulierung galt es teilweise verständlicher zu gestalten. Die Formulierung bestehender Items mit geringen Zusammenhängen wurde ggf. überprüft und ggf. umformuliert, da gerade bei jungen Kindern die Sprache einen enormen Einfluss auf das Verständnis hat. Zudem wurde die Reihenfolge der Items verändert, damit sich die Zyklus-Items besser verteilten. Aufgrund der Verringerung des Itempools durch Ausschluss einiger Items, wurden weitere Items (mit gleichem Messanspruch) entwickelt. Nach der Überarbeitung sowie Weiterentwicklung einiger Items wurde das Testinstrument in einer zweiten Pilotierung erprobt und im Hinblick auf gängige Gütekriterien hin überprüft.

Im Rahmen der zweiten Pilotierungserhebung wurden neben den Befragungen der Vorschulkinder (N = 28) eine Validierungsstudie mit Grundschulkindern (N = 46) der ersten Klassenstufe durchgeführt. In dieser sollte die Validität des Testinstruments bestätigt werden, indem gezeigt wird, dass Kinder der Grundschule bereits mehr Fachwissen besitzen und die Fragen somit besser beantworten, da sie schon häufiger Lerngelegenheiten hatten. Dazu wurden den Grundschülerinnen und Grundschulern die Testaufgaben vorgelegt, die sich in der Pilotierung bewährt haben. Wie vermutet zeigte sich bezogen auf den artifiziellen Teil des Testinstruments ein signifikanter Unterschied im Prozesswissen zwischen Vor- und Grundschulkindern ($p = .02$). Dies gibt einen ersten Hinweis auf Validität. Im inhaltsbezogenen Teil (im Kontext Magnetismus) konnte zwar bezogen auf die Mittelwerte ein Unterschied gefunden werden ($M_{GS} = 24.1$, $SD = 4.58$; $M_{Kita} = 23.2$, $SD = 4.68$), dieser war allerdings nicht signifikant. Das kann auf eine Beeinflussung der Antworten durch das Vorwissen der Kinder zurückzuführen sein oder darauf, dass sie – bekannt aus den Interviews – oft mit Inhaltswissen und nicht mit ihrem Prozesswissen antworten. Beispielweise „die Vermutung, dass die Büroklammer einen Stift anzieht, ist falsch, weil das nicht stimmt“ anstatt „die Vermutung, dass die Büroklammer einen Stift anzieht, kann stimmen, das müsste ausprobiert werden“.

Die Auswertung der zwei Pilotierungen sowie der Validierung bot weitere Optimierungsmöglichkeiten und war die Grundlage für den für diese Arbeit genutzten Test. Deshalb wird auf eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse an dieser Stelle verzichtet. Die Kennwerte der überarbeiteten Endfassung werden in Kapitel 10 ausführlich dargestellt sowie die Güte des für die Hauptstudie verwendeten Tests umfassend empirisch geprüft wird.

8.3. Entwicklung eines Testinstruments zur Erfassung des Inhaltswissens

Zur Überprüfung der Voraussetzungen innerhalb der zufällig gebildeten Gruppen war es wichtig, neben kognitiven sowie sprachlichen Fähigkeiten auch das inhaltliche Vorwissen zu berücksichtigen, um einen möglichen Einfluss zu untersuchen. Um die Forschungsfragen F1.1 sowie F3 beantworten zu können, war es daher notwendig, einen Inhaltstest zu entwickeln, der das fachinhaltliche Vorwissen erfasst. Als Teil der Studie wurde deshalb ein weiteres Testinstrument mit 16 Aufgaben entwickelt, das auf das konzeptuelle Wissen der Kinder über Magnetismus abzielt. Dieses Thema fand Anwendung in den beiden Interventionsgruppen sowie der Kontrollgruppe. Explizit wurde das Wissen über folgende Felder abgefragt: (1) bestimmte Objekte sind Magnete, (2) Magnete ziehen nur bestimmte Dinge an sowie (3) Magnete können Dinge durch etwas hindurch anziehen. Der Test ist aufgebaut wie das Instrument zur Erhebung des Prozesswissens. Ebenfalls wurde sich an den zuvor beschriebenen vorhandenen Instrumenten orientiert, aber an die für diese Studie entwickelte Intervention angepasst. Das für die Haupterhebung verwendete Testinstrument zur Erfassung des Inhaltswissens besteht ebenfalls aus insgesamt 16 Fragen mit je drei Single-Choice-Items. Auch hier gab es keine zeitliche Eingrenzung bei der Bearbeitung der Aufgaben. Da die Ergebnisse der zweiten Pilotierung akzeptabel waren, fand keine weitere Pilotierungsphase statt und alle Aufgaben wurden für die Hauptstudie übernommen.

Die 16 Aufgaben erscheinen in zweierlei Hinsicht für den Einsatz im Rahmen der Interventionsstudie geeignet. Zum einen werden die fachinhaltlichen Konzepte aus dem Themengebiet Magnetismus adressiert, welche in den Lernangeboten verwendeten Kontexten zu Grunde liegen. Zum anderen deutet die Itemanalyse darauf hin, dass der Test das Inhaltswissen der Vorschulkinder zum Thema Magnetismus reliabel erfassen kann (Cronbachs Alpha von $\alpha = .77$ zum ersten MZP sowie $\alpha = .80$ zu MZP2; siehe Kennwerte in Tabelle 10). Zudem zeigt der signifikante Zusammenhang sowie der mittlere Effekt ($r_{MZP1} = .59, p \leq .001$; $r_{MZP2} = .63, p \leq .001$; siehe Kapitel 10 sowie Anhang B 5) zwischen den Tests zur Erfassung des Inhalts- sowie Prozesswissens, dass eine klare Trennung des Wissens nicht möglich ist und somit die Notwendigkeit der Erfassung des Inhaltswissens gegeben ist. Um zu überprüfen, inwiefern der Prozesswissenstest trotz recht hoher Korrelation mit dem Inhaltstest eben nur das Prozesswissen erfasst, wurde die Kontrollgruppe näher betrachtet. Diese führte in der Intervention Experimente zum Thema Magnetismus und somit zu den im Inhaltstest abgefragten Aspekten durch. Die Ergebnisse finden sich in den Kapiteln 10 bis 14.

9. Beschreibung der Analysen zur Auswertung der Ergebnisse

Dieses Kapitel umfasst die Darstellung der statistischen Analysen zur Auswertung der Ergebnisse.

Die in der Studie eingesetzten, neu entwickelten Instrumente wurden hinsichtlich ihrer Reliabilität und Validität mit den gängigen Methoden eingeschätzt. Da die verwendeten statistischen Testverfahren gängige Auswertungsmethoden sind, werden sie im Folgenden nur kurz erläutert. Eine detaillierte Beschreibung der statistischen Methoden ist beispielsweise bei Bühner & Ziegler (2009) sowie Field (2009) zu finden.

Um die Forschungsfragen zur Wirksamkeit der unterschiedlichen Interventionsbedingungen auf den Erwerb prozessbezogenen Wissens zu beantworten, musste zunächst überprüft werden, ob die Voraussetzung einer Normalverteilung der standardisierten Residuen in der Stichprobe gegeben war. Im Anschluss wurde anhand der Testinstrumente zu den kognitiven sowie sprachlichen Fähigkeiten, dem Inhaltswissen zum Thema Magnetismus sowie dem prozessbezogenen Vorwissen zu den Denk- und Arbeitsweisen mittels einfaktorieller Varianzanalysen untersucht, ob in allen Gruppen die gleichen Ausgangsbedingungen vorlagen. Im letzten Abschnitt werden die Verfahren vorgestellt, mit denen die Pre-Post-Daten analysiert wurden, um die Wirkung der verschiedenen Lernangebote mittels t-Tests sowie Varianzanalysen zu überprüfen.

9.1. Prüfung der Gütekriterien

Für die Messung des prozess- sowie inhaltsbezogenen Wissens wurden standardisierte, an die Intervention angepasste Instrumente entwickelt, um das naturwissenschaftliche Wissen der Kinder zu beschreiben und ihren Lernzuwachs zu messen (Zimmerman, 2007).

Um zu prüfen, ob die erhaltenen Daten durch die Testinstrumente kausal auf die Teilnahme an einem der Lernangebote zurückzuführen sind (womit eine hohe interne Validität vorläge) und das Wissen der Kinder angemessen beurteilt werden kann, müssen die Instrumente einige Qualitätskriterien erfüllen. Jede statistische Auswertung eines Testinstruments ist an eine Reihe von Voraussetzungen geknüpft (Rost, 2004). Die Testinstrumente sollen das nicht beobachtbare (latente) prozessbezogene sowie inhaltsbezogene Wissen durch geeignete Aufgaben erfassen (ebd.). Diese Arbeit konzentriert sich auf den Erwerb prozessbezogenen Wissens, weshalb im Folgenden bei der Prüfung der Gütekriterien auf den Prozesswissenstest eingegangen wird.

Es gibt verschiedene Kriterien, nach denen die Güte eines Tests beurteilt werden kann (Bühner, 2006). Zu den Hauptgütekriterien zählen a) Objektivität, b) Reliabilität und c) Validität (Cohen et al., 1996; Bühner, 2006; Moosbrugger & Kelava, 2012). Für die Prüfung der Gütekriterien wurden verschiedene Analysen durchgeführt. Mit der Beurteilung der Objektivität der Durchführung ist die Unabhängigkeit von der Testleitung gemeint. Verhaltensweisen der Testleitung haben einen Einfluss auf das Verhalten der Kinder, die getestet werden. Um die maximale Durchführungsobjektivität sicherzustellen, wurden bestimmte standardisierte Instruktionen für die Testdurchführung festgelegt, an die sich jede Testleitung genau halten musste (siehe Anhang A 2-5). Auf diesem Weg wird die Durchführungsobjektivität sichergestellt. Zur Objektivität der Durchführung der Lernangebote wurde ein Implementationscheck durchgeführt, um die Einhaltung des festgelegten Skripts zu beurteilen (siehe Kapitel 7.5).

Die Auswertungsobjektivität ist dadurch gegeben, dass die auszuwertenden Testinstrumente klar festgelegte (richtige und falsche) Antworten besitzen und die Antworten nicht interpretiert werden müssen (vgl. Bühner, 2006).

Um das Testinstrument in Bezug auf die Reliabilität einschätzen zu können, wurden zunächst die Lösungshäufigkeiten der einzelnen Items analysiert und problematische Items in den Fokus genommen. Nach der Prüfung der Lösungshäufigkeiten wurde zur Einschätzung der Reliabilität eine Reliabilitätsanalyse durchgeführt und die Itemtrennschärfen berechnet. Als Reliabilitätsindex wurde Cronbachs Alpha verwendet, da die Items den theoretischen Vorstellungen zufolge das gleiche Merkmal messen. Der Cronbachs-Alpha-Koeffizient stellt die Standardmethode zur Schätzung der internen Konsistenz dar und liefert eine Schätzung der Reliabilität (Bühner, 2006). Je stärker die Korrelation zwischen den Testitems ist, desto höher ist dieser Kennwert. Für die Interpretation gelten die folgenden Richtlinien (Blanz, 2015):

Cronbachs α	< 0.5	> 0.5	> 0.6	> 0.7	> 0.8	> 0.9
Interpretation	Inakzeptabel	Niedrig	Fragwürdig	Akzeptabel	Hoch	Exzellente

Für Gruppenvergleiche kann allerdings eine Reliabilität zwischen .5 und .7 als ausreichend angesehen werden (Lienert & Raatz, 1998). Zu beachten ist ebenfalls, dass Testungen, die zeitlich sowie ökonomisch eingegrenzt sind, aufgrund der geringeren Anzahl von Items naturgemäß eine geringere Reliabilität besitzen. In diesem Fall bedeuten diese Ausführungen, dass bei den Testinstrumenten zur Erfassung des Inhalts- sowie Prozesswissens eine Reliabilität mit Werten zwischen .7 und .9 zu erwarten ist. Wird der Prozesswissenstest jedoch in den inhaltsbezogenen sowie artifiziellen Kontext aufgeteilt und somit die Anzahl der Items halbiert, wird eine geringere Reliabilität von .5 bis .7 erwartet.

Durch die Erhebung einer Baselinegruppe wurde zusätzlich der Retest-Effekt überprüft. Bei der Retestmethode handelt es sich um die wiederholte Darbietung desselben Tests in derselben Stichprobe in einem angemessenen Zeitabstand (Bühner, 2006). So soll ein Übungseffekt durch die reine Teilnahme an der Testung selbst ausgeschlossen werden. Es kann vorkommen, dass Kinder allein durch ihre Erinnerungsleistung bei wiederholter Testung durch das gleiche Instrument ein besseres Ergebnis erzielen können (Bortz & Döring., 2006). Hierfür wurde neben dem visuellen Vergleich der Mittelwerte ein t-Test bei verbundenen (gepaarten) Stichproben durchgeführt sowie der Zusammenhang zwischen den Tests zum MZP1 und MZP2 berechnet.

Zur Beurteilung der Validität wurden Korrelationsanalysen mithilfe von SPSS durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen den Testteilen sowie den verschiedenen Tests zu ermitteln. Anhand der beiden Testteile des Tests zum Prozesswissen (zum inhaltsbezogenen sowie artifiziellen Kontext) wird die konvergente Validität und anhand des CFT-Tests sowie des Inhaltstests (zum Thema Magnetismus) die diskriminante Validität durch Korrelation der Testergebnisse geprüft. Der Korrelationskoeffizient r kann dabei Werte zwischen -1 (perfekte negative Korrelation) und +1 (perfekte positive Korrelation) annehmen (Bortz, 2005). Für die Interpretation gibt es die folgende Orientierungshilfe und kann als Anhaltspunkt verstanden werden (Bühner, 2006). Dies gilt gleichfalls im negativen Sinne. Ein Korrelationskoeffizient lässt sich bei $r < .4$ als schwach, bei $.4 \leq r < .6$ als mittel, bei $.6 \leq r < .8$ als stark und $.8 \leq r$ als sehr stark klassifizieren (ebd.).

9.2. Prüfung der Voraussetzungen

Bevor die erhobenen Pre-Post-Daten mittels parametrischer Tests analysiert werden konnten, um die Forschungsfragen nach der Wirksamkeit der unterschiedlichen Interventionsbedingungen auf den Erwerb prozessbezogenen Wissens zu untersuchen, erfolgte zunächst eine Prüfung der Voraussetzungen, da bestimmte (parametrische) Testverfahren nur unter diesen Voraussetzungen eingesetzt werden dürfen. Eine zentrale Voraussetzung ist die Normalverteilung der standardisierten Residuen in der Stichprobe, da Verteilungen sich auf nachfolgende Berechnungen (wie Korrelationshöhe) auswirken können (Bühner, 2006). Die Normalverteilung ist glockenförmig und symmetrisch, innerhalb einer Standardabweichung vom Mittelwert ausgehend liegen 68% und innerhalb von zwei Standardabweichungen liegen 95% der Kinder. Diese Verteilungen werden folgend auch durch Histogramme dargestellt. Um die Verteilungen zu beschreiben, werden die Maße für die Schiefe und Kurtosis herangezogen (Bühner, 2006). Die Normalverteilung kann mit einer explorativen Datenanalyse überprüft werden. Dabei lautet die Nullhypothese, dass eine Normalverteilung vorliegt. Die vorliegenden Daten werden mittels Kolmogorov-Smirnov-Tests (Signifikanzkorrektur nach Lilliefors) auf Normalverteilung untersucht. Damit ist aber nicht gemeint, dass die Daten an sich normalverteilt sein müssen, sondern deren Residuen.

Einige Simulationsstudien haben gezeigt, dass einfaktorielle Varianzanalysen sowie t-Tests relativ robust gegenüber der Verletzung einer Normalverteilung sind, vor allem wenn die Stichproben gleich groß und umfangreich genug (über $N = 30$ liegen) oder aber die Varianzen gleich sind (Bortz, 1999; Rost, 2004; Salkind, 2010; Schmider et al., 2010; Pagano, 2013; Blanca et al., 2017). Die visuelle Betrachtung des Histogramms hilft zusätzlich bei der Beurteilung, ob die Verteilung deutlich abweicht (Sedlmeier & Renkewitz, 2008). Eine weitere Voraussetzung ist die Varianzhomogenität. Diese wird durch den Levene-Test (Grenzwert $p > .05$) geprüft (Field, 2009). Auch hier gilt, dass eine Verletzung der Varianzhomogenität dann tolerierbar ist, wenn die Stichproben gleich groß und umfangreich genug sind (Bortz, 1999). Falls nicht anders angegeben, sind für alle im Folgenden berichteten Analysen die jeweils erforderlichen Voraussetzungen als erfüllt anzusehen.

9.3. Prüfung der Vergleichbarkeit

Sind die Voraussetzungen erfüllt, werden im Anschluss die Interventions- und Kontrollgruppen hinsichtlich ihrer Ausgangsbedingungen verglichen. Es soll sichergestellt werden, dass für MZP1 in allen Gruppen die gleichen Bedingungen vorliegen. Es wird daher geprüft, ob sich die Gruppen zu Beginn der Messungen (MZP1) hinsichtlich der erhobenen Daten nicht signifikant unterscheiden, um mögliche Unterschiede zu MZP2 auf die Intervention zurückführen und valide Schlussfolgerungen ziehen zu können. Für die Gruppenvergleiche wurden die jeweiligen Gruppen hinsichtlich ihrer Eigenschaften wie kognitiver und sprachlicher Fähigkeiten, Vorwissen, Alter, Migrationshintergrund und Geschlecht verglichen. Die Unterschiede zwischen den Gruppen zu MZP1 wurden mit Hilfe einer Varianzanalyse untersucht, um mögliche Unterschiede in einer oder mehrerer Variablen auf statistische Signifikanz zu prüfen. Ein Unterschied mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq .05$ wurde dabei als signifikant angesehen.

9.4. Analyse der Pre-Post-Daten

Um die Wirkung der Intervention auf den Lernzuwachs im Prozesswissen (Forschungsfrage F1) zu untersuchen, wurden die Pre- und Posttestdaten der Interventions- und Kontrollgruppen anhand der Mittelwerte sowie durch die Anwendung von t-Tests sowie Varianzanalysen verglichen. Angenommen wurde, dass sich die Interventionsgruppen, die an einem kognitiv unterstützenden Lernangebot teilnahmen, positiv von den Kontrollgruppen im Wissensaufbau unterscheiden (Hypothese H1a), und sich die Kontrollgruppen nicht signifikant hinsichtlich ihres prozessbezogenen Wissens verbessern (Hypothese H1b). Um zunächst allgemein den Wissenszuwachs in den einzelnen Gruppen zu untersuchen, wurden t-Tests für verbundene (gepaarte) Stichproben für jede einzelne Gruppe berechnet. Aufbauend darauf wurde, um den Wissenszuwachs in den Interventions- und Kontrollgruppen statistisch miteinander vergleichen zu können, eine ANOVA mit Messwiederholung¹⁹ durchgeführt. Im Rahmen dieser RM-ANOVA werden zum einen der Haupteffekt – Veränderung über die Messzeitpunkte – und zum anderen der Interaktionseffekt – Veränderung zwischen den Gruppen über die Messzeitpunkte hinweg – auf statistische Signifikanz hin geprüft. Dabei wurde ein Unterschied bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq .05$ als signifikant angesehen.

Als abhängige Variablen dienten die Summenscores der Tests zur Erfassung des Prozesswissens zu MZP1 und MZP2 (DuA_Z1, DuA_Z2). Die unabhängige Variable ist die Gruppenzugehörigkeit. Die Varianzanalyse untersucht, inwieweit die Stichprobenunterschiede (die Varianz der Stichprobe in Bezug auf das gemessene Wissen) durch den systematischen und zufälligen Einfluss der Gruppenzugehörigkeit erklärt werden können. Anhand von Post-hoc-Tests (mit Bonferroni-Korrektur, um eine Aufsummierung des Alpha Niveaus zu verhindern) unter Verwendung einer ANOVA sollte im Anschluss statistisch überprüft werden, welche Gruppen sich in ihrem Wissenszuwachs voneinander unterscheiden. Post-hoc-Tests unter Verwendung einer RM-ANOVA würden allerdings nur unabhängig vom Zeitpunkt zeigen, welche Gruppen sich unterscheiden, da die Werte der Pre- und Posttests für die Berechnungen gemittelt werden $((Z1+Z2)/2)$. Deshalb wird hier der Zuwachs (die Differenz der Mittelwerte zwischen Pre- und Posttest-Ergebnissen) als abhängige Variable sowie die Gruppenzugehörigkeit als unabhängige Variable für die einfache Varianzanalyse verwendet.

Mittels dieser Bonferroni korrigierten Post-hoc-Tests wurde zudem die Effektstärke für die Veränderung innerhalb der Gruppen über die Messzeitpunkte bestimmt (Field, 2013). Die Effektstärke η^2 (partielles Eta-Quadrat) lässt Aussagen über die Stichprobeneffekte zu. Nach Bühner (2006, in Anlehnung an Cohen, 1988) kann η^2 als Maß für die Effektstärke folgendermaßen interpretiert werden:

Effektstärke η^2	.001	.06	.14
Interpretation	kleiner Effekt	mittlerer Effekt	starker Effekt

¹⁹ Im Folgenden auch als RM-ANOVA (one-way Repeated Measures Analysis of Variance; Field, 2013) abgekürzt.

Um die Intervention im Hinblick auf das inhaltsbezogene Wissen zu prüfen (Forschungsfrage F1.1) und somit Hinweise auf die Validität des Prozesswissenstests abzuleiten, wurden die Gruppen hinsichtlich der Ergebnisse des Inhaltstests miteinander verglichen. Da sowohl die beiden Interventionsgruppen als auch die Kontrollgruppe KG an einem Lernangebot zum Thema Magnetismus teilgenommen haben, wurde angenommen, dass sich diese drei Gruppen in ihrem Inhaltswissen verbessern (H1.1). Hierzu wurden zunächst die Mittelwerte der Inhaltstests zu beiden Messzeitpunkten betrachtet und anhand von t-Tests für verbundene (gepaarte) Stichproben berechnet, ob die Kinder einen Wissenszuwachs im Inhaltstest verzeichnen. Anschließend wurden die Ergebnisse des Inhaltstests zu MZP2 anhand einer ANOVA mit Bonferroni korrigierten Post-hoc-Tests analysiert, um zu prüfen, ob es statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich des Wissenszuwachses gibt. Die abhängige Variable ist demnach der Wissenszuwachs im Inhaltstest ($IM_{Z2} - IM_{Z1}$).

Nach dem Vergleich der Interventions- und Kontrollgruppen hinsichtlich der Entwicklung des Wissens wurde untersucht, inwieweit sich die beiden Interventionsgruppen, deren Intervention in der oberflächlichen (Un-)Ähnlichkeit der zu vergleichenden Experimente variieren, in ihrem prozessbezogenen Wissen über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie über den Forschungszyklus voneinander unterscheiden (Forschungsfrage F2). Um zu überprüfen, welchen Einfluss die Teilnahme an einem bestimmten Lernangebot auf das Prozesswissen hat, wurde ein t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt, um mögliche Unterschiede auf statistische Signifikanz zu überprüfen & deren Effektstärke zu bestimmen (für eine umfassende Beschreibung des Verfahrens siehe Field, 2013). Die abhängige Variable war hierbei der Wissenszuwachs (die Differenz der Mittelwerte zwischen Pre- und Posttest-Ergebnissen). Um sicherzustellen, dass mögliche Unterschiede nicht nur in einem der beiden Kontexte, in die der Prozesswissenstest aufgeteilt ist, vorhanden sind, wurden die zwei Testteile getrennt und erneut überprüft, ob signifikante Unterschiede vorliegen.

Um zu prüfen, welche Zusammenhänge zwischen den Voraussetzungen der Kinder (Vorwissen, kognitive und sprachliche Fähigkeiten) und dem Lernangebot (ähnliche bzw. unähnliche Beispiele) bestehen bzw. welchen Einfluss diese auf die Effizienz der zwei verschiedenen Lernangebote haben (Forschungsfrage 3), wurden zuletzt Varianzanalysen mit Kontrollvariablen (ANCOVA²⁰) gerechnet. Das erhobene Prozesswissen zu MZP2 war demnach die abhängige Variable. Die Kontrollvariablen waren das prozessbezogene sowie das inhaltsbezogene Vorwissen, die kognitiven und die sprachlichen Fähigkeiten.

²⁰ Im Folgenden auch als ANCOVA (analysis of covariance; Field, 2013) abgekürzt.

Ergebnisse

Die nachfolgend aufgeführten Ergebnisse basieren auf den Daten von $N = 231$ Vorschulkindern, die an den jeweiligen Testungen sowie Lernangeboten der Interventions- und Kontrollgruppen teilgenommen haben. Kinder, die an einem der Testzeitpunkte fehlten, wurden nicht einbezogen.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der in Kapitel 9 beschriebenen statistischen Methoden unter Rückbezug auf die Forschungsfragen vorgestellt. Dieses Kapitel beginnt mit der Beschreibung der deskriptiven Ergebnisse (Kapitel 10), bei der die Endfassung des neu entwickelten Testinstruments zur Erfassung des Prozesswissens hinsichtlich der Reliabilität und Validität untersucht wurde, um somit das Erreichen des ersten Ziels zu bewerten. Anschließend werden die standardisierten Residuen des ersten Messzeitpunktes in der Stichprobe auf Normalverteilung hin geprüft (Kapitel 11), um die Voraussetzungen für die beschriebenen statistischen Analysen (Kapitel 9) zu erfüllen. Der letzte Abschnitt dieses Kapitels stellt den Kern der vorliegenden Arbeit dar: Analyse der Wirkung der verschiedenen Lernangebote. Ziel ist es, herauszufinden, inwiefern sich die beiden Interventionsgruppen (IG1 & IG2) durch ihre Teilnahme an einem kognitiv unterstützenden Lernangebot (unabhängige Variable) von den Kontrollgruppen (KG & BG) in ihrem Prozesswissen (abhängige Variable) unterscheiden (F1) und ob die Ähnlichkeit oder die Unähnlichkeit der zu vergleichenden Beispiele eher zum Erwerb dieses Wissens beiträgt (F2). Welchen Einfluss die individuellen Voraussetzungen der Kinder aus den Interventionsgruppen auf die Effizienz der zwei verschiedenen Lernangebote haben (F3), wird außerdem im letzten Abschnitt erläutert.

10. Deskriptive Ergebnisse

Eine zentrale Frage dieser Arbeit ist, inwieweit die Kinder ein prozessbezogenes Wissen erwerben und somit auch ein Wissen über den Forschungszyklus aufbauen können. Um das untersuchen zu können, wird ein reliables sowie valides Testinstrument benötigt, welches dieses Wissen erfassen kann. Im Rahmen der Testentwicklung wurde daher der Fokus auf die Erfassung dieses Wissens gelegt, welches im Rahmen des Prozesses naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung von Bedeutung sind. Um Erkenntnisse über die Qualität des Testinstruments zur Erfassung des Prozesswissens zu gewinnen, wurden zur Prüfung der Gütekriterien verschiedene Analysen durchgeführt.

Um das Testinstrument in Bezug auf die Reliabilität einschätzen zu können, wurden die Lösungshäufigkeiten analysiert. Um Aussagen über den Schwierigkeitsgrad der Items treffen zu können, wurden die Items als Summenscore der jeweiligen drei Aussagen zusammengefasst und geprüft. Bei Auffälligkeiten eines Items wurden ggf. die Antwortwahrscheinlichkeiten der einzelnen Aussagen untersucht, um die problematischen Antwortalternativen zu erkennen. Insgesamt beträgt die durchschnittliche mittlere Lösungshäufigkeit der Items zum ersten Messzeitpunkt 26.95%. Für den zweiten Messzeitpunkt ergibt sich eine durchschnittliche Lösungshäufigkeit von 30.0%. Es kann festgestellt werden, dass im Vergleich zum Pre-Messzeitpunkt sowohl bezogen auf einzelne Items als auch die durchschnittliche Lösungshäufigkeit ein Anstieg zu MZP2 zu verzeichnen ist und es somit möglich ist, Änderungen des Prozesswissens zum zweiten Messzeitpunkt und nach der Intervention abzubilden (vgl. hierzu auch Anhang B 1).

Zudem zeigen die Histogramme (Abb. 5 und 6) der Verteilung der absoluten Häufigkeit aller richtig gelösten Items des Prozesswissenstests zu beiden Messzeitpunkten, dass ein Anstieg erfolgte ($M_{DuA_Z1} = 8.62$, $M_{DuA_Z2} = 10.89$).

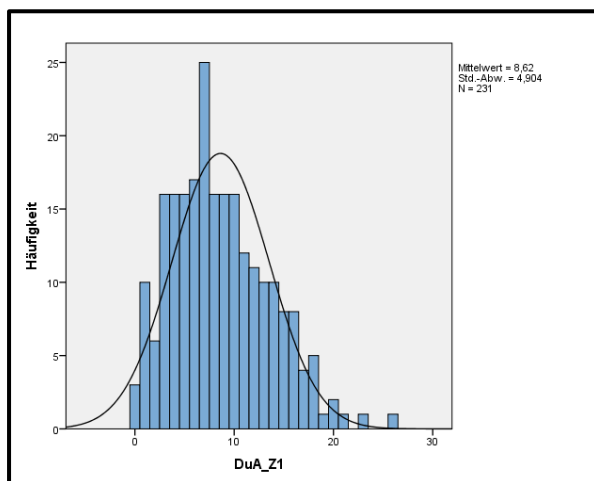


Abbildung 5: Verteilung der absoluten Lösungshäufigkeit zu MZP1 (DuA).

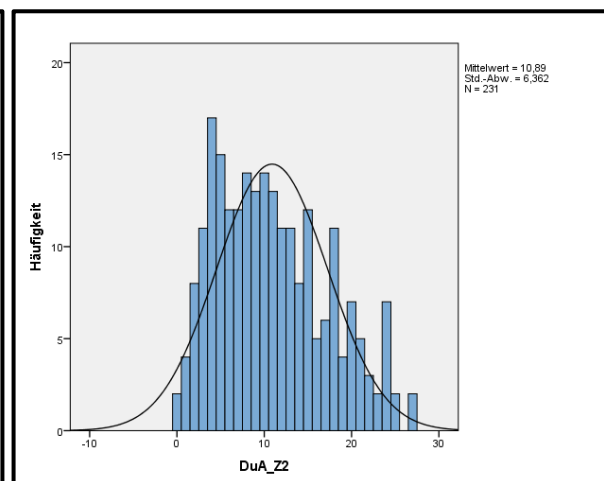


Abbildung 6: Verteilung der absoluten Lösungshäufigkeit zu MZP2 (DuA).

Dennoch wurden alle Items, die zum ersten Messzeitpunkt eine kleinere Lösungswahrscheinlichkeit als 20% hatten (W4, W6, W7, W8, W11, W14, M3, M4, M8, M10, M12, M13, M15) (vgl. Anhang B 1), hinsichtlich der Lösungswahrscheinlichkeit zu MZP2 überprüft sowie in die drei einzelnen Aussagen gegliedert, um zu untersuchen, ob eine bestimmte Antwortalternative zu schwierig war.

Denn war ein Item auch nach der Teilnahme an der Intervention (also zu MZP2) zu schwierig, schien es nicht den Inhalt dieser aufzugreifen. Nach dieser Analyse wurden insgesamt zwei Items (W6, M3) für die folgenden Analysen ausgeschlossen und ein Item gekürzt (M10). Da beim Item M10 eine der Antwortalternativen nicht eindeutig erschien, was die Lösungshäufigkeit dieser bestimmten Aussagen bestätigte, wurde das Item gekürzt und nicht ausgeschlossen, da es inhaltlich wichtig war, um die Facette *Schlussfolgern* gut abzubilden. Das Item W6 ist ein Zyklus-Item, bei dem die Kinder die richtige Reihenfolge des Forschungszyklus legen sollten. Da die Lösungshäufigkeit zu MZP1 bei nur 12.6% und zu MZP2 nur bei 17.7% liegt, wird dieses Item aufgrund der geringen Lösungshäufigkeit aus den Analysen ausgeschlossen. Gleiches gilt für das Item M3, welches zu MZP1 bei einer Lösungshäufigkeit von 14.3% und zu MZP2 bei 13.0% liegt. Bei diesem Item wurde zusätzlich die Verschlechterung zum zweiten Messzeitpunkt untersucht. Infolge der geringen Trennschärfe wurde auch dieses Item ausgeschlossen. Aufgrund der akzeptablen Trennschärfen der anderen Items mit geringer Lösungshäufigkeit, der inhaltlichen Wichtigkeit bei der Prüfung von späteren Gruppenunterschieden sowie nach der Analyse, wie die Interventions- oder Kontrollgruppen die Items zum zweiten Zeitpunkt gelöst haben, wurden keine weiteren Items aufgrund der Lösungshäufigkeit entfernt.

Nach der Prüfung der Lösungshäufigkeiten wurde in einem weiteren Schritt zur Einschätzung der Reliabilität eine Reliabilitätsanalyse durchgeführt, dabei wurde die Reliabilität auf manifester Ebene mittels Cronbachs Alpha als Reliabilitätsindex angegeben. Aufgrund der niedrigen Itemtrennschärfe von .19 wurde das Item W12 aus inhaltlichen Gründen ebenfalls aus den Analysen ausgeschlossen.

In der folgenden Tabelle (Tab. 9) sind die Werte für die korrigierte Item-Skala-Korrelation sowie die Werte von Cronbachs Alpha dargestellt. Zu sehen sind die Korrelationen aller Items sowie nach dem Ausschluss der Items W6, W12, M3 und der Änderung des Items M10 (zu M10n).

Tabelle 9: Werte für die korrigierte Item-Skala-Korrelation sowie die Werte von Cronbachs Alpha.

Cronbachs Alpha	Messzeitpunkt 1		Messzeitpunkt 2	
	alle Items	Items ausgeschlossen	alle Items	Items ausgeschlossen
		.783	.781	.865
	Korrigierte Item-Skala-Korrelation		Korrigierte Item-Skala-Korrelation	
Item	alle Items	Items ausgeschlossen	alle Items	Items ausgeschlossen
DuAW1	.335	.340	.399	.416
DuAW2	.317	.317	.437	.438
DuAW3	.392	.390	.495	.498
DuAW4	.317	.326	.469	.484
DuAW5	.324	.326	.401	.397
DuAW6	.109	-	.160	-
DuAW7	.323	.312	.271	.277
DuAW8	.128	.134	.420	.415
DuAW9	.420	.415	.531	.540
DuAW10	.246	.240	.316	.331
DuAW11	.115	.116	.281	.288
DuAW12	.193	-	.327	-
DuAW13	.225	.220	.474	.469
DuAW14	.216	.231	.285	.292
DuAW15	.370	.364	.422	.421
DuAW16	.330	.327	.509	.510
DuAM1	.378	.381	.478	.479
DuAM2	.424	.426	.547	.551
DuAM3	.243	-	.168	-
DuAM4	.226	.219	.318	.306
DuAM5	.177	.181	.324	.315
DuAM6	.359	.372	.415	.405
DuAM7	.355	.347	.439	.438
DuAM8	.305	.309	.356	.341
DuAM9	.465	.470	.551	.555
DuAM10	.084	-	.202	-
DuAM10n	-	.173	-	.282
DuAM11	.176	.176	.468	.466
DuAM12	.092	.110	.202	.201
DuAM13	.335	.313	.388	.382
DuAM14	.344	.343	.473	.472
DuAM15	.264	.247	.310	.302
DuAM16	.228	.215	.138	.132

Nachfolgend sind die deskriptiven Werte sowie die Werte für Cronbachs Alpha für beide Messzeitpunkte detailliert dargestellt und werden kurz erläutert.

Tabelle 10: Deskriptive Werte sowie die Werte für Cronbachs Alpha für beide Messzeitpunkte.

Messzeitpunkt 1	<i>M</i>	<i>SD</i>	α	Items
IM	7.29	3.61	.77	16
DuA	8.19	4.70	.78	29
DuAW	3.98	2.52	.63	14
DuAM	4.20	2.63	.64	15
Messzeitpunkt 2	<i>M</i>	<i>SD</i>	α	Items
IM	8.95	3.78	.80	16
DuA	10.42	6.12	.87	29
DuAW	5.19	3.29	.78	14
DuAM	5.23	3.21	.75	15

Zum ersten Messzeitpunkt weist das Testinstrument zur Erfassung des Prozesswissens einen Wert von Cronbachs $\alpha = .78$ auf und zeigt damit nach den in Kapitel 9.1 beschriebenen Richtlinien eine akzeptable Reliabilität an (vgl. Tab. 10). Zum zweiten Messzeitpunkt zeigen die Werte einen hohen Kennwert von $\alpha = .87$ (vgl. Tab. 10). Der Test weist somit eine gute interne Konsistenz auf. Insgesamt deuten die Werte darauf hin, dass ein reliables Testinstrument entwickelt wurde.

Für die Retest-Reliabilität wurden die Kontrollgruppen näher betrachtet (vgl. Tab. 11). Mit der Retest-Reliabilität wird geprüft, ob das Testinstrument über die Zeit hinweg stabil misst. Um sie zu berechnen, wird das Testinstrument an den beiden Messzeitpunkten an den gleichen Kindern erhoben und die Korrelation der Messungen berechnet. Die Retest-Reliabilität besagt demnach, wie zuverlässig das Testinstrument ist. Sowohl die Kontroll- als auch die Baselinegruppe wurde nicht explizit in ihrem Erwerb von prozessbezogenem Wissen gefördert, sodass sie möglichst ein gleiches Ergebnis in den beiden Zeitpunkten erzielen sollten. Anhand der Tabelle 11 ist zu erkennen, dass sich die Mittelwerte visuell kaum unterscheiden, gar in beiden Gruppen verschlechtert haben. Ein t-Test bei verbundenen (gepaarten) Stichproben zeigte zudem keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Messzeitpunkten in beiden Gruppen (KG: $t(53) = .92, p = .364$; BG: $t(56) = .84, p = .404$) (s. Tab. 16).

Tabelle 11: Mittelwerte sowie Standardabweichungen des Prozesswissenstests zu beiden MZP (KG und BG).

KG (N = 54)	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	BG (N = 57)	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
DuA_Z1	8.70	5.47	1	25	DuA_Z1	8.74	4.88	0	22
DuA_Z2	8.26	6.13	0	26	DuA_Z2	8.37	5.20	0	22

Zusätzlich wurden die Zusammenhänge zwischen den Tests der beiden Messzeitpunkte berechnet. Die Korrelation der beiden Tests zu den zwei verschiedenen Messzeitpunkten ergab hoch signifikante Werte ($p \leq .001$) von $r = .82$ für die Kontrollgruppe sowie $r = .79$ für die Baselinegruppe (siehe Anhang B 2). Diese Werte der Korrelationskoeffizienten sind als stark bis sehr stark einzuschätzen (siehe Kapitel 9.1) und bestärken die Annahme, dass kein Übungseffekt eingetreten ist und somit ein reliables Testinstrument entwickelt wurde. Somit lassen sich die Veränderungen in den Interventionsgruppen vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt auf die Intervention zurückführen.

Um Hinweise auf die Validität zu erhalten, wurden verschiedene Korrelationsanalysen durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen den zwei Testteilen des Tests zur Erfassung des Prozesswissens sowie zwischen verschiedenen Tests, die unterschiedliche Konstrukte messen sollen, zu ermitteln. Die diskriminante Validität bezieht sich auf die Korrelation der Testergebnisse zwischen verschiedenen Tests, die unterschiedliche Konstrukte messen sollen (Bühner, 2006). Hierfür wurden die kognitiven Fähigkeiten sowie das inhaltsbezogene Wissen herangezogen. Da das Testergebnis eines Leistungstests – wie es der Test zum Prozesswissen ist – durchaus durch die kognitiven Fähigkeiten beeinflusst wird, ist eine gewisse, aber geringe Korrelation zu erwarten. Der Korrelationskoeffizient von $r = .36$ ($p \leq .001$) deutet auf einen schwachen Zusammenhang zwischen dem prozessbezogenen Wissen sowie den kognitiven Fähigkeiten hin ($p \leq .001$) und entspricht somit den Erwartungen (siehe Anhang B 3).

Für einen ersten Hinweis auf die konvergente Validität wurde der Test, der das Prozesswissen erfassen soll, in den inhaltsbezogenen sowie den artifiziellen Kontext aufgeteilt. Da beide Testteile das Konstrukt Prozesswissen und nicht das Wissen über den inhaltlichen Kontext messen sollen, müssten die beiden Teile hoch miteinander korrelieren. Die ermittelten Korrelationen sollten bei einem validen Test daher möglichst hoch ausfallen. Die Analysen ergeben signifikante Zusammenhänge zwischen den beiden Testteilen des Prozesswissenstests. Da die Testteile (aufgeteilt in einen inhaltsbezogenen sowie artifiziellen Kontext) zu beiden Messzeitpunkten mit Korrelationskoeffizienten von $r = .66$ zu MZP1 sowie $r = .77$ zu MZP2 signifikant stark miteinander korrelieren ($p \leq .001$), kann hier davon ausgegangen werden, dass beide Teile dasselbe Konstrukt messen (siehe Anhang B 4).

Der Prozesswissenstest soll das Prozesswissen messen. Ausführlich wurde jedoch dargelegt, dass Inhalts- und Prozesswissen nicht klar zu trennen sind. Daher korrelieren die zwei unabhängigen Tests (zum Prozess- sowie zum Inhaltswissen) auch im mittleren bis starken Bereich signifikant miteinander. Es ergeben sich Korrelationskoeffizienten von $r = .59$ zu MZP1 und $r = .63$ zu MZP2, die auf einen mittleren bis starken signifikanten Zusammenhang ($p < .001$) hindeuten (siehe Anhang B 5). Um sicher zu sein, dass trotz dieses Zusammenhangs zwischen dem Inhalts- sowie Prozesswissenstest nur das Wissen über die Denk- und Arbeitsweisen sowie den Forschungszyklus im Prozesswissenstest erfasst wird und keine inhaltlichen Aspekte, wurden die Interventions- und Kontrollgruppen näher betrachtet und in Bezug auf ihr Prozess- sowie Inhaltswissen miteinander verglichen. Die Ergebnisse werden in Kapitel 13 näher erläutert.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass der Test als reliabel und in Ansätzen als valide eingeschätzt werden kann.

11. Prüfung der Normalverteilung

Im Rahmen der Auswertung wurden die insgesamt 29 Testitems aus dem Prozesswissenstest herangezogen und die Residuen in der Gesamtstichprobe auf Normalverteilung geprüft. Dabei wurde mit einer explorativen Datenanalyse überprüft, ob die Residuen normalverteilt sind. Die vorliegenden Daten wurden mittels Kolmogorov-Smirnov-Tests (Signifikanzkorrektur nach Lilliefors) auf Normalverteilung untersucht. Da der Tabelle 12 zu entnehmen ist, dass die Tests zum Prozess- sowie Fachwissen signifikant von einer Normalverteilung abweichen ($p < .001$), erfolgt zusätzlich eine visuelle Überprüfung der Verteilungen mittels der zugehörigen Histogramme.

Tabelle 12: Tests auf Normalverteilung sowie deskriptive Statistik der Residuen für DuA und IM zu MZP1.

Tests auf Normalverteilung	Kolmogorov-Smirnov ^a			Desk. Statistik	
	Statistik	df	Signifikanz	Schiefe	Kurtosis
Residuum für DuA	0.097	231	0.000	0.608	0.122
Residuum für IM	0.086	231	0.000	0.023	-0.924

^a Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Bei dem Test zum Prozesswissen (DuA) liegt eine linkssteile Schiefe vor (Abb. 7). Die Ausreißer der höheren Summenwerte können somit der Grund sein, dass keine signifikante Normalverteilung vorliegt.

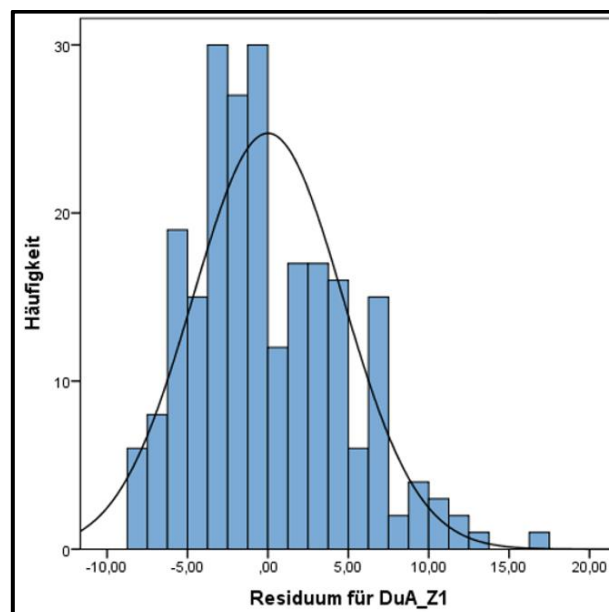


Abbildung 7: Histogramm: Residuum für DuA zu MZP1.

Bei dem Test zum Inhaltswissen (IM) liegt die fehlende Bestätigung einer Normalverteilung ggf. daran, dass zufällig nicht genügend Kinder den Mittelwert erreicht haben. So deutet das Histogramm eher auf eine Normalverteilung hin (Abb. 8).

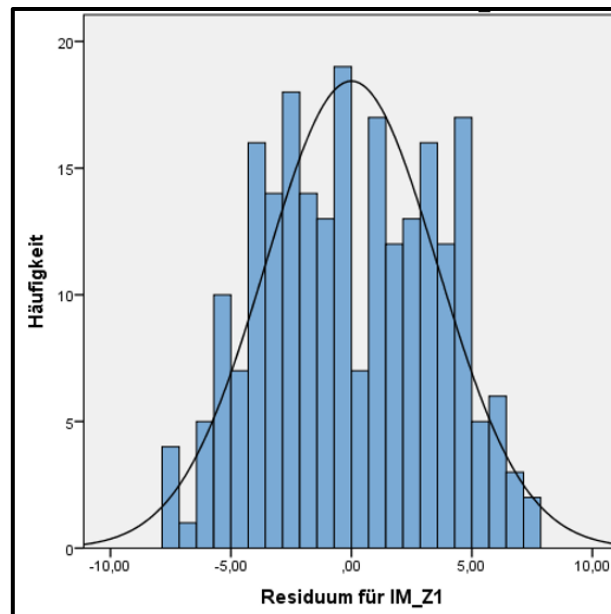


Abbildung 8: Histogramm: Residuum für IM zu MZP1.

Da die Daten bzw. Residuen nach der visuellen Analyse weitgehend als normalverteilt eingestuft werden können, werden für die Mittelwertvergleiche die entsprechenden (parametrischen) Tests verwendet.

12. Prüfung der Vergleichbarkeit

Da die folgenden Analysen zur Wirksamkeit der kognitiv unterstützenden Lernangebote auf dem Vergleich von Interventions- und Kontrollgruppe basieren, ist die Feststellung der Vergleichbarkeit der Gruppen ein zentraler Schritt, um valide Schlussfolgerungen ziehen zu können. Daher wurde zunächst mit Hilfe einer ANOVA untersucht, inwieweit sich die Mittelwerte aller Gruppen unterscheiden. Um Aussagen über die Vergleichbarkeit treffen zu können, muss gewährleistet sein, dass es keine Gruppenunterschiede in Bezug auf das inhaltliche Vorwissen (Pretest IM_Z1) sowie das prozessbezogene Vorwissen über die Denk- und Arbeitsweisen (Pretest DuA_Z1), die kognitiven (CFT) sowie sprachlichen Fähigkeiten (PPVT) und die unterschiedlichen Merkmale wie Geschlecht, Alter und Migrationshintergrund (Mig) gibt.

Folgend sind zunächst pro Gruppe die Mittelwerte sowie Standardabweichungen aller durchgeführten Tests sowie die prozentualen Häufigkeiten relevanter Personenmerkmale dargestellt.

Tabelle 13: Mittelwerte und Standardabweichungen aller durchgeführten Tests zu MZP1 sowie die prozentualen Häufigkeiten relevanter Personenmerkmale.

	IG1 (N = 60)		IG2 (N = 60)		KG (N = 54)		BG (N = 57)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Alter	5.88	0.42	5.99	0.37	5.92	0.39	5.91	0.45
PPVT	41.82	8.90	45.18	7.15	42.96	8.82	42.40	8.62
CFT	48.65	7.97	50.65	8.09	49.13	8.60	49.21	9.10
IM_Z1	6.67	3.38	8.12	3.09	7.15	4.24	7.21	3.64
DuA_Z1	7.12	4.60	8.27	3.73	8.70	5.47	8.74	4.88

	IG1		IG2		KG		BG	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Geschlecht (Weiblich)	31	51.7	31	51.7	20	37.0	24	42.1
keinen Migrationshintergrund	40	66.7	45	75.0	32	59.3	42	73.7

Es zeigen sich einzelne eher kleinere Unterschiede zwischen den Gruppen (s. Tab. 13), die aber nicht statistisch bedeutsam sind (s. Tabelle 14). Dennoch müssen sie bei der Interpretation und Verallgemeinerung der Ergebnisse später beachtet werden.

Tabelle 14: Ergebnisse der ANOVA zu MZP1.

	Quadratsumme	<i>df</i>	Mittel der Quadrate	<i>F</i>	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Geschlecht	0.905	3	0.302	1.213	.306	.016
Alter	0.439	3	0.146	0.874	.455	.011
Mig	0.885	3	0.295	1.376	.251	.018
PPVT	387.895	3	129.298	1.837	.141	.024
CFT	133.402	3	44.467	0.624	.600	.008
IM_Z1	65.762	3	21.921	1.697	.168	.022
DuA_Z1	100.767	3	33.589	1.530	.208	.020
DuAW_Z1	16.224	3	5.408	0.848	.469	.011
DuAM_Z1	38.141	3	12.714	1.856	.138	.024

Insgesamt stützen diese Ergebnisse die Annahme, dass sich die Interventions- und Kontrollgruppen vor der Intervention nicht unterscheiden und hinsichtlich der hier untersuchten Variablen vergleichbar sind. Alle Kinder sind somit auf alle Gruppen bezüglich der erhobenen Personenmerkmale, der erfassten sprachlichen und kognitiven Fähigkeiten sowie des Vorwissens randomisiert verteilt. Damit sind die Voraussetzungen für weitere Analysen erfüllt.

13. Analyse der Pre-Post-Daten

Dieses Kapitel bildet den Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit. So werden hier die Ergebnisse vorgestellt, die im Rahmen der Intervention durch die Untersuchung der Auswirkungen der zwei kognitiv unterstützenden Lernangebote, die sich untereinander nur in der Auswahl der Beispiele unterscheiden, erzielt wurden. Die zentrale Frage dieser Arbeit ist, inwieweit die Kinder ihr prozessbezogenes Wissen über den naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinn aufbauen können und wie sich dieses am besten fördern lässt. Explizit wurde untersucht, wie sich die kognitive Unterstützung auswirkt und welche Rolle die Ähnlichkeit von Experimenten für den Erwerb dieses Wissens spielt.

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln die Entwicklung eines standardisierten Instruments, das die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie das Wissen über den Forschungszyklus in verschiedenen Kontexten erfasst, vorgestellt wurde, werden nun die Ergebnisse dargestellt, die mithilfe dieses Instruments ermittelt wurden.

Zunächst wird berichtet, inwiefern sich die zwei Interventionsgruppen IG1 und IG2 zu MZP2 von den Kontrollgruppen KG und BG unterscheiden (F1). Im Anschluss wird zudem der inhaltsbezogene Wissenszuwachs hinsichtlich der Gruppen untersucht und in Bezug auf die Forschungsfrage 1.1 Gruppenunterschiede analysiert. Infolgedessen werden die zwei Interventionsgruppen untereinander verglichen und geprüft, welche Auswirkung die (Un-)Ähnlichkeit der Experimente auf den Erwerb des prozessbezogenen Wissens hat (F2). Zur Beantwortung von F3 wird geprüft, inwiefern die Wirkung der Lernangebote (ähnliche bzw. unähnliche Beispiele) von den Voraussetzungen der Kinder (inhaltliches und prozessbezogenes Vorwissen, kognitive sowie sprachliche Fähigkeiten) abhängt.

13.1. Vergleich der Effekte zwischen den Interventions- und Kontrollgruppen

Gibt es in den Gruppen Veränderungen im prozessbezogenen Wissen über die zwei Messzeitpunkte hinweg?

Zunächst kann vorangestellt werden, dass es den Kindern aus den Interventionsgruppen (unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit) im Zeitraum der Testungen (Pre- und Posttestung) gelungen ist, prozessbezogenes Wissen aufzubauen bzw. das zu Beginn vorhandene Vorwissen zu erweitern. Dies lässt sich zum einen anhand der Mittelwerte (Tabelle 15) sowie an den Unterschieden im Wissenszuwachs ablesen, die statistisch signifikant sind (Tabelle 16). Der Überblick über die pro Gruppe erreichten Mittelwerte zu MZP2 weist auf deutliche Unterschiede im Wissenszuwachs zwischen den Gruppen hin. So erreicht die IG2 den höchsten Wert im Posttest vor der IG1, gefolgt von den beiden Kontrollgruppen.

Tabelle 15: Mittelwerte sowie Standardabweichungen des Prozesswissenstests zu beiden Messzeitpunkten.

	IG1		IG2		KG		BG	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
DuA_Z1	7.12	4.59	8.27	3.73	8.70	5.473	8.74	4.88
DuA_Z2	11.13	6.04	13.58	5.57	8.26	6.125	8.37	5.20

Zudem wurden t-Tests für verbundene (gepaarte) Stichproben für jede einzelne Gruppe berechnet, um den Mittelwertsunterschied zwischen den zwei Messpunkten innerhalb der Gruppen zu untersuchen (Zuwachs: DuA_Z2 – DuA_Z1). Auch bei einer entsprechenden Bonferroni-Korrektur (um eine Aufsummierung des Alpha Fehlers zu verhindern) bleiben diese Unterschiede signifikant. Bei den Kontrollgruppen KG und BG konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede im Prozesswissen zwischen dem Pre- sowie Posttest gefunden werden (Tabelle 16).

Tabelle 16: t-Tests für verbundene (gepaarte) Stichproben (AV = ZuwachsDuA).

Zuwachs (DuA_Z2 - DuA_Z1)	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
				Untere	Obere			
IG1	4.02	4.12	.53	2.95	5.08	7.56	59	.000
IG2	5.32	3.66	.47	4.37	6.26	11.26	59	.000
KG	-.44	3.57	.49	-1.42	.53	-.92	53	.364
BG	-.37	3.31	.44	-1.25	.51	-.84	56	.404

Gibt es hinsichtlich eines Wissenszuwachses im prozessbezogenen Wissen Unterschiede zwischen den vier Gruppen?

Um zu prüfen, ob die sich aus den deskriptiven Daten angedeuteten Gruppenunterschiede hinsichtlich des Wissenszuwachses vorliegen, wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung (RM-ANOVA) mit den Pre- sowie Posttestwerten des Prozesswissenstests als abhängige Variablen sowie der Gruppenzugehörigkeit als unabhängige Variable durchgeführt. Die Ergebnisse der RM-ANOVA zeigen einen signifikanten Haupteffekt für den Messzeitpunkt mit entsprechend hoher Effektstärke ($F(1, 227) = 77.19, p < .001, \eta^2 = .25$) (vgl. Anhang B 6). Dieser Zeiteffekt wird aber unabhängig von den Gruppen zusammengefasst. Dies bedeutet, dass sich die Ergebnisse der ersten Messung (insgesamt von allen Gruppen) signifikant vom zweiten Messzeitpunkt unterscheiden. Es gibt also Unterschiede zwischen MZP1 und MZP2 über die Gruppen hinweg und es zeigt sich, dass die Verläufe sehr unterschiedlich sind (auch ersichtlich an der Abbildung 9).

Zudem zeigt sich ein signifikanter Interaktionseffekt mit hoher Effektstärke ($p < .001$, $\eta^2 = .33$) zwischen den Gruppen und der Zeit (Zeitpunkt*Gruppe) (vgl. Anhang B 6). Die in den Verläufen deutlich zu erkennenden Unterschiede zum Pre- und Post-Messzeitpunkt zwischen den Gruppen sind in Abb. 9 dargestellt. Zu erkennen ist ein deutlicher Zuwachs in den Interventionsgruppen IG1 und IG2, aber nicht in den Kontrollgruppen KG und BG.

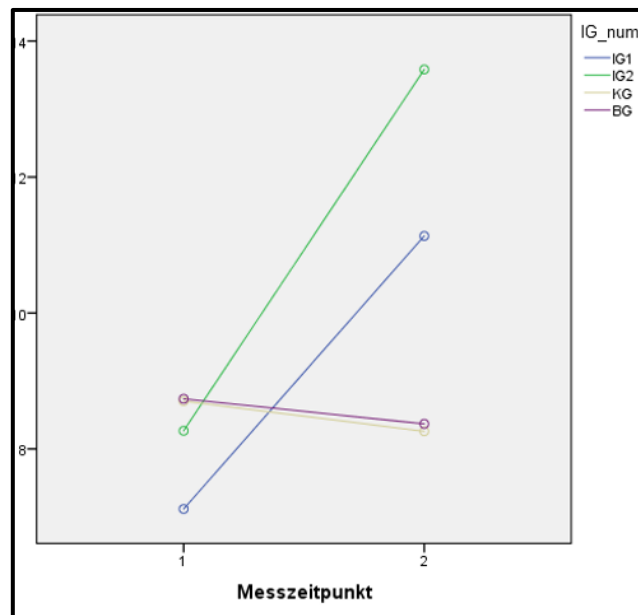


Abbildung 9: Mittelwerte des Prozesswissenstests zu beiden Messzeitpunkten.

Deshalb wurde zudem der einfache Haupteffekt des Zwischensubjektfaktors (Gruppenzugehörigkeit) überprüft (Tabelle 17). Dieser gibt unabhängig vom Zeitpunkt an, ob es Unterschiede zwischen den Gruppen gibt. Da im Vorwege bereits ausführlich erläutert wurde, dass keine statistisch signifikanten Gruppenunterschiede zum ersten Messzeitpunkt vorhanden sind, muss der Unterschied zwischen den vier Gruppen in ihrem Lernzuwachs so groß sein, dass sogar der Haupteffekt des Zwischensubjektfaktors – also die Gruppenzugehörigkeit (obwohl sich die Gruppen zu MZP1 statistisch nicht unterscheiden) – signifikant wurde ($p < .05$) (siehe Tabelle 17). Dies ist als mittlerer Effekt einzuschätzen ($\eta^2 = .04$).

Tabelle 17: RM-ANOVA: Tests der Zwischensubjekteffekte (AV = DuA).

Tests der Zwischensubjekteffekte						
Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	39634.479	1	39634.479	822.917	.000	.784
Gruppe	456.582	3	152.194	3.160	.025	.040
Fehler	10933.097	227	48.163			

Da das Hauptziel darin besteht, zu untersuchen, welche Gruppen sich tatsächlich voneinander unterscheiden, wurden Post-hoc-Tests mit der Bonferroni-Korrektur durchgeführt. In einer ANOVA mit Messwiederholung würden Post-hoc-Tests nur unabhängig vom Zeitpunkt zeigen, ob sich die Gruppen unterscheiden, da die Werte der Pre- und Posttests für die Berechnungen gemittelt werden $((Z1+Z2)/2)$. Deshalb wird hier der Zuwachs (die Differenz der Mittelwerte zwischen Pre- und Posttest-Ergebnissen) als abhängige Variable sowie die Gruppenzugehörigkeit als unabhängige Variable für die einfache Varianzanalyse verwendet. Die Ergebnisse zeigen, dass signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen mit entsprechend hoher Effektstärke vorhanden sind ($F(3,227) = 37.7, p < .001, \eta^2 = .33$) (vgl. Anhang B 7).

Der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Post-hoc-Tests der Mehrfachvergleiche (t-Tests für unabhängige Stichproben mit Bonferroni-Korrektur) hinsichtlich der Veränderungen des prozessbezogenen Wissens der Kinder zu entnehmen. Bei einem Vergleich jeweils einer Interventionsgruppe mit einer der Kontrollgruppen zeigt sich hypothesenkonform, dass signifikante Unterschiede zwischen den Interventionsgruppen und den Kontrollgruppen vorliegen (siehe Tabelle 18). So lassen sich signifikante Unterschiede ($p < .001$) im Zuwachs zwischen der IG1 und den Kontrollgruppen (4.46, 95%-CI [2.62, 6.30]; 4.39, 95%-CI [2.57, 6.20]) sowie der Interventionsgruppe 2 und den Kontrollgruppen (5.76, 95%-CI [3.92, 7.60]; 5.69, 95%-CI [3.87, 7.50]) identifizieren. Dabei zeigen sich sehr hohe Effektstärken, die anhand der einzelnen t-Tests berechnet wurden.

Tabelle 18: Post-hoc-Tests mit Bonferroni-Korrektur (AV = ZuwachsDuA).

Gruppe	Gruppe	Mittlere Differenz	Standardfehler	Sig.	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
	IG2	-1.30000	.67214	.326	-3.0890	.4890
IG1	KG	4.46111*	.69056	.000	2.6231	6.2991
	BG	4.38509*	.68093	.000	2.5728	6.1974
IG2	KG	5.76111*	.69056	.000	3.9231	7.5991
	BG	5.68509*	.68093	.000	3.8728	7.4974
KG	BG	-.07602	.69911	1.000	-1.9368	1.7847

*. Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0.05 signifikant.

Um die Forschungsfrage 1 zu beantworten, musste explizit der Unterschied zwischen den Interventionsgruppen und den Kontrollgruppen untersucht werden. Insgesamt können die Hypothesen H1a (kognitive Unterstützung hat einen positiven Effekt auf den Wissenszuwachs) und H1b (die Kontrollgruppen verzeichnen keinen Wissenszuwachs) als bestätigt angesehen werden. Beide Interventionsgruppen verzeichneten einen Wissenszuwachs in ihrem Prozesswissen über die zwei Messzeitpunkte hinweg. Die Kontrollgruppen hingegen verbesserten sich nicht signifikant.

Wie unterscheiden sich die zwei Interventionsgruppen IG1 und IG2 von den Kontrollgruppen KG und BG in ihrem Inhaltswissen (abhängige Variable)?

Um die Intervention im Hinblick auf das inhaltliche Wissen zu prüfen und somit Hinweise auf die Validität des Prozesswissenstests abzuleiten, wurden die Ergebnisse des Inhaltstests anhand einer ANOVA mit Bonferroni korrigierten Post-hoc-Tests analysiert (Tabelle 20). Die abhängige Variable ist der Wissenszuwachs im Inhaltstest ($IM_{Z2} - IM_{Z1}$). Da die drei Lernangebote in einen inhaltlichen Kontext zum Thema Magnetismus eingebettet sind, sollten die Kinder der Interventionsgruppen sowie der Kontrollgruppe KG, die alle an einem der Lernangebote teilgenommen haben, sich in ihrem Inhaltswissen verbessern. Angenommen wird dabei, dass das Lernangebot der Kontrollgruppe nur einen inhaltlichen Fokus setzt, da die Kinder nicht explizit in dem Erwerb prozessbezogenen Wissens unterstützt wurden, während die kognitiv unterstützenden Lernangebote der Interventionsgruppen sowohl das Prozess- als auch das Inhaltswissen fördern. Die Ergebnisse der Inhaltstests sind folgend dargestellt. Zunächst werden die deskriptiven Daten erläutert und anhand von t-Tests für verbundene (gepaarte) Stichproben berechnet, ob die Kinder innerhalb einer Gruppe durchschnittlich einen Lernzuwachs im Inhaltstest verzeichnen. Im Anschluss werden die Ergebnisse der ANOVA und somit die Gruppenunterschiede analysiert.

Tabelle 19: Mittelwerte des Inhaltstests zu MZP1 und MZP2.

	IG1		IG2		KG		BG	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
IM_Z1	6.67	3.38	8.12	3.09	7.15	4.24	7.21	3.64
IM_Z2	8.70	3.90	10.58	2.66	8.93	4.00	7.51	3.85

Die in der Tabelle 19 dargestellten Mittelwerte deuten auf einen Lernzuwachs der Interventionsgruppen sowie der Kontrollgruppe hin. Anhand von t-Tests kann zudem statistisch bestätigt werden, dass beide Interventionsgruppen sowie der Kontrollgruppe KG sich signifikant durch die Teilnahme an einem der Lernangebote in ihrem Inhaltswissen verbessert haben (IG1: $t(59) = 6.40$, $p < .001$; IG2: $t(59) = 7.60$, $p < .001$; KG: $t(53) = 4.72$, $p < .001$) (siehe Anhang B 8). Die Baselinegruppe verzeichnete erwartungskonform keinen Lernzuwachs ($t(56) = .95$, $p = .346$).

Um zu überprüfen, ob sich die Gruppen hinsichtlich ihres Lernzuwachses voneinander unterscheiden, wurden Post-hoc-Tests (mit Bonferroni-Korrektur) unter Verwendung einer ANOVA durchgeführt. Es zeigen sich jeweils für IG1, IG2 und IG signifikante Unterschiede zu der Baselinegruppe BG ($p \leq .001$). Die Interventionsgruppen und die Kontrollgruppe unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

Tabelle 20: Post-hoc-Tests mit Bonferroni-Korrektur hinsichtlich der Veränderungen im Inhaltstest.

Gruppe	Gruppe	Mittlere Differenz	Standardfehler	Signifikanz	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
IG1	IG2	-.4333	.46146	1.000	-1.6615	.7949
	KG	.2556	.47410	1.000	-1.0063	1.5174
	BG	1.7351*	.46749	.002	.4908	2.9793
IG2	KG	.6889	.47410	.886	-.5730	1.9507
	BG	2.1684*	.46749	.000	.9242	3.4127
KG	BG	1.4795*	.47997	.014	.2020	2.7570

Da sich sowohl die Interventionsgruppen als auch die Kontrollgruppe KG signifikant in ihrem Inhaltswissen verbessern, sich allerdings nicht voneinander in ihrem Wissenszuwachs unterscheiden, fördern alle drei Lernangebote das Inhaltswissen. Insgesamt kann somit die Hypothese H1.1 bestätigt werden. Aufgrund dieser Ergebnisse kann festgehalten werden, dass der Prozesswissenstest nur das Prozesswissen, der Inhaltstest wiederum nur das inhaltliche Wissen erfasst. Die Ergebnisse liefern einen weiteren Hinweis auf die Validität der beiden Tests.

13.2. Vergleich der Effekte zwischen den Interventionsgruppen

Unterscheiden sich die beiden Interventionsgruppen, deren Lernangebote in der (Un-)Ähnlichkeit der zu vergleichenden Experimente variieren (UV), in ihrem prozessbezogenen Wissen über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie über den Forschungszyklus (AV)?

In einem direkten Vergleich der beiden Interventionsgruppen IG1 und IG2 zeigt sich augenscheinlich der größere Wissenszuwachs der IG2 (unähnlich) hinsichtlich des Prozesswissens (siehe Abb. 10). Ersichtlich wird dies auch anhand der Differenz, die aus den beiden Mittelwerten berechnet wurde (IG1: $Zuwachs_{DuA_Z2-Z1} = 4.01$; IG2: $Zuwachs_{DuA_Z2-Z1} = 5.31$), und an dem im Folgenden dargestellten Diagramm (Abb. 10).

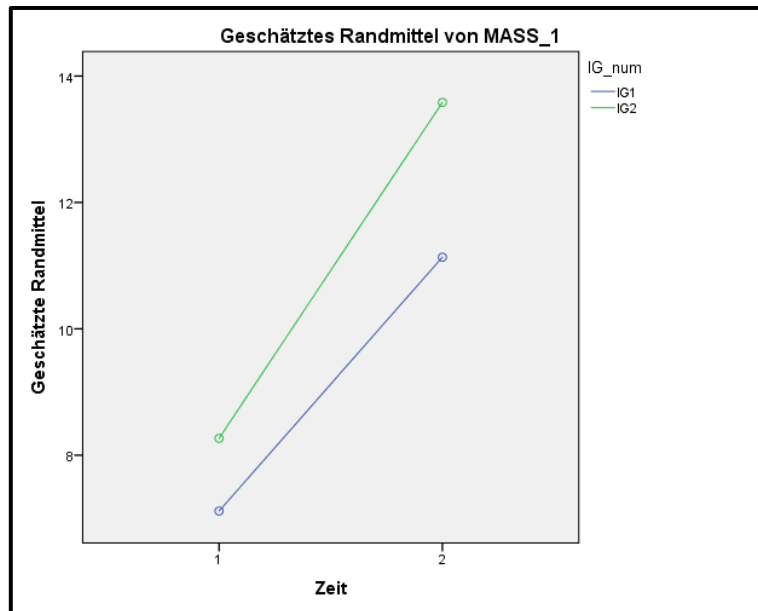


Abbildung 10: Vergleich des Prozesswissenstests der Interventionsgruppen zu beiden MZP.

Um aufzuklären, ob sich die beiden Interventionsgruppen auch statistisch signifikant in ihrem Wissenszuwachs voneinander unterscheiden, wurde ein t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt; hierbei war der Zuwachs (die Differenz der Mittelwerte zwischen Pre- und Posttest-Ergebnissen) die abhängige Variable. Die Ergebnisse zeigen allerdings, dass zwischen den Gruppen keine statistisch signifikanten Unterschiede vorliegen ($t(118) = -1.83, p = .070$) (siehe Anhang B 9). Eine zusätzliche Bonferroni-Korrektur ist demnach nicht notwendig.

Eine Analyse anhand einer RM-ANOVA deutet auf ähnliche Ergebnisse hin ($F(1,118) = 172.47, p = .070, \eta^2 = .03$) (siehe Anhang B 10). Die Analyse bestätigt, dass es einen signifikanten Haupteffekt der Zeit gibt, d. h. es gibt Unterschiede zwischen dem ersten und dem zweiten Messzeitpunkt über beide Gruppen hinweg ($p < .001, \eta^2 = .59$). Der Interaktionseffekt Zeit*Gruppe hingegen wird nicht signifikant, dies kann visuell auch anhand der ähnlichen Verläufe (ähnlicher Zuwachs) der beiden Geraden im Diagramm betrachtet werden (vgl. Abb. 10).

Bei einer Trennung der beiden Kontexte in die zwei Testteile des Prozesswissenstests zeigen sich deskriptive Unterschiede im artifiziellen Kontext (IG2: $M_{ZuwachsDuAW} = 2.70$, IG1: $M_{ZuwachsDuAW} = 1.93$), die aber lediglich marginal signifikant sind (DuAW: $t(118) = -1.67, p = .098$, zum Vergleich der Testteil im Kontext Magnetismus DuAM: $t(118) = -1.17, p = .245$) (siehe Anhang B 11).

13.3. Interaktion zwischen Vorwissen und Effekt der Ähnlichkeit

Die nachfolgenden Analysen beziehen sich auf eine Prüfung des Wissenserwerbs in den beiden Interventionsgruppen in Abhängigkeit vom prozessbezogenen sowie inhaltsbezogenen Vorwissen (zu MZP1), den kognitiven sowie sprachlichen Fähigkeiten. Anhand von Varianzanalysen mit Kontrollvariablen (ANCOVA) wird folgend geprüft, ob beispielsweise das Vorwissen einen Einfluss auf die Effizienz der zwei verschiedenen Lernangebote hat und damit auf das erworbene Prozesswissen zu MZP2 (AV). Da sich die beiden Interventionsgruppen in keiner der Kontrollvariablen unterscheiden (siehe Kapitel 12; Prüfung der Vergleichbarkeit), kann somit auf den Effekt der Gruppe geschlossen werden. Mit der Hypothese H3 wird die Vermutung aufgestellt, dass Kinder mit umfangreichem Vorwissen zu den Denk- und Arbeitsweisen sowie zu den naturwissenschaftlichen Inhalten und höheren kognitiven sowie sprachlichen Fähigkeiten eher von unähnlichen Beispielen profitieren, während für Kinder mit weniger ausgeprägten Voraussetzungen oberflächlich ähnliche Beispiele von Vorteil sind. Die folgende Tabelle liefert die Ergebnisse der ANCOVA mit dem prozessbezogenen Vorwissen (DuA_Z1) als Kontrollvariable.

Tabelle 21: ANCOVA (AV = DuA_Z2, KV = DuA_Z1).

Abhängige Variable: DuA_Z2

Quelle	Quadratsumme vom Typ I	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Korrigiertes Modell	2391.932 ^a	3	797.311	52.204	.000
Konstanter Term	18327.408	1	18327.408	1199.993	.000
DuA_Z1	2330.747	1	2330.747	152.606	.000
Gruppe	46.977	1	46.977	3.076	.082
Gruppe * DuA_Z1	14.208	1	14.208	.930	.337
Fehler	1771.659	116	15.273		
Gesamt	22491.000	120			
Korrigierte Gesamtvariation	4163.592	119			

a. R-Quadrat = .574 (korrigiertes R-Quadrat = .563)

Anhand der Ergebnisse der ANCOVA, welche den Einfluss des Vorwissens auf das Prozesswissen zeigen, kann festgestellt werden, dass die Gruppenzugehörigkeit nur einen marginal signifikanten Effekt ($p = .082$) zeigt. Die Interaktion Gruppe*DuA_Z1 wird nicht signifikant ($p = .337$), d. h. die Gruppenzugehörigkeit und das Vorwissen interagieren nicht. Das bedeutet, dass die Bearbeitung der (un-)ähnlichen Beispiele sich unabhängig vom Vorwissen gleich auf den Wissenserwerb auswirkt. In beiden Gruppen profitieren die Kinder also ähnlich von ihrem Vorwissen.

Identisch mit den Befunden zum prozessbezogenen Vorwissen gibt es hinsichtlich des inhaltlichen Vorwissens zum Thema Magnetismus (IM_Z1), der kognitiven und sprachlichen Fähigkeiten (CFT, PPVT) keine signifikante Interaktion mit der Gruppenzugehörigkeit, obwohl alle Kontrollvariablen einen direkten Einfluss auf die Entwicklung des Wissens haben. Die folgende Tabelle fasst die zentralen Ergebnisse der Varianzanalysen mit den verschiedenen Kontrollvariablen (inhaltliches Vorwissen IM_Z1, Sprachkenntnisse PPVT und kognitive Fähigkeiten CFT) zusammen (vgl. Anhang 12).

Tabelle 22: ANCOVA (AV = DuA_Z2, verschiedene KV).

Abhängige Variable: DuA_Z2

Quelle	Quadratsumme vom Typ I	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
IM_Z1	1458.233	1	1458.233	63.180	.000
Gruppe * IM_Z1	1.619	1	1.619	.070	.792
CFT	635.932	1	635.932	21.584	.000
Gruppe * CFT	2.597	1	2.597	.088	.767
PPVT	1489.686	1	1489.686	65.393	.000
Gruppe * PPVT	.035	1	.035	.002	.969

Entgegen der Hypothese H3, dass Kinder mit höher ausgeprägten sprachlichen und kognitiven Fähigkeiten mehr beim Vergleichen von unähnlichen Beispielen profitieren, ergeben sich insgesamt keine signifikanten Effekte.

14. Zusammenfassung

Im Hinblick auf die Forschungsfrage F1, inwieweit sich die Interventionsgruppen durch die Teilnahme an einem kognitiv unterstützenden Lernangebot in ihrem prozessbezogenen Wissen über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen und den Forschungszyklus von den Kontrollgruppen unterscheiden, wurde angenommen, dass sich beide Interventionsgruppen aufgrund der kognitiven Unterstützung positiv von den beiden Kontrollgruppen abheben (H1a) und diese wiederum keinen Lernzuwachs verzeichnen (H1b). Beide Hypothesen (H1a, H1b) können bestätigt werden: Kinder der Interventionsgruppen können über die beiden Messzeitpunkte hinweg einen größeren Wissenszuwachs in ihrem Prozesswissen verzeichnen als die Kinder der Kontroll- sowie Baselinegruppe. Diese verbessern sich nicht signifikant in ihrem Prozesswissen.

Durch den Vergleich der Gruppen hinsichtlich ihres Inhaltswissens konnte die Forschungsfrage F1.1 beantwortet werden. Anhand der Analysen konnte bestätigt werden, dass alle drei Lernangebote der Gruppen IG1, IG2 und KG das Inhaltswissen fördern und die Kinder der Interventionsgruppen zudem einen Lernzuwachs in ihrem Prozesswissen verzeichnen können (H1.1). Das spricht dafür, dass 1.) die Lernangebote (der IG1 und IG2) sowohl Inhalts-, als auch Prozesswissen fördern und 2.) der Prozesswissenstest wie vorgesehen nur das Prozesswissen erfasst.

In Bezug auf die Forschungsfrage F2, wie sich die Arbeit mit oberflächlich ähnlichen oder unähnlichen Beispielen auf die Entwicklung von Prozesswissen auswirkt, wurde aufgrund fehlender eindeutiger Erkenntnisse keine Hypothese aufgestellt. Anhand der Analysen wurde herausgefunden, dass bei den Kindern der IG2 (unähnlich) über die beiden Messzeitpunkte keine signifikant größeren Wissenszuwächse verzeichnet wurden als bei den Kindern der IG1 (ähnlich). Beide Gruppen haben einen vergleichbar starken Zuwachs erzielen können.

In Anlehnung an die zweite Forschungsfrage F2 wurde bei der dritten Forschungsfrage F3 untersucht, welche Zusammenhänge zwischen den Voraussetzungen der Kinder und den Lernangeboten bestehen. Dabei wurde angenommen, dass Kinder mit prozessbezogenem Vorwissen sowie zum Inhaltsbereich Magnetismus und höheren kognitiven sowie sprachlichen Fähigkeiten mehr vom Vergleichen unähnlicher Beispiele und Kinder mit gering ausgeprägten Voraussetzungen hingegen vermutlich besonders von oberflächlich ähnlichen Beispielen profitieren (H3). Diese Vermutungen können nicht bestätigt werden. Anhand der Analysen zeigt sich, dass allgemein zwar das Vorwissen sowie ausgeprägte Grundfähigkeiten beim Erwerb bzw. Ausbau prozessbezogenen Wissens helfen, die Auswahl der in dieser Studie verwendeten Beispiele im direkten Vergleich der beiden Lernangebote allerdings keinen Einfluss hat. Demnach kann die Nullhypothese, dass die Leistungsstärke bzw. -schwäche nicht mit einem höheren Lernzuwachs einhergehen, wenn mit unähnlichen bzw. ähnlichen Beispiele gearbeitet wird, bestätigt werden.

Diskussion

Die Förderung des Wissens über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie über den Forschungszyklus ist ein wichtiger Bestandteil und zentrales Ziel der naturwissenschaftlichen Grundbildung. Um dieses Wissen zu fördern, wurden im Rahmen der Intervention zwei verschiedene Lernangebote entwickelt und miteinander verglichen, die sich nur in der Auswahl der zu bearbeitenden (un-)ähnlichen Beispiele unterschieden. Die Wirkung der Lernangebote auf den Wissenserwerb wurde durch ein eigens für diese Studie entwickelten Test erfasst. Im Gegensatz zu früheren Studien zur Erfassung prozessbezogenen Wissens wurde in der hier vorgestellten Arbeit ein breites Feld von Denk- und Arbeitsweisen sowie das Wissen über den gesamten Forschungsprozess untersucht, und nicht nur auf einzelne Facetten der Denk- und Arbeitsweisen fokussiert. Grundlegendes Ziel dieser Arbeit war es, empirische Erkenntnisse über den Einfluss der zwei naturwissenschaftlichen Lernangebote auf den frühkindlichen Wissenszuwachs im Sinne von *Scientific Literacy* zu liefern. Vor diesem Hintergrund stellten sich die leitenden Forschungsfragen: F1) Wie unterscheiden sich die Interventionsgruppen nach der Teilnahme an der Intervention von den Kontrollgruppen in ihrem Prozesswissen?, F1.1) Wie unterscheiden sich die zwei Interventionsgruppen IG1 und IG2 von den Kontrollgruppen KG und BG in ihrem Inhaltswissen?, F2) Unterscheiden sich die beiden Interventionsgruppen nach der Teilnahme an der Intervention in ihrem Prozesswissen voneinander?, F3) Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den Voraussetzungen der Kinder und den Lernangeboten?

Im Rahmen der Diskussion werden zunächst die zentralen Ergebnisse der Analysen hinsichtlich der Ziele dieser Arbeit zusammengefasst (Kapitel 15), interpretiert sowie in den aktuellen Forschungsstand (Kapitel 16) eingeordnet. Neben der Einordnung der erzielten Ergebnisse ist es notwendig, anhand der Forschungsfragen zu beurteilen, inwieweit die Ziele der Arbeit erreicht worden sind und wie die Ergebnisse interpretiert werden können. Darauf folgend endet dieses Kapitel mit der Bedeutung der Ergebnisse für die Wissenschaft und die Praxis (Kapitel 17). Die Beschreibung von Limitationen sowie der finale Ausblick auf weiterführende Forschung runden diese Arbeit ab.

15. Zusammenfassung der Ergebnisse

Wie bereits erwähnt, gibt es nur wenige empirische Erkenntnisse über die Entwicklung des naturwissenschaftlichen, prozessbezogenen Wissens von Vorschulkindern hinsichtlich des Forschungszyklus. Es liegen nur Erkenntnisse über einzelne Aspekte der frühen naturwissenschaftlichen Grundbildung vor, die einzelne Denk- und Arbeitsweisen erfassen und nicht das Wissen über den gesamten Prozess des Forschens (Klahr, 2000; Patrick et al., 2009; Kuhn, 2010). Aufgrund dieser Forschungslücke wurde in dieser Arbeit als erstes Teilziel die Entwicklung eines Testinstruments formuliert, das es ermöglichen sollte, das prozessbezogene Wissen über den Zusammenhang der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie über den kumulativen Prozess des Forschens objektiv, reliabel und valide zu erfassen und zusätzlich die Auswirkungen der Variation der oberflächlichen (Un-)Ähnlichkeit in den Interventionen zu ermitteln (Ziel 1). Aufbauend auf theoretischen und forschungsbezogenen Annahmen zum Nachweis dieses prozessbezogenen Wissens wurde sich bei der Operationalisierung auf die folgenden Facetten der Denk- und Arbeitsweisen fokussiert: Fragen / Vermuten / Begründen, Beobachten, Experimentieren, Interpretieren sowie der kumulative Gedanke des Forschungszyklus. Da Denk- und Arbeitsweisen aber nicht durch ein gebundenes, schriftliches Fragenformat erfasst werden können, da sie selbständiges Handeln erfordern, mussten Operatoren formuliert werden, um das zu erwerbende Wissen im Test abbilden zu können (Näheres in Kapitel 8.2, Tabelle 7). Diese Formulierungen ließen sich einfach, ökonomisch und objektiv prüfen. Auf diese Weise sollte das Prozesswissen möglichst breit abgedeckt werden. Zielsetzung der Testentwicklung war es, das allgemeine Prozesswissen zu erfassen.

Auf der Grundlage der vorgestellten Ergebnisse zur Qualität des Testinstruments sowie anhand der beschriebenen Ergebnisse der Analysen ist ersichtlich, dass die altersangemessene Erfassung des Prozesswissens geglückt und die Operationalisierung erfolgreich war. Somit kann festgestellt werden, dass es gelungen ist, ein zuverlässiges Testinstrument zu entwickeln, welches es ermöglicht, die Forschungsfragen dieser Arbeit zu untersuchen und neue Erkenntnisse über den Aufbau dieses prozessbezogenen Wissens zu liefern. Infolgedessen kann angenommen werden, dass der Vergleich der an den beiden Messpunkten erzielten Ergebnisse auch Aussagen über Wissensveränderungen erlaubt.

Damit die Kinder jedoch erfolgreich dieses Wissen erwerben konnten, war das zweite Ziel dieser Arbeit, das naturwissenschaftliche, prozessbezogene Wissen von Vorschulkindern durch geeignete Lernangebote zu fördern und herauszufinden, unter welchen Bedingungen dies am besten gelingt (Ziel 2). In beiden Angeboten der Interventionsgruppen wurden die Kinder durch kognitive Unterstützungsmaßnahmen begleitet. Sie unterschieden sich lediglich in der Auswahl der zu bearbeitenden (un-)ähnlichen Beispiele, um zu untersuchen, wie sich die Auswahl auf den Wissenszuwachs auswirkt. Auch hier zeigen die Ergebnisse der Analysen (Kapitel 13), dass es gelungen ist, Lernangebote zu entwickeln, welche in der Kita umsetzbar sind, die es Vorschulkindern ermöglichen, prozessbezogenes Wissen aufzubauen oder zu erweitern.

Die Erreichung dieses Ziels wird durch die leitenden Forschungsfragen weiter präzisiert. Zunächst wurde untersucht, ob sich die Kinder in den Interventionsgruppen durch die Teilnahme an einer der beiden kognitiv unterstützenden Lernangeboten in ihrem Prozesswissen von den Kindern in den Kontrollgruppen unterscheiden (F1). Den Ergebnissen nach gelang es den Kindern aus der Interventionsgruppe, ihr Prozesswissen im Vergleich zu den Kontrollgruppen zu verbessern (Kapitel 13); beide Kontrollgruppen (KG und BG) haben ihr Prozesswissen hypothesenkonform nicht verbessert. Das deutet darauf hin, dass es unter unterschiedlichen Praxisbedingungen (beispielsweise unterschiedliche Kitas sowie Gruppengrößen und Zusammensetzungen) möglich war, Lernangebote zu entwickeln, die das Prozesswissen von Vorschulkindern steigern. Um statistisch zusätzlich zu bestätigen, dass durch das Testinstrument nur das Prozess- und nicht auch das Inhaltswissen erfasst wurden, wurden die Ergebnisse des Inhaltstests analysiert. Es wurde demnach der Frage nachgegangen, ob sich die zwei Interventionsgruppen IG1 und IG2 nach der Teilnahme an der Intervention von den Kontrollgruppen KG und BG in ihrem Inhaltswissen unterscheiden (F1.1). So zeigt sich hinsichtlich des Wissens über Magnetismus, dass neben den Interventionsgruppen auch die Kontrollgruppe KG einen Lernzuwachs verzeichnet hat. Das bestätigt die Annahme, dass der Prozesswissenstest vor allem das Prozesswissen untersuchen konnte. Da die beiden Interventionsgruppen sowohl ihr inhalts- sowie prozessbezogenes Wissen erweitern konnten, die Kinder der Kontrollgruppe aber lediglich einen Zuwachs im Inhaltswissen verzeichneten, spricht das dafür, dass der Prozesswissenstest tatsächlich auch nur dieses Prozesswissen erfasst.

Darüber hinaus wurde die Wirksamkeit der beiden unterschiedlichen Lernangebote, die sich aus der Variation der Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit der zu vergleichenden Beispiele ergibt, untersucht und dabei überprüft, ob und inwieweit sich die beiden Interventionsgruppen in ihrem Lernzuwachs unterscheiden (F2). Die Ergebnisse der Analysen zeigen, dass es keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Interventionsgruppen IG1 und IG2 hinsichtlich eines Lernzuwachses gibt, obwohl die deskriptiven Ergebnisse zunächst darauf hinwiesen.

Zur Beantwortung der dritten Forschungsfrage (F3) wurde untersucht, welche Bedeutung die individuellen Voraussetzungen der Kinder (inhaltliches und prozessbezogenes Vorwissen, kognitive und sprachliche Fähigkeiten) für den Wissenszuwachs haben. Auf Grundlage der in Kapitel 4.3 berichteten Befunde gelingt es zwar, die Auswirkungen der Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit von Beispielen zu bestimmen, nicht aber – entgegen der Hypothese (H3) – die unterschiedliche Effektivität zu bestätigen. So haben Vorwissen sowie kognitive und sprachliche Fähigkeiten zwar Einfluss auf den Erwerb dieses Wissens, allerdings konnte – entgegen der Hypothese (H3) – nicht bestätigt werden, dass die Teilnahme an Lernangeboten, in denen unähnliche Beispiele verglichen wurden, bei Kindern mit ausgeprägtem Vorwissen oder besser ausgebildeten Grundfähigkeiten wirksamer für den Wissenserwerb ist. Und im Gegenzug profitierten Kinder mit weniger ausgeprägtem Vorwissen oder weniger entwickelten Grundfähigkeiten von keinem der beiden Lernangebote mehr oder weniger.

Im nächsten Kapitel werden nun die Ergebnisse dieser Arbeit analysiert und in den Stand der Forschung eingeordnet. Darüber hinaus wird die Bedeutung für die Praxis in der Kita sowie der Wissenschaft näher erläutert.

16. Analyse und Einordnung der Ergebnisse in den Forschungsstand

Die vorliegende Arbeit greift auf mehrere theoretische und empirische Ansätze zurück, auf denen die entwickelten Testinstrumente sowie Lernangebote gründen. Wie in Kapitel 4 dargestellt, liegt die Qualität von Lernangeboten im Elementarbereich im Fokus dieser Arbeit. Basierend auf den Forschungsbefunden wurde mit der Intervention das Ziel verfolgt, den Erwerb prozessbezogenen Wissens durch ausgewählte Unterstützungsmaßnahmen zu fördern, indem das Vergleichen von (un-)ähnlichen Beispielen fokussiert wurde.

Unabhängig von bestimmten Forschungsfragen und Hypothesen ist anzumerken, dass die beobachteten Einflüsse der Lernangebote nur teilweise mit den aufgestellten Hypothesen übereinstimmen. Zwar konnten die Interventionsgruppen im Gegensatz zu den beiden Kontrollgruppen ihr Prozesswissen entsprechend der Hypothesen (H1a, H1b) erweitern, jedoch gab es in dieser Hinsicht keine Unterschiede zwischen den beiden Interventionsgruppen (H1.1). Im Folgenden werden die Ergebnisse der Forschungsfragen der Reihenfolge nach analysiert und in den Forschungsstand eingeordnet.

F1: Wie unterscheiden sich die zwei Interventionsgruppen IG1 und IG2 durch ihre Teilnahme an einem kognitiv unterstützenden Lernangebot (unabhängige Variable) von den Kontrollgruppen KG und BG in ihrem prozessbezogenen Wissen (abhängige Variable)?

Zunächst ist aus der Forschung bekannt, dass die Entwicklung von naturwissenschaftlichem, prozessbezogenem Wissen bereits im Vorschulalter beginnt, da Kinder bereits früh in der Lage sind, prozessbezogenes Wissen zu erwerben und anzuwenden (z. B. Sodian, 2005; siehe Kapitel 3). So zeigen einige Forschungsbefunde, dass Kinder in altersgerechten Lernangeboten mit entsprechender kognitiver Unterstützung ihre erfahrungsbasierten Vorstellungen zu anschlussfähigen Vorstellungen weiterentwickeln und prozessbezogenes Wissen erwerben und anwenden konnten (z. B. Gopnik & Schulz, 2007; Carey, 2009; Fthenakis, 2009). Anhand der durch diese Arbeit erhaltenen Ergebnisse (siehe Kapitel 13) ist dies durchaus zu bestätigen.

Wie zu erwarten war, haben sich die Kinder der Interventionsgruppen durch die Teilnahme an einem kognitiv unterstützendem Lernangebot im Gegensatz zu den Kontrollgruppen (KG und BG) in ihrem Prozesswissen verbessert (H1a, H1b). Unabhängig von der Art der Intervention konnten beide Gruppen (IG1, und IG2) einen signifikanten Lernzuwachs verzeichnen. Diese Ergebnisse bestätigen die bereits vorhandenen empirischen Befunde, dass das explizite Anregen von Vergleichsprozessen zwischen mehreren Beispielen Kinder unterstützt, unabhängig vom Kontext Wissen aufzubauen und auf dieses flexibel zuzugreifen (Spiro et al., 1991; Hamre & Pianta, 2005; Hardy et al., 2006; Howes et al., 2008; Klieme et al., 2006; Dejonckheere et al., 2009; Baumert et al., 2010; Kunter et al., 2013; Fauth et al., 2014).

Die Kinder der Kontrollgruppe KG haben zwar dieselben Experimente zum Thema Magnetismus durchgeführt wie die IG1, wurden allerdings nicht explizit durch Instruktion und weitere kognitiv unterstützende Maßnahmen aufgefordert, Vergleiche zwischen den Experimenten herzustellen. Die Wahrscheinlichkeit eines Entdeckens prozessbezogener Konzepte bzw. des dahinter liegenden Forschungszyklus wurde demnach reduziert.

Wie vor allem aus der entwicklungspsychologischen Forschung bekannt ist, hängt die Entwicklung von Wissen von den individuellen Voraussetzungen des Kindes (kognitive sowie sprachliche Fähigkeiten, Vorwissen) sowie von verschiedenen Umweltfaktoren ab (NICHD²¹ ECCRN²², 2002 & 2005; Gentner & Goldin-Meadow, 2003; Bronfenbrenner & Morris, 2006; Burger, 2010; Anders, 2013; Weinert & Ebert, 2013; Quinn, 2015). In dieser Arbeit wurden dabei vor allem bereichsspezifische Merkmale wie anregende und kognitiv unterstützende Interaktionen (Kuger & Kluczniok, 2008) fokussiert. In den gut strukturierten Lernangeboten sowie durch die kognitiven Unterstützungsmaßnahmen haben sich die Kinder aktiv – durch praktische Tätigkeiten – und verbal im Sinne von *Sustained Shared Thinking* mit den Beispielen auseinandergesetzt und ihr Wissen erweitert. Zu diesen Unterstützungsmaßnahmen, die alle Anwendung in den beiden Lernangeboten der Interventionsgruppen fanden, zählen die Aktivierung von Vorwissen, das Stellen offener Fragen, die zum Nachdenken anregen, das Einfordern von Begründungen, die Förderung gemeinsamer Denkprozesse durch das Vergleichen verschiedener Vorstellungen, Unterstützen beim Formulieren, das Hervorheben und Zusammenfassen relevanter Aussagen, die Anregung von kognitiven Konflikten, die Reflexion der Ergebnisse, die Anregung von Transferüberlegungen sowie die Veranschaulichung durch Piktogramme (vgl. Chi et al., 1994; Hardy et al., 2006; Leuchter & Saalbach, 2014; Leuchter, 2017; Steffensky, 2017). Diese verbalen sowie visuellen Unterstützungsmaßnahmen spielen auch für die Gestaltung von Lernangeboten im Kindergarten eine zentrale Rolle (Appleton, 2008). Aufgrund der bisherigen Erkenntnisse konnte davon ausgegangen werden, dass kognitiv anregende Lernangebote durch Unterstützungsmaßnahmen sowie durch geeignete Strukturierung eine entscheidende Rolle spielen. Diese Arbeit liefert dafür zusätzliche Evidenz.

Damit diese verschiedenen Unterstützungsmaßnahmen auch zum Tragen gekommen sind, bedurfte es mehrerer Beispiele, um Vergleiche zwischen Beispielen anzuregen, in denen das gleiche zugrunde liegende Prinzip zu beobachten war. In Kapitel 4.3 wurde aufgezeigt, dass das Arbeiten mit mehreren Beispielen positive Effekte auf das Lernen der Kinder haben kann (Gentner et al., 2003 & 2004; Jonassen, 2011; Lohrmann et al., 2014) und die Auswahl der Beispiele bei der Gestaltung kognitiv anregender Lernangebote von Bedeutung ist. Aus der Grundschuldidaktik ist bekannt, dass das Bearbeiten mehrerer Beispiele nacheinander hilfreich ist, um das gleiche Phänomen in unterschiedlichen Kontexten oder den gleichen Vorgang in einer anderen Situation wiederzuentdecken (Spreckelsen, 1997).

²¹ National Institute of Child Health and Human Development.

²² Early Child Care Research Network.

Wenn den Kindern zudem die Kontexte oder Beispiele vertraut sind und sie beim Vergleichen unterstützt wurden, konnten sie den Transfer besser auf neue Situationen bilden (Brown, 1989). Die Befunde der vorliegenden Arbeit stützen durch weitere empirische Evidenz, dass das Arbeiten und Vergleichen von mehreren Beispielen in Kombination mit den eingesetzten Unterstützungsmaßnahmen hilft, Wissen aufzubauen oder zu erweitern und dieses auf weitere Kontexte zu übertragen. So gelang es den Kindern der Interventionsgruppen ihr Prozesswissen zum zweiten Messzeitpunkt zu erweitern und auf den artifiziellen Kontext, welcher in der Intervention nicht vorkam, zu übertragen. Hinsichtlich des Arbeitens mit Beispielen und dem Anregen zum Vergleichen durch verschiedene Unterstützungsmaßnahmen kann die Wirksamkeit der didaktisch aufbereiteten Lernangebote nachgewiesen werden. Dies ist bedeutend, weil Forschungsergebnisse (s. Kapitel 4.3) die Wirksamkeit vor allem für andere Bildungsstufen sowie andere Domänen nachgewiesen haben. Diese Arbeit ergänzt und erweitert damit bisherige Befunde und verdeutlicht die Wichtigkeit der expliziten Thematisierung der Denk- und Arbeitsweisen (White & Frederiksen, 1998).

Damit leisten die in Kapitel 13 dargestellten Ergebnisse einen wichtigen Beitrag zur Erweiterung der Verallgemeinerbarkeit bestehender Erkenntnisse über die Wirkung kognitiv unterstützender Maßnahmen sowie der Effekte von Vergleichsprozessen im Vorschulalter.

F1.1: Wie unterscheiden sich die zwei Interventionsgruppen IG1 und IG2 von den Kontrollgruppen KG und BG in ihrem Inhaltswissen (abhängige Variable)?

In Bezug auf die Forschungsfrage 1.1, ob sich die Interventionsgruppen sowie die Kontrollgruppe KG durch ihre Teilnahme an einem Lernangebot zum inhaltlichen Themenfeld Magnetismus von der Baselinegruppe in ihrem Inhaltswissen unterscheiden, kann festgehalten werden, dass sich sowohl die Interventionsgruppen als auch die Kontrollgruppe KG im Gegensatz zur Baselinegruppe signifikant in ihrem Inhaltswissen verbessert haben. Das spricht dafür, dass die Intervention neben dem Prozesswissen auch das Inhaltswissen zum Thema Magnetismus fördert. Die Baselinegruppe, die nicht an der Intervention teilgenommen hat, verzeichnet weder im Prozess- noch im Inhaltswissen einen Lernzuwachs. Da sich wiederum die Interventionsgruppen von der Kontrollgruppe in ihrem Lernzuwachs im Prozesswissen unterscheiden, bestätigt dies, dass die Intervention zudem das Prozesswissen fördert, welches wiederum durch den entwickelten Test erfasst werden kann. Würde dieser Test neben dem Prozesswissen auch das Inhaltswissen in gleichem Maße erfassen, hätte sich die Kontrollgruppe nicht von den Interventionsgruppen hinsichtlich des Prozesswissens unterschieden. Auch wenn der Prozesswissenstest in den artifiziellen Kontext und den inhaltsbezogenen Kontext unterteilt wird, unterscheidet sich die Kontrollgruppe auch im inhaltsbezogenen Magnetismus-Kontext nicht von den Interventionsgruppen, sodass beide Teile unabhängig vom Kontext das Prozesswissen gleichermaßen erfassen können. Zu erwähnen ist an dieser Stelle auch der nicht vorhandene Wissenszuwachs im Prozesswissen innerhalb der Baselinegruppe. Es ist somit kein Effekt durch die wiederholte Bearbeitung desselben Tests entstanden und der Zuwachs im Prozesswissen ist durch die Teilnahme an den Interventionen zu erklären.

F2: Unterscheiden sich die beiden Interventionsgruppen, deren Lernangebote in der (Un-)Ähnlichkeit der zu vergleichenden Experimente variieren (unabhängige Variable), in ihrem prozessbezogenen Wissen (abhängige Variable)?

Kriterien, nach denen die Beispiele ausgewählt werden sollten, um den Lernprozess bestmöglich zu fördern, sind in der Forschung – zumindest aus dem Elementarbereich sowie den Naturwissenschaften – kaum zu finden (Rittle-Johnson & Star, 2009). Aus den wenigen Studien geht hervor, dass es hinsichtlich der Auswahlkriterien zwei Positionen gibt und die in der Literatur gefundenen Ergebnisse mehrdeutig in Bezug auf die Auswahl der Beispiele sind. So gibt es Studien, die belegen, dass es Kindern leichter fällt, die Tiefenstruktur anhand oberflächlich unähnlicher Beispiele zu erkennen, da das Weglassen der gemeinsamen Oberflächenmerkmale die Aufmerksamkeit auf die Tiefenstruktur lenkt (Paas & van Merriënboer, 1994; Quilici & Mayer, 1996; Kurtz et al., 2001; Bransford et al., 2000; Guo et al., 2012).

Andere Studien zeigen jedoch, dass Kinder ihre Aufmerksamkeit eher auf die Oberflächenstruktur der Beispiele richten, da sie mit der Tiefenstruktur noch nicht vertraut sind. Die Struktur der oberflächlich ähnlichen Beispiele hilft dabei, die Analogien zu erkennen und Vergleiche zwischen den Beispielen durchzuführen (Mandrin & Preckel, 2009; Haryu et al., 2011). Insgesamt deuten die Forschungsbefunde darauf hin, dass sich Kinder mit weniger Vorwissen (oder weniger ausgeprägten individuellen Voraussetzungen) eher auf die Oberflächenmerkmale fokussieren, wohingegen mit entsprechendem Vorwissen der Blick vermehrt auf die Tiefenstruktur der Beispiele gelenkt wird. Jedoch können Kinder ohne ausgeprägtes Vorwissen durch gezielte (kognitive) Unterstützung die Tiefenstruktur der Beispiele erkennen und ein flexibles Wissen aufbauen (Kurtz et al.; 2001). Allerdings beziehen sich die bisherigen Studien aus dem Elementarbereich vor allem auf den Spracherwerb oder die Mathematik, da hier bereits gut untersucht ist, welche spezifischen Vorläuferfähigkeiten für die spätere Leistungsentwicklung bedeutsam sind. Studien aus der Naturwissenschaftsdidaktik stammen hingegen vor allem aus dem Grundschul- sowie Sekundarbereich oder wurden sogar mit Studierenden durchgeführt, da im Vergleich zur Mathematik und zum Spracherwerb die Bedeutung von grundlegendem Wissen und Vorläuferfähigkeiten für die Naturwissenschaften bislang kaum untersucht wurden (Steffensky, 2017). Darüber hinaus ist zu beachten, dass ein Vergleich in (Schrift-)Sprache oder mathematischen Gesetzen oder gar (naturwissenschaftlichen) Funktionsprinzipien nicht direkt mit der Struktur des Forschens verglichen werden kann.

Diese Arbeit gibt Aufschluss über die Wirksamkeit der Lernangebote hinsichtlich der Variation der Beispiele – im Elementarbereich sowie der Naturwissenschaftsdidaktik. Verglichen wurden Lernangebote, die sich durch den Einsatz kognitiver Unterstützungsmaßnahmen auszeichnen und sich nur in der Auswahl (un-)ähnlicher Beispiele unterscheiden. Vermutet wurde, dass die IG2 sich mehr in ihrem Prozesswissen verbessert als die IG1, da sie zwei oberflächlich unähnliche Experimente durchführt, anhand derer Vergleiche gezogen werden.

Dem Forschungsstand zufolge setzen sich die Kinder beim Arbeiten mit unähnlichen Beispielen intensiver mit der Tiefenstruktur der Beispiele auseinander, weshalb sie mehr Wissen aufbauen können als Kinder, die mit ähnlichen Beispielen arbeiten (z. B. Lohrmann, 2014). Die gezielte Variation der Beispiele wurde im Elementarbereich in dieser Form noch nicht untersucht. Den Ergebnissen zur Beantwortung der Forschungsfrage F2 nach liegen keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Interventionsgruppen hinsichtlich ihres Wissens über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie über den Forschungszyklus vor. Die Auswahl der (un-)ähnlichen Beispiele scheint im direkten Vergleich der beiden Interventionsgruppen keinen Effekt auf den Wissenszuwachs zu haben. Kinder, die mit unähnlichen Beispielen gearbeitet haben, können keinen größeren Zuwachs an prozessbezogenem Wissen aufweisen als Kinder, die mit ähnlichen Beispielen gearbeitet haben. Beide Interventionsgruppen zeigen (gleich) große Lernzuwächse. Es erscheint durchaus möglich, dass die Qualität der Umsetzung der Lernangebote (der Interventionsgruppen), denen in beiden Gruppen die gleiche Beachtung geschenkt wurde, größere Effekte ausgeglichen hat. Beide Interventionsgruppen wurden gleichermaßen auf mehreren Ebenen mit Impulsen sowie kognitiven Strukturierungsmaßnahmen unterstützt (vgl. Kapitel 4.2 und 7), um ein Wissen über den Forschungszyklus aufzubauen. Sowohl die inhaltliche Strukturierung, die in beiden Gruppen gleichermaßen vorhanden war, als auch die Maßnahmen während der Intervention können als so lernförderlich bewertet werden, dass es den Kindern beider Interventionsgruppen – trotz Vergleichens ähnlicher bzw. unähnlicher Beispiele – gleich gut gelang, prozessbezogenes Wissen aufzubauen bzw. ihr vorhandenes Wissen zu erweitern (vgl. Hardy, et al. 2006). Es kann daher vermutet werden, dass genau diese Qualität der Lernangebote dazu beigetragen hat, dass kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Interventionsgruppen entstand.

Eine weitere Erklärung dafür, dass zwischen den beiden Interventionsgruppen kein Unterschied festgestellt werden konnte, wäre, dass die Interventionszeit zu kurz bzw. nicht intensiv genug war. Die Kinder konnten sich möglicherweise während der kurzen Interventionszeit nicht intensiv genug mit den beiden Beispielen auseinandersetzen, was zur Folge hätte, dass die Variation der oberflächlichen (Un-)Ähnlichkeit der Beispiele nicht wirksam werden konnte. Weitere Beispiele (mehr als zwei) oder weitere Lernangebote in den folgenden Tagen oder Wochen hätten gegebenenfalls geholfen, einen Unterschied zwischen den Gruppen ausfindig zu machen. Zum anderen ist es denkbar, dass gerade die intensive Auseinandersetzung mit den Schritten des Forschungszyklus gleich zu Beginn der Intervention durch die Einführung (auf der Basis einer Spurensuche) und anschließend anhand der verschiedenen Beispiele bereits dazu führt, dass es den Kindern aus beiden Interventionsgruppen gleich gut gelungen ist, sich intensiv mit der Thematik sowie den Denk- und Arbeitsweisen auseinanderzusetzen und so unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit einen nahezu gleichen Wissenszuwachs zu verzeichnen. Dies kann in der vorliegenden Arbeit jedoch nicht geklärt werden. Zukünftige Studien könnten hierüber Aufschluss geben.

Diese Arbeit liefert daher erste Hinweise dafür, dass bei gut strukturierten und kognitiv unterstützenden Lernangeboten die Auswahl der (un-)ähnlichen Beispiele von geringerer Bedeutung ist.

F3: Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den Voraussetzungen der Kinder (inhaltliches und prozessbezogenes Vorwissen, kognitive sowie sprachliche Fähigkeiten) und dem Lernangebot (ähnliche bzw. unähnliche Beispiele)?

Hinsichtlich der individuellen Voraussetzungen haben vor allem die sprachlichen Fähigkeiten einen Einfluss auf den Aufbau von naturwissenschaftlichem Wissen, da Sprache erforderlich ist, um Fragen zu stellen, Vermutungen zu treffen oder eine Beobachtung zu beschreiben (Gentner & Goldin-Meadow, 2003). Allerdings wurden die Kinder der Interventionsgruppen beim Kommunizieren sehr stark durch verbale sowie visuelle Maßnahmen unterstützt, sodass vermutlich auch ein bildungssprachliches Vokabular aufgebaut werden konnte. In Bezug auf das Vorwissen ist bekannt, dass dieses den Lernerfolg in hohem Maße erklären kann und entscheidend für den Aufbau neuen Wissens ist (Weinert & Helmke, 1997; Stern, 2004).

Bezüglich der Interaktionseffekte zwischen den individuellen Voraussetzungen der Kinder und den Lernangeboten (F3) konnte festgestellt werden, dass die Befunde der Hypothese H3 widersprechen. Es wurde vermutet, dass Kinder mit stärker ausgeprägten Voraussetzungen (größeres Vorwissen sowie bessere sprachliche und kognitive Fähigkeiten) mehr von unähnlichen Beispielen, während Kinder mit geringerem Vorwissen hingegen besonders von oberflächlich ähnlichen Beispielen profitieren.

Diese Arbeit bestätigt zwar, dass individuelle Voraussetzungen einen Einfluss auf den Wissenszuwachs haben und ausschlaggebend für die Höhe des Wissenszuwachses sind. Allerdings zeigen die beiden qualitativ hochwertigen Interventionen, dass alle Kinder – unabhängig von ihren Voraussetzungen – durch geeignete Unterstützungsmaßnahmen einen Lernzuwachs verzeichnen können. Dementsprechend zeigten die Ergebnisse der Analysen keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen, was darauf hindeutet, dass zur Förderung der Wissensentwicklung durch den Vergleich unähnlicher Beispiele nicht unbedingt mehr Vorwissen erforderlich ist als zur Förderung der Wissensentwicklung durch ähnliche Beispiele. Die Kinder profitieren demnach gleichbedeutend von oberflächlich ähnlichen sowie von oberflächlich unähnlichen Beispielen hinsichtlich ihres Lernzuwachses. Kinder mit weniger Vorwissen oder weniger ausgeprägten Grundfähigkeiten lernen also – unabhängig davon an welcher Intervention sie teilnahmen (IG1 oder IG2) – gleich viel dazu. Gleiches gilt für Kinder mit mehr Vorwissen oder stärker ausgeprägten sprachlichen sowie kognitiven Fähigkeiten. Den Ergebnissen zufolge ist die Bedeutung dieser individuellen Voraussetzungen beim Arbeiten mit ähnlichen Beispielen – hypothesenwidrig – gleichbedeutend wie beim Arbeiten mit unähnlichen Beispielen. Dies gilt für das Vorwissen wie auch für die sprachlichen sowie kognitiven Fähigkeiten. Es ist demnach durch beide Lernangebote gleich gut gelungen, das Wissen der Kinder zu fördern.

Dies könnte damit in Zusammenhang stehen, dass Kinder mit besseren Voraussetzungen durch die didaktischen Unterstützungsmaßnahmen einen neuen Input erhielten, die die kognitive Belastung erhöhten und somit das Arbeitsgedächtnis beanspruchten, so dass in beiden Lernangeboten die Unterstützungsmaßnahmen die (Un-)Ähnlichkeit der Beispiele relativierten und somit der Wissensvorsprung nicht mehr von Bedeutung war.

Andererseits – oder zusätzlich – könnten die Kinder mit schlechteren Voraussetzungen so stark von den Unterstützungsmaßnahmen wie beispielsweise den expliziten Aufforderungen zum Vermuten, Einfordern von Begründungen, Vergleichen der Beispiele sowie der visuellen Unterstützung durch Piktogramme profitiert haben, dass auch für diese Kinder die (Un-)Ähnlichkeit der Beispiele in den Hintergrund rückte und die zuvor bestehenden Nachteile in beiden Interventionsgruppen gleich gut ausgeglichen wurden. Einige Forschungsergebnisse zeigen hierzu, dass Erwachsene sowie Kinder mit weniger Vorwissen eher die Aufmerksamkeit auf die Oberflächenstruktur der Beispiele richten, da die Tiefenstruktur noch nicht bekannt ist (siehe Kapitel 4.3). Da die Tiefenstruktur – der Prozess des Forschens – in den Lernangeboten der Intervention allerdings explizit durch die Unterstützungsmaßnahmen bei der Bearbeitung der (un-)ähnlichen Beispiele in den Vordergrund rückt und direkt „sichtbar“ gemacht wird, müssen die Kinder die Tiefenstruktur nicht komplett selbstständig erkennen und die kognitive Belastung des Arbeitsgedächtnisses wird entlastet. Es könnte daher sein, dass die oberflächliche (Un-)Ähnlichkeit der Beispiele so sehr in den Hintergrund rückt, dass deshalb das gemeinsame Erarbeiten der Denk- und Arbeitsweisen während des gesamten Forschungsprozesses in den beiden Interventionen gleich gut gelingt.

Durch die gut strukturierten Lernangebote sowie die Berücksichtigung von Maßnahmen, die bekannt für die Prozessqualität sind, wird die Komplexität der Lernsituation reduziert, sodass Kinder mit unterschiedlichen Voraussetzungen diese Lernangebote durch die expliziten Anregungen sowie das Anleiten durch die Fachkraft bewältigen können (Möller et al., 2002; Reiser, 2004; Kirschner et al., 2006). Dies unterstreicht die Aussagen, dass die Kinder beider Interventionsgruppen von den verwendeten Unterstützungsmaßnahmen so stark profitieren, dass die Variation der Beispiele – zumindest im Vergleich zueinander – nicht relevant war. Die vorliegenden Ergebnisse über den Zusammenhang von Vorwissen sowie den Grundfähigkeiten und der Wirkung des Vergleichens (un-)ähnlicher Beispiele beziehen sich möglicherweise nur auf die entwickelten Lernangebote und können daher nicht verallgemeinert werden. Insbesondere bei der Interpretation der Ergebnisse des Vergleichs der Interventionsgruppen ist dies zu berücksichtigen. Denkbar wäre, dass bestehende Unterschiede zwischen dem Einfluss der Voraussetzungen auf die Entwicklung des Wissens durch den Vergleich (un-)ähnlicher Beispiele nur deshalb nicht erkannt wurden, weil die Unterstützungsmaßnahmen insgesamt einen sehr großen Einfluss auf den Wissenserwerb innerhalb der beiden Gruppen hatten.

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass es durch geeignetes Material sowie strukturierte, qualitativ hochwertige und kognitiv unterstützende Lernangebote gelingen kann, alle Kinder – unabhängig von ihren individuellen Voraussetzungen – in ihrem inhaltsbezogenen Wissen sowie ihrem prozessbezogenen Wissen über den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess zu fördern. Der hierfür verwendete Themenbereich Magnetismus scheint ein geeigneter Inhalt für die Vorschulkinder zu sein, um sowohl inhaltliches als auch prozessbezogenes Wissen zu erwerben. Es ist zum einen gelungen, einen Test zu entwickeln, der das naturwissenschaftliche Prozesswissen von Vorschulkindern erfasst. Zudem wurden geeignete Lernangebote entwickelt, die die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie das Wissen über den Forschungszyklus fördern. Es konnte jedoch kein Unterschied zwischen den beiden Interventionsgruppen gefunden werden.

In Kombination mit den Effekten in den Interventionsgruppen gegenüber den Kontrollgruppen und vor dem Hintergrund der Haupteffekte der Arbeit lässt sich daher folgende zentrale Schlussfolgerung ziehen: Beide Interventionsgruppen verzeichnen einen statistisch signifikanten Lernzuwachs hinsichtlich ihres prozessbezogenen Wissens. Die Kinder beider Gruppen lernten gleich viel dazu. Das spricht dafür, dass die kognitive Unterstützung sowie das verbale Anregen von Vergleichen sehr stark Einfluss auf den Wissenszuwachs nehmen und / oder die Variation der oberflächlich (un-)ähnlichen Beispiele sich somit für Vorschulkinder nicht auf den Zuwachs auswirkt. Letzteres kann durch die starke Unterstützung ausgeglichen worden sein.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der für diese Arbeit relevante Forschungsstand bestätigt wurde. Im Bereich der Kindertagesstätten wird aus den entwickelten Lernangeboten deutlich, dass explizit angeregte, auf mehreren Beispielen basierende Vergleichsprozesse bereits im Vorschulalter das Lernen unterstützen und damit prozessbezogenes Wissen erworben werden kann. Die Auswahl der zu bearbeitenden Beispiele, die verglichen werden, scheint für den Lernerfolg in der Kita jedoch eine geringere Bedeutung zu haben. Es scheint vielmehr auf die explizite Thematisierung anzukommen.

Limitationen

Hinsichtlich der Ergebnisse der vorliegenden Studie sind Einschränkungen des Tests zur Erfassung des prozessbezogenen Wissens sowie der entwickelten Lernangebote hervorzuheben. Die Lernangebote sowie der Test beziehen sich zum Teil auf den inhaltsbezogenen Kontext Magnetismus und die Thematik der Anziehung durch verschiedene Materialien hindurch. Bedingt durch diesen themenspezifischen Schwerpunkt können die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit nicht auf andere Themengebiete übertragen werden, die sich möglicherweise in ihrer Komplexität oder Lebensweltnähe unterscheiden. Um dieser Einschränkung entgegenzuwirken, wurde im zweiten Teil des Prozesswissenstests ein artifizieller Kontext (zur Verhaltensweise des Wusels) gewählt, da herausgefunden werden sollte, ob Kinder durch die Teilnahme an der Intervention ihr erworbenes prozessbezogenes Wissen auf eine neue Situation übertragen können, ohne dass ihr Vorwissen einen Einfluss hat. Es ist zwar gelungen, dass die Kinder tatsächlich in beiden Kontexten einen ähnlichen Zuwachs verzeichnen konnten, allerdings ist einschränkend zu beachten, dass durch den gemeinsamen inhaltsbezogenen Kontext Magnetismus im Test sowie in den Lernangeboten ggf. dieser gemeinsame Fokus zu einem Lernzuwachs geführt haben kann. Aufgrund dieses Schwerpunktes sind die Ergebnisse nicht direkt auf andere Inhaltsbereiche anwendbar bzw. die Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse ist nur bedingt möglich.

Das vorliegende Design lässt keine differenzierte Bewertung der Wirkung der verschiedenen Unterstützungsmaßnahmen auf den Wissenserwerb der Kinder zu. Allerdings bestand das Hauptziel nicht darin, einzelne Unterstützungsmaßnahmen zu untersuchen, sondern anwendbare Lernangebote zu gestalten, die verschiedene Maßnahmen zur Unterstützung der Kinder umfassen, sich aber hauptsächlich auf den Vergleich ähnlicher oder unähnlicher Beispiele konzentrieren. Dadurch ist es jedoch nicht möglich, den nicht vorhandenen Unterschied zwischen den beiden Interventionsgruppen direkt auf die gleiche Wirkung der verwendeten Beispiele zurückzuführen. Somit können keine Aussagen über die Variation der zu vergleichenden Beispiele gemacht werden.

Ebenfalls ist einschränkend zu erwähnen, dass die Ergebnisse nur Momentaufnahmen kurz nach der Intervention sind. So können durch einen fehlenden Follow-up Messzeitpunkt nur Aussagen über kurzfristige Veränderungen, aber nicht über die langfristige Wirkung der Intervention getroffen werden.

Bei der Interpretation und Verallgemeinerung der Ergebnisse dieser Studie muss hinsichtlich der Randomisierung der Gruppen angemerkt werden, dass diese nicht vollständig gelungen ist. Anhand der deskriptiven Werte (vgl. Tabelle 13) sind leichte Gruppenunterschiede zu MZP1 zu erkennen. Beispielweise hat die Interventionsgruppe 2 einen höheren Mittelwert im Sprachtest (PPVT) erzielen können als vergleichsweise die anderen Gruppen. Auch im Inhaltstest zu MZP1 (IM_Z1) erreicht die IG2 einen leicht höheren Wert. Im Mittel hat zudem IG1 einen vergleichsweise schlechten Wert im Prozesswissenstest zu MZP1 erreicht.

Während beide Interventionsgruppen einen höheren Anteil an Mädchen vorweisen können, fällt die niedrige Anzahl an Kindern ohne Migrationshintergrund in der Kontrollgruppe auf. Beim Vergleich der Gruppen mittels einer ANOVA zeigt sich jedoch, dass die deskriptiven Unterschiede statistisch nicht signifikant sind (siehe Tabelle 14) ($p > .05$). Dennoch muss einschränkend erwähnt werden, dass die Randomisierung vor Testbeginn nicht uneingeschränkt gelungen ist. Zudem ist kritisch zu betrachten, dass es aus organisatorischen Gründen nicht gelungen ist, in allen Kitas die zwei Messzeitpunkte sowie die Intervention in einem absolut gleichen zeitlichen Abstand durchzuführen. So war es möglich, dass der zeitliche Abstand (von mehreren Tagen) zwischen den Testungen unterschiedlich lang war und dementsprechend nicht vollständig konstant gehalten wurde. So lag der zeitliche Abstand zwischen der Intervention und dem zweiten Messzeitpunkt bei den meisten Kitas zwischen einem und zwei Tage, in wenigen Fällen lagen aufgrund des Wochenendes und Feiertagen bis zu sechs Tage dazwischen. Die Spanne betrug demnach 1-6 Tage.

Zuletzt ist einschränkend die Operationalisierung zu nennen. Die Operationalisierung des prozessbezogenen Wissens muss für die Interpretation der Ergebnisse als Indikator geeignet sein. Zwar weist der Prozesswissenstest zu beiden Messzeitpunkten zufriedenstellende Reliabilitäten auf, dennoch ist das geschlossene Format hinsichtlich der Erfassung des Wissens über den gesamten Forschungszyklus einschränkend zu betrachten. Anhand der Verbesserung – auch in den Zyklus-Items – in den Interventionsgruppen von MZP1 zu MZP2 scheint es zwar gelungen zu sein, gewisse Forschungsschritte und ein Wissen über den zyklischen und kumulativen Gedanken des Forschens anzubahnen, dennoch stellt sich die Frage, inwiefern offenere Fragen z. B. in Form eines Interviews geeigneter gewesen wären, um das ggf. neu erworbene Wissen der Kinder zu erfassen. In der Intervention selbst wurden die Denk- und Arbeitsweisen sowie auch der Zyklus beim Forschen explizit thematisiert. Demnach ist einschränkend anzumerken, dass die Zyklus-Items durch das Legen einer bestimmten Reihenfolge nicht unbedingt das gesamte neu erworbene Wissen über den Prozess des Forschens abgedeckt haben.

Implikationen und Ausblick

Insbesondere durch die Notwendigkeit einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (Kapitel 1) gewinnen die Naturwissenschaften in den Kitas an Bedeutung. Naturwissenschaftliche Konzepte sowie Denk- und Arbeitsweisen beinhalten allerdings kognitiv anspruchsvolle und komplexe Inhalte und Handlungen. Eine didaktische Reduktion für Kinder ist somit unumgänglich. Auf der Grundlage dieser Arbeit wird deutlich, dass die didaktische Reduktion bereits bei Vorschulkindern erfolgreich gelingen kann und dass Kinder trotz der kognitiven Anforderungen und der Komplexität des Themenfeldes Magnetismus sowie der Abstraktion des Forschungsprozesses in der Lage sind, Wissen hinsichtlich des Forschungszyklus aufzubauen, wenn das prozessbezogene Wissen explizit in den Vordergrund rückt und die Denk- und Arbeitsweisen sowie der kumulative Prozess des Forschens thematisiert werden.

Die vorliegende Arbeit hat das naturwissenschaftliche, prozessbezogene Wissen von Vorschulkindern genauer untersucht. Mangels geeigneter Verfahren und Methoden zur Erfassung des naturwissenschaftlichen Prozesswissens von Vorschulkindern in größeren Stichproben wurden die Ziele der vorliegenden Arbeit abgeleitet. Die Arbeit verfolgte die Ziele, Lernangebote zu konzipieren, durch die Kinder prozessbezogenes Wissen erwerben können, sowie ein Testinstrument zu entwickeln, das dieses Wissen objektiv, zuverlässig und valide erfassen kann. Insgesamt wurden in einer quasi-experimentellen Pre-Post-Studie Daten von 231 Kindern erhoben. Der große Vorteil dieser Arbeit liegt neben den selbst entwickelten und mehrfach pilotierten Testinstrumenten in der großen Stichprobe aus 22 verschiedenen Kindertagesstätten. Darüber hinaus konnte weitgehend sichergestellt werden, dass aus jeder Kindertagesstätte eine Kontroll- und eine Interventionsgruppe teilnahmen.

Mit der Entwicklung des Testinstruments ist es gelungen, einen altersgerechten, ökonomischen und nützlichen Fragebogen zur Erfassung des naturwissenschaftlichen Prozesswissens von Kindern im Vorschulalter zu entwickeln, der auch für weiterführende Studien im Vorschulbereich genutzt oder ggf. auf andere Altersgruppen oder Fachgebiete ausgedehnt werden kann. Die entwickelten Lernangebote führen – unter Einsatz kognitiv unterstützender Maßnahmen – zu einem Wissenszuwachs der Kinder sowohl hinsichtlich der Denk- und Arbeitsweisen sowie auch im inhaltsbezogenen Wissen (im Kontext Magnetismus). Diese Lernangebote können durch Anpassung des Schwierigkeitsgrades auch für andere Fachbereiche modifiziert oder in anderen Altersgruppen eingesetzt werden.

In Kapitel 16 wurden die gefundenen Ergebnisse in den Stand der Forschung eingeordnet. Hervorzuheben ist, dass bereits Vorschulkinder in der Lage sind, schon früh Wissen über den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess zu entwickeln und Lerngewinne zu verzeichnen, obwohl sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen, die verschiedene (un-)ähnliche Beispiele verglichen, ergaben. Denn dass es den Kindern der Interventionsgruppen gelungen ist, sowohl beim Arbeiten mit unähnlichen sowie mit ähnlichen Beispielen inhalts- sowie prozessbezogenes Wissen aufzubauen, bestätigt diese Annahme. Die Kinder sind nicht nur in der Lage, Wissen über einzelne Denk- und Arbeitsweisen aufzubauen, wie die bisherige Forschung bestätigt, sondern es gibt Hinweise, dass sie auch ein Wissen über den kumulativen Prozess des Forschens entwickeln können.

Mit diesen Befunden leistet die vorliegende Arbeit einen wichtigen Beitrag zur Erweiterung der Verallgemeinerbarkeit bestehender Erkenntnisse über die Wirkung strukturierter sowie kognitiv unterstützender Maßnahmen sowie der Effekte von Vergleichsprozessen im Vorschulalter. Diese Arbeit liefert zudem Belege dafür, dass die Auswahl der (un-)ähnlichen Beispiele für den Lernerfolg in der Kita von geringerer Bedeutung ist, sofern die kognitive Unterstützung sowie die explizite Thematisierung der Denk- und Arbeitsweisen gegeben sind.

Damit die Schwerpunkte der Arbeit im Hinblick auf ihre Implikationen für die Praxis in der Kita sowie für die zukünftige Forschung entsprechend berücksichtigt werden können, werden im Folgenden mögliche Anknüpfungspunkte für weitere Forschungsfragen bzw. Folgestudien vorgestellt.

Wie in den theoretischen Überlegungen beschrieben, sollten Kinder im Vorschulalter frühzeitig und kontinuierlich beim Erwerb eines grundlegenden naturwissenschaftlichen Wissens unterstützt werden, um anschlussfähige Vorstellungen und Interesse an naturwissenschaftlichen Themen zu entwickeln (Krapp & Prenzel, 2011; Trundle & Saçkes, 2015). Dadurch würden alle Kinder von Beginn an ähnliche Chancen erhalten, entsprechendes Wissen zu erwerben. In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass Kinder bei geeigneter Unterstützung in der Lage sind, ein erstes naturwissenschaftliches Wissen zu entwickeln, sofern die verschiedenen Denk- und Arbeitsweisen sowie der zyklische Aspekt des Forschens explizit thematisiert wurden. Geeignete Unterstützung umfasst dabei Maßnahmen wie den Einsatz verbaler Unterstützungsstrategien, das Einfordern von Begründungen, das Anregen von Vergleichen, Verknüpfung eigener Erfahrungen und Vorwissen, das Herstellen von Zusammenhängen zwischen z. B. Beobachtungen sowie strukturierenden Maßnahmen wie die Veranschaulichung durch Bilder. Es zeigt sich, dass für die Entwicklung eines ersten Wissens über Naturwissenschaften eben auch die explizite Thematisierung und die Unterstützung der Kinder erforderlich sind. Die reine Umsetzung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen reicht nicht aus, um das Wissen anzubahnen. Diese Erkenntnis ist vor allem wichtig für Fachkräfte, da praxisnahes Experimentieren erst dann effektiv ist, wenn die kognitive Aktivität der Lernenden durch die geeignete Unterstützung angeregt wird (White & Frederiksen, 1998). Dies gelingt allerdings bereits durch gezielte, kurzfristige Förderung. In Zukunft sollte dies von den Fachkräften in Kitas bei der Gestaltung von naturwissenschaftlichen Lernangeboten berücksichtigt werden. Es ist wichtig, dass die Fachkraft die Kinder ermutigt, Fragen zu stellen, ihre Ideen und Vermutungen auszudrücken und Aussagen kritisch zu hinterfragen. Sie muss den Kindern explizit dabei helfen, prozessbezogenes Wissen zu erwerben, indem sie dieses auch explizit thematisiert. Das bedeutet, dass das Forschen bzw. der Prozess der Erkenntnisgewinnung in den Vordergrund rücken muss und nicht das reine inhaltsbezogene Thema, damit Kinder prozessbezogenes Wissen erwerben können.

Der Vergleich ähnlicher Beispiele scheint einen ähnlichen Effekt wie der Vergleich unähnlicher Beispiele zu haben, wenn die Lernangebote systematisch strukturiert sind und die Möglichkeit besteht, ein Wissen über die unterschiedlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie deren Zusammenhang zu erwerben. Dadurch dass es für die Förderung zunächst nicht relevant erscheint, ob ähnliche oder unähnliche Beispiele verglichen werden, sofern kognitive Unterstützung gegeben ist, sollten Fachkräfte vor allem den Fokus auf die Unterstützung setzen und die Denk- und Arbeitsweisen explizit ansprechen.

In der Studie wurde der Versuch unternommen, die Praxisbedingungen in Kitas – wie geeignete Themen, mögliche Unterstützungsmaßnahmen, kurze Interventionen sowie Gruppengröße – zu berücksichtigen, um die Ergebnisse möglichst übertragen zu können. In der Realität steht den Fachkräften der Kindertagesstätten nur eine begrenzte Zeit zur Verfügung, um das prozessbezogene Wissen der Vorschulkinder zu fördern. Für die Gestaltung der Lernangebote kann jedoch auf viele vorhandene und didaktisch reduzierte Experimente und Materialien zurückgegriffen werden (beispielsweise Steffensky & Hardy, 2013 oder Hardy et al., 2017). So ist es in dieser Arbeit gelungen, Lernangebote zu entwickeln, die in der Kita eingesetzt werden können. Es wurde ein geeignetes Thema gewählt, anhand dessen die Kinder ihr (prozess- und inhaltsbezogenes) Wissen erweitern konnten.

Kinder mit unterschiedlichen kognitiven sowie sprachlichen Fähigkeiten und unterschiedlichen Erfahrungen treffen in einer Gruppe aufeinander. Diese Studie bestätigt allerdings, dass Kinder mit unterschiedlichen Voraussetzungen durch geeignete Lernangebote einen Lernzuwachs verzeichnen können. Es ist gelungen, die Kinder in kurzen, aber intensiven Interventionen bei der Entwicklung ihres prozessbezogenen Wissens zu unterstützen. Werden die Kinder durch kognitiv anregende Maßnahmen unterstützt und unterliegen die durchgeführten Lernangebote einer gewissen Strukturierung, wird davon ausgegangen, dass es auch den Fachkräften gelingen kann, die Kinder beim Aufbau prozessbezogenen Wissens zu fördern, wenn dieses explizit thematisiert wird. Kommen weitere Qualitätskriterien hinzu wie beispielsweise die emotionale Bindung bzw. positive und vertrauensvolle Beziehung zwischen pädagogischer Fachkraft und Kind, die von der Testleitung dieser Studie nicht hinreichend ausgefüllt werden konnte, kann dies zu einem Vorteil der Fachkräfte vor Ort führen. Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass die genannten Merkmale für kognitiv unterstützende Lernangebote nicht immer von jeder Fachkraft vollständig erfüllt werden können, da die professionelle Fähigkeit – d. h. auch die fachlichen sowie fachdidaktischen Voraussetzungen – eine wichtige Rolle spielt, die nicht vernachlässigt werden darf. Demnach ist nicht eindeutig, wie die Fachkräfte in den verschiedenen Kitas mit der Umsetzung umgehen und inwieweit ihre Fähigkeiten das Lernen der Kinder beeinflussen. In einer Folgestudie kann daher dieser Einfluss der einzelnen Fachkräfte auf den Wissenszuwachs der Kinder untersucht werden, indem die praktische Umsetzung durch verschiedene Fachkräfte im Hinblick auf unterschiedliche Fördermaßnahmen (die eben angesprochenen Maßnahmen zur Unterstützung) überprüft wird.

Im Folgenden werden mögliche Forschungsschwerpunkte hinsichtlich einer Weiterentwicklung des bestehenden Testinstruments abgeleitet, die Lernangebote, anhand derer das prozessbezogene Wissen erworben wurde, näher betrachtet und mögliche Entwicklungen formuliert. Im letzten Teil werden weitere Forschungsdesiderate in Bezug auf die Gesamtstudie vorgestellt.

Die Erprobung des Prozesswissenstests und die Ergebnisse des mit diesem Instrument durchgeführten Pre-Post-Vergleichs deuten darauf hin, dass sich mit diesem Test der Lernzuwachs bzw. die Lernentwicklung erfassen lässt. Die unterschiedlichen Facetten der Denk- und Arbeitsweisen (siehe Tab. 7) sowie das Wissen über den kumulativen Prozess des Forschens wurden als Gesamtskala betrachtet, da das Prozesswissen allgemein erfasst werden sollte. Um diese Veränderungen differenzierter auf der Ebene einzelner Denk- und Arbeitsweisen beschreiben zu können, muss der Test um weitere Items zu den einzelnen Denk- und Arbeitsweisen erweitert werden.

Weiterführend können demnach weitere Items entwickelt werden, sodass diese jeweils als individuelle Subskalen verwendet werden könnten, um gegebenenfalls Hinweise auf Unterschiede hinsichtlich der Wirksamkeit eines Vergleiches (un-)ähnlicher Beispiele zu erkennen. Die nach den einzelnen Denk- und Arbeitsweisen differenzierten Ergebnisse könnten zudem den Befunden aus früheren Studien nach Aufschluss über mögliche Unterschiede zwischen den Interventionsgruppen geben. So ist es möglich, dass einzelne Denk- und Arbeitsweisen von einer bestimmten Gruppe besser gelöst werden können. Diese Betrachtung kann in einer weiteren Studie erfolgen.

Dass kognitive Unterstützung beim Erwerb von (prozessbezogenem) Wissen hilft, ist bereits durch viele Studien bestätigt worden (Aebli, 1994; White & Frederiksen, 1998; Vosniadou et al., 2001; Möller et al., 2002; Hardy et al., 2006; Appleton, 2008; Pauli et al., 2008; Leuchter et al., 2013; Leuchter & Saalbach, 2014). Neben dem expliziten Auffordern zum Vermuten und Beobachten sowie dem Einfordern von Begründungen wurden die Kinder durch die visuelle Darstellung der Forschungsschritte durch Piktogramme, die auch bei den Testaufgaben eingesetzt wurden, unterstützt. Angenommen wird, dass der statistisch nicht vorhandene Unterschied im prozessbezogenen Wissenszuwachs zwischen den Interventionsgruppen durch die hohe Qualität an Unterstützung begründet werden kann. Im Rahmen weiterer Studien sollte durch eine Variation der Unterstützungsmaßnahmen überprüft werden, ob sich die Leistungen bzw. der Wissenszuwachs der Vorschulkinder in den beiden Interventionsgruppen unterscheiden würden und ggf. auf die Variation der Beispiele zurückführen lassen. Eine weitere Möglichkeit herauszufinden, inwiefern die Variation der Beispiele einen Einfluss hat, kann darin bestehen, mehrere aufeinanderfolgende Interventionen durchzuführen, die folglich an mehreren Tagen stattfinden und somit auch eine höhere Anzahl an Stunden umfassen. Aufgrund der zeitlich kurzen Intervention stellt sich die Frage, inwiefern der Erwerb prozessbezogenen Wissens über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten werden kann und ob sich somit ggf. ein Unterschied zwischen den Interventionsgruppen zeigt.

Im Hinblick auf den naturwissenschaftlichen Inhaltsbereich kann auch die Übertragung der Ergebnisse auf andere Inhalte genannt werden. Die in der Arbeit vorgestellten Kriterien für qualitativ gute Lernangebote haben das Potenzial, auf andere Lernangebote und naturwissenschaftliche Inhalte übertragen zu werden. Daher wäre es wünschenswert, den Zusammenhang zwischen der Teilnahme an einem der Lernangebote und dem Wissenszuwachs auch in anderen Inhaltsbereichen sicherzustellen. Somit kann die Frage formuliert werden, ob sich beispielsweise bei Themen wie dem Schwimmen und Sinken ähnliche Ergebnisse wie in der vorliegenden Studie finden lassen. Eine empirische Untersuchung könnte durchaus erfolgen, da es für den vorschulischen Bereich bereits weitere empirisch erprobte Materialien gibt (z. B. Hardy et al., 2017), die miteinander verglichen werden und auf deren Grundlage die jeweiligen Inhalte und der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess erarbeitet werden können.

In vielen weiteren Bereichen besteht im Hinblick auf das naturwissenschaftliche Wissen noch Forschungsbedarf. Einige der möglichen Forschungsdesiderate, die sich aus dieser Arbeit ableiten lassen, werden im Folgenden erörtert.

Viele Forschungsprojekte bestehen aus Laboruntersuchungen mit Studierenden oder älteren Schulkindern. Deshalb sollte das Potential, das in der vorliegenden Arbeit für den Vorschulbereich aufgezeigt wurde, intensiver erforscht werden. Im Folgenden werden ergänzende Vorschläge für die weiterführende Forschung formuliert. Dabei geht es neben einem gewünschten Follow-Up-Zeitpunkt auch um den Vorschlag weiterer Lernangebote, die Durchführung einer Längsschnittstudie, Entwicklung anderer Testformate sowie die Übertragung auf weitere Altersstufen.

Da in der Studie hinsichtlich eines Zuwachses des prozessbezogenen Wissens lediglich die Ergebnisse zweier Messzeitpunkte miteinander verglichen wurden, wäre es zukünftig wünschenswert, weitere Ergebnisse in einem Follow-Up-Messzeitpunkt zu erheben. Einerseits wäre es interessant herauszufinden, ob sich das Prozesswissen zwischen den Interventionsgruppen zu einem Follow-Up-Zeitpunkt unterscheiden würde. Bezogen auf den Pre-Messzeitpunkt ergaben sich keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich ihres Wissenserwerbs. Die Frage, ob das Vergleichen ähnlicher oder unähnlicher Beispiele einen (unterschiedlichen) Effekt auf das zukünftige beziehungsweise das Wissen hat, das im Gedächtnis geblieben ist, könnte durch eine Follow-Up-Testung beantwortet werden. Andererseits wäre eine Überprüfung der Nachhaltigkeit der Intervention zu erwägen. So könnten zeitverzögerte Follow-Up-Testungen die nachhaltige Wirkung untersuchen.

Ergänzend zum Einfluss kognitiver Unterstützungsmaßnahmen gibt es weitere Einflussfaktoren auf prozessbezogenes Wissen, die analysiert werden müssen. Idealerweise sollten die Entwicklungsverläufe über mehrere Jahre hinweg untersucht werden, um langfristige Effekte der Lernangebote erfassen zu können und so Rückschlüsse auf Möglichkeiten der kumulativen Entwicklung von naturwissenschaftlichem, prozessbezogenem Wissen ziehen zu können. Es wäre daher wünschenswert, im Sinne eines Längsschnittes den Einfluss auf die späteren schulischen Leistungen zu untersuchen. Ergebnisse früherer Studien zeigen, dass im Kindergartenalter erworbene Grundkenntnisse einen Einfluss auf das spätere schulische Leistungsvermögen haben (Kapitel 3; Watts et al., 2014; Sylva et al., 2013; Camilli et al., 2010; Claessens et al., 2009; Duncan et al., 2007; McClelland et al., 2006). Daher sollte die Forschung den Einfluss früh erworbenen prozessbezogenen Wissens und insbesondere die frühe Entwicklung eines Wissens des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses auf die zukünftige Leistung untersuchen.

Zudem wäre es spannend zu erfahren, ob es den Kindern durch die Teilnahme an einem der Lernangebote leichter fällt, ihr erweitertes Prozesswissen auf neue naturwissenschaftliche Inhalte zu übertragen. Denn, wie bereits in den theoretischen Vorüberlegungen erwähnt, ist aus früheren Studien bekannt, dass gerade dieses Vorwissen für den Lernprozess entscheidend ist (Stern, 2004; Weinert & Helmke, 1997). Es kann daher davon ausgegangen werden, dass das neu erworbene Wissen für spätere naturwissenschaftliche Bildungsprozesse relevant ist.

In dieser Studie wurde mit Hilfe schriftlicher Testverfahren die Wirkung von Lernangeboten auf die Entwicklung prozessbezogenen Wissens untersucht, um den Lernzuwachs von Kindern zu erfassen. Solche Daten erlauben zum einen eine vergleichsweise objektive und ökonomische Messung des Wissens sowie eine umfangreiche Prüfung von Aspekten der Reliabilität und Validität. Andererseits geben sie aber wenig Aufschluss darüber, wie die Entwicklung des Wissens verläuft.

Der in dieser Arbeit durchgeführte Pre-Post-Vergleich kann bestenfalls dazu beitragen, Annahmen darüber aufzustellen, wie Wissen in kognitiv unterstützten Lernangeboten entwickelt wird, das durch den Vergleich oberflächlich (un-)ähnlicher Beispiele gekennzeichnet ist. Ein möglicher Weg, um die aus den schriftlichen Ergebnissen abgeleiteten Hypothesen zu überprüfen, besteht darin, offene Antwortmöglichkeiten zu nutzen und die Befragung beispielsweise mit Hilfe von Videos aufzuzeichnen (Brückmann & Knierim, 2008; Goldman et al, 2007; Janik & Seidel, 2009). Die Auswertung der Videodaten könnte Einblicke in den Ablauf der Prozesse des Wissensaufbaus während der Intervention geben. Durch diesen Fokus und der Möglichkeit, qualitative und quantitative Daten zu verknüpfen, würden die Videodaten eine Grundlage für zukünftige Forschung im Bereich der Wissensmessung und -entwicklung bieten.

Obwohl gerade im vorschulischen Bereich ein Bedarf an Erkenntnissen über den Erwerb von prozessbezogenem Wissen besteht, ist es beispielsweise auch denkbar, dass das Studiendesign dieser Arbeit auf andere Altersgruppen übertragen werden könnte. So ließe sich untersuchen, inwieweit es Grundschulkindern in der ersten oder zweiten Klasse gelingt, prozessbezogenes, naturwissenschaftliches Wissen aufzubauen und vor allem, inwieweit sich die Variation (un-)ähnlicher Beispiele in dieser Altersgruppe auf den Lernzuwachs auswirkt. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie können auch für die Gestaltung von Lernangeboten in anderen Altersgruppen genutzt werden, in denen die Kinder zum Vergleich ähnlicher Prozesse angeregt werden. Auch hier besteht noch umfassender Forschungsbedarf, um eine Übertragung der Ergebnisse zu gewährleisten.

Summa summarum sollten zukünftige Studien – unter Verwendung anderer Stichproben unterschiedlichen Alters in verschiedenen Kontexten mit weiteren Beispielen – untersucht werden, ob die (Un-)Ähnlichkeit von Beispielen gegebenenfalls doch ein vorteilhafter Faktor für den Aufbau von prozessbezogenem Wissen sein kann oder sich die Ergebnisse dieser Arbeit unter Beibehaltung der bisherigen Unterstützungsmaßnahmen replizieren lassen. Andernfalls kann jedoch auch die Variation der Unterstützung über einen möglichen Unterschied aufklären. Eine Überprüfung der nachhaltigen Wirkung der Intervention ist zudem zu erwägen.

Schlussbetrachtung

Zusammenfassend lässt sich bestätigen, dass mit der vorliegenden Arbeit sowohl ein Instrument zur Erfassung sowie die Entwicklung geeigneter Lernangebote zur Förderung eines Wissens über die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie über den kumulativen Prozess des Forschens bei Vorschulkindern gelungen ist. Festzuhalten ist, dass für eine naturwissenschaftliche Grundbildung in der Kita eine lernförderliche Gestaltung und Organisation von Lernangeboten, in denen das Vergleichen angeregt wird, eine altersangemessene kognitive Unterstützung durch die Fachkraft sowie das explizite Thematisieren der Denk- und Arbeitsweisen unabdingbar sind. Aus den vorliegenden Erkenntnissen dieser Arbeit lässt sich schlussfolgern, dass es sich in jedem Fall lohnt, die frühe Förderung naturwissenschaftlichen Wissens auszubauen und Leitlinien zu schaffen, die die Nachhaltigkeit bei der Umsetzung der Förderung in Kindertagesstätten garantieren.

„Es gibt kein Alter,
in dem alles so irrsinnig intensiv erlebt wird wie in der Kindheit.
Wir Großen sollten uns daran erinnern, wie das war.“

Astrid Lindgren

Literaturverzeichnis

- Abd-El-Khalick, F.; Boujaoude, S.; Duschl, R.; Lederman, N.; Mamlok-Naaman, R.; Hofstein, A.; Niaz, M.; Treagust, D.; Tuan, H.-L. (2004): Inquiry in Science Education: International perspectives. In: *Science Education* 88, S. 397 – 419. DOI: 10.1002/sce.10118.
- Aebli, H. (1994): *Zwölf Grundformen des Lehrens. Eine allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage. Medien und Inhalte didaktischer Kommunikation, der Lernzyklus.* Stuttgart: Klett.
- Alber-Morgan, S.; Sawyer, M.; Miller, H. (2015): Teaching Science to Young Children with Special Needs. In: Trundle, K.; Saçkes, M. (Hrsg.): *Research in early childhood science education.* Dordrecht, Heidelberg, New York, S. 299 – 351.
- Albers, T. (2009): *Sprache und Interaktion im Kindergarten. Eine quantitativ-qualitative Analyse der sprachlichen und kommunikativen Kompetenzen von drei- bis sechsjährigen Kindern.* Bad Heilbrunn: Klinkhardt Forschung.
- Alexander, R. (2016): *Towards dialogic teaching: Rethinking classroom talk.* Cambridge.
- 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. In: *School Effectiveness and School Improvement* 24 (2), S. 195 – 211. DOI: 10.1080/09243453.2012.74979.
- Anders, Y. (2013): Stichwort: Auswirkungen frühkindlicher institutioneller Betreuung und Bildung. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 16 (2), S. 237 – 275.
- Anders, Y.; Hardy, I.; Pauen, S.; Steffensky, M. (2013): Zieldimensionen 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, S. 19 – 82.
- Anderson, R. D. (2007): Inquiry as an organizing theme for science curricula. In: Abell, S. K.; Lederman, N. G. (Hrsg.): *Handbook of research on science education.* Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates, S. 807 – 830.
- Anderson, L.; Krathwohl, D. (2001): *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives.* New York.
- Appleton, K. (2008): Elementary science teaching. In: Abell, S. K.; Lederman, N. G. (Hrsg.): *Handbook of research on science education.* New York: Routledge, S. 493 – 535.
- Bach, T. (2011): Structure-mapping: Directions from simulation to theory. In: *Philosophical Psychology* 24 (1), S. 23 – 51. DOI: 10.1080/09515089.2010.533261.
- Baroody, A. (2003): The development of adaptive expertise and flexibility: The integration of conceptual and procedural knowledge. In: Baroody, A.; Dowker, A. (Hrsg.): *The development of arithmetic concepts and skills: Constructing adaptive expertise.* Mahwah, S. 1 – 33.
- Bash, K.; Camp, B. (1975): *Think aloud program: group manual.* Unpublished manuscript, University of Colorado Medical School.
- Baumert, J.; Köller, O. (2000): Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In: Baumert, J. (Hrsg.): *TIMSS III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. 2. Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe.* Opladen: Leske + Budrich, S. 271 – 315.
- 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. In: *American Educational Research Journal* 47 (1), S. 133 – 180.
- Beaumont-Walters, Y.; Soyibo, K. (2001): An Analysis of High School Students' Performance on Five Integrated Science Process Skills. In: *Research in Science and Technological Education* 19 (2), S. 133 – 145. DOI: 10.1080/02635140120087687.
- Bertsch, C.; Kapelari, S.; Unterbruner, U. (2011): Vom Nachkochen von Experimentieranleitungen zum forschenden Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht am Übergang Primar/Sekundarstufe. In: *Erziehung und Unterricht* 1, S. 239 – 245.
- Blanca, M. J.; Alarcón, R.; Arnau, J.; Bono, R.; Bendayan, R. (2017): Non-normal data: Is ANOVA still a valid option? In: *Psicothema* 29 (4), S. 552 – 557. DOI: 10.7334/psicothema2016.383.
- Blanchette, I.; Dunbar, K. (2001): Analogy use in naturalistic settings: The influence of audience, emotion, and goals. In: *Memory and Cognition* 29 (5), S. 730 – 735.
- Blanz, M. (2015): *Forschungsmethoden und Statistik für die Soziale Arbeit: Grundlagen und Anwendungen.* Stuttgart: Kohlhammer.
- Blaseio, B. (2003): Belebte Natur experimentierend erfahren. In: Köster, H.; Hellmich, F.; Nordmeier, V. (Hrsg.): *Handbuch Experimentieren.* Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, S. 115 – 139.
- Blumberg, E., Möller, K., Jonen, A., & Hardy, I. (2003): Multikriteriale Zielerreichung im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht der Grundschule. In: Czech, D. & Schwier, H. J. (Hrsg.): *Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht,* S. 77-92. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Blums, A.; Belsky, J.; Grimm, K.; Chen, Z. (2016): Building Links Between Early Socioeconomic Status, Cognitive Ability, and Math and Science Achievement. In: *Journal of Cognition and Development* 18 (1), S. 16 – 40. DOI: 10.1080/15248372.2016.1228652.

- Bortz, J. (1999): Statistik für Sozialwissenschaftler (5. Auflage). Heidelberg: Springer.
- Bortz, J. (2005): Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler (6. Auflage). Heidelberg: Springer.
- Bortz, J.; Döring, N. (2002): Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. Heidelberg: Springer.
- Bortz, J.; Döring, N. (2006): Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler (4. Auflage). Heidelberg: Springer.
- Bos, W.; Hornberg, S.; Arnold, K.-H.; Faust, G.; Fried, L.; Lankes, E.-M.; Schwippert, K.; Valtin, R. (Hrsg.) (2007): IGLU 2006. Lesekompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann.
- Bransford, J.; Brown, A.; Cocking, R. (2000): How people learn: Brain, mind, experience, and school (Erweiterte Auflage). Washington, D. C.
- Bronfenbrenner, U.; Morris, P. (2006): The Bioecological Model of Human Development. In: Lerner, R. M. (Hrsg.): Handbook of Child Psychology: Theoretical Models of Human Development. New York: Wiley, S. 793 – 828.
- Brown, D. E.; Hammer, D. (2008): Conceptual change in physics. In: Vosniadou, S. (Hrsg.): International handbook of research on conceptual change. New York: Routledge, S. 127 – 154.
- Brückmann, M.; Knierim, B. (2008): Teaching and learning processes in physics instruction – chances of videotape classroom studies. In: Mikelskis-Seifert, S.; Ringelband, U.; Brückmann, M.; Duit, R. (Hrsg.): Four decades of research in science education. From curriculum development to quality improvement. Münster: Waxmann, S. 191 – 219.
- Bruner, J.; Olver, R.; Greenfield, P. (1971): Studien zur kognitiven Entwicklung. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- Bruner, J. (1973): Der Akt der Entdeckung. In: Neber, H. (Hrsg.): Entdeckendes Lernen. Weinheim: Beltz, S. 15 – 27.
- Bruner, J. (1976): Entdeckendes Lernen. In: Holtmann, A. (Hrsg.): Das sozialwissenschaftliche Curriculum in der Schule. Uni-Taschenbücher, Band 1. VS Verlag für Sozialwissenschaften. Wiesbaden, S. 91 – 105.
DOI: 10.1007/978-3-322-85275-5_3.
- Büchner, C; Spieß, C. (2007): Die Dauer vorschulischer Betreuungs- und Bildungserfahrungen: Ergebnisse auf der Basis von Paneldaten. In: DIW Discussion Papers 687. Berlin.
- Bühner, M. (2006): Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion (2. Auflage). München: Pearson.
- Bühner, M.; Ziegler, M. (2009): Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler. München: Pearson.
- Bullock, M.; Sodian, B.; Koerber, S. (2009): Doing experiments and understanding science: Development of scientific reasoning from childhood to adulthood. In: Schneider, W.; Bullock, M. (Hrsg.): Human development from early childhood to early adulthood. Findings from the Munich Longitudinal Study. Mahwah, NJ: Erlbaum, S. 173 – 197.
- Burger, K. (2010): How does early childhood care and education affect cognitive development? An international review of the effects of early interventions for children from different social backgrounds. In: Early Childhood Research Quarterly 25 (2), S. 140 – 1165.
- Butts, D. P.; Hofman, H. M.; Anderson, M. (1994): Is Direct Experience enough? A Study of young children`s views of Sounds. In: Journal of Elementary Science Education 6 (1), S. 1 – 16.
- Bybee, R. W. (1997): Toward an understanding of scientific literacy. In: Gräber, W.; Bolte, C. (Hrsg.): Scientific Literacy, an international Symposium. Kiel: IPN, S. 37 – 68.
- Bybee, R. W. (2004): Scientific inquiry and science teaching. In: Flick, L. B.; Lederman, N. G. (Hrsg.): Scientific inquiry and nature of science. Implications for teaching, learning, and teacher education. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, S. 1 – 12.
- Bybee, R. W.; McCrae, B.; Laurie, R. (2009): PISA 2006: An assessment of scientific literacy. In: Journal of research in Science Teaching 46 (8), S. 865 – 883.
- Camilli, G.; Vargas, S.; Ryan, S.; Barnett, S. (2010): Meta-Analysis of the Effects of Early Education Interventions on Cognitive and Social Development. In: Teachers College Record 112 (3), S. 579 – 1620.
- Carey, S. (1985): Conceptual change in childhood. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey, S. (2000): Science Education as Conceptual Change. In: Journal of Applied Developmental Psychology 21 (1), S. 13 – 119.
- Carey, S. (2009): The origin of concepts. New York: Oxford University Press.
- Carey, S.; Spelke, E. (1994): Domain-specific knowledge and conceptual change. In: Hirschfeld, L. A.; Gelman, S. A. (Hrsg.): Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture. Cambridge University Press, S. 169 – 200.
DOI: 10.1017/CBO9780511752902.008.
- Carstensen, C.; Lankes, E.-M.; Steffensky, M. (2011): Ein Modell zur Erfassung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Kindergarten. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 14 (4), S. 651 – 1669.
- Catrambone, R.; Holyoak, K. J. (1989): Overcoming contextual limitations on problem-solving transfer. In: Journal of Experimental Psychology: General 15 (6), S. 1147 – 1156.
- Cattell, R. B.; Weiß, R. H.; & Osterland, L. (1997): Grundintelligenztest Skala 1: CFT 1 (5. Auflage). Göttingen: Hogrefe.
- Chi, M. T. H.; Feltovich, P. J.; Glaser, R. (1981): Categorization and representation of physics problems by experts and novices. In: Cognitive Science 5, S. 121 – 152.
- Chi, M. T. H.; De Leeuw, N.; Chiu, M.; Lavancher, C. (1994): Eliciting Self-Explanations improves understanding. In: Cognitive Science 18, S. 439 – 477.

- Claessens, A.; Duncan, G. J.; Engel, M. (2009): Kindergarten Skills and Fifth Grade Achievement: Evidence from the ECLS-K. In: *Economics of Education Review* 28 (4), S. 415 – 1427.
- Claessens, A.; Engel, M. (2013): How Important Is Where You Start? Early Mathematics Knowledge and Later School Success. In: *Teacher College Record* 115 (6) S. 1 – 129.
- Cohen, R. J.; Swerdlik, M. E.; Phillips, S. M. (1996): *Psychological testing and assessment: An introduction to tests and measurement* (3. Auflage). Mountain View, CA: Mayfield Publishing Co.
- de Jong, T.; van Joolingen, W. (1998): Scientific Discovery Learning With Computer Simulations of Conceptual Domains. In: *Review of Educational Research* 68 (2), S. 179 – 202. DOI: 10.3102/00346543068002179.
- de Jong, T.; Pieters, J. (2006): The design of powerful learning environments. In: Alexander, P. A.; Winne, P. H. (Hrsg.): *Handbook of educational psychology*: Mahwah: Lawrence Erlbaum, S. 739 – 754.
- Dejonckheere, P.; Van de Keere, K.; Mestdagh, N. (2009): Training the scientific thinking circle in pre- and primary school children. In: *Journal of Educational Research* 103 (1), S. 1 – 16. DOI: 10.1080/00220670903228595.
- Department for Education and Employment and Qualifications and Curriculum Authority (1999): *The National Curriculum for England. Key stages 1 – 4*. London. Online verfügbar unter http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20101221004558/http://curriculum.qcda.gov.uk/uploads/English%201999%20programme%20of%20study_tcm8-12054.pdf, zuletzt geprüft am 20.09.2020.
- diSessa, A.; Gillespie, N.; Esterly, J. (2004): Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. In: *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal* 28 (6), S. 843 – 900.
- Duggan, S.; Gott, R. (2000): Intermediate General National Vocational Qualification (GNVQ) science: A missed opportunity for a focus on procedural understanding? In: *Research in Science and Technological Education* 18 (2), S. 201 – 214. DOI: 10.1080/713694978.
- Dunbar, K. (1993): Concept Discovery in a Scientific Domain. In: *Cognitive Science* 17 (3), S. 397 – 434.
- Dunbar, K. (2001): The analogical paradox: Why analogy is so easy in naturalistic Settings, yet so difficult in the psychological laboratory. In: Gentner, D.; Holyoak, K. J.; Kokinov, B. N. (Hrsg.): *The analogical mind: Perspectives from cognitive science*. Cambridge: The MIT Press, S. 313 – 334.
- Duncan, G.; Dowsett, C.; Claessens, A.; Magnuson, K.; Huston, A.; Klebanov, P.; Pafani, P.; Feinstein, L.; Engel, M.; Brooks-Gunn, J.; Sexton, H.; Durckworth, K.; Japel, C. (2007): School readiness and later achievement. In: *Developmental Psychology* 43 (6), S. 1428 – 1446.
- Dunn L. M.; Dunn D. M. (2007): *Peabody Picture Vocabulary Test – 4*. Ausgabe. Deutsche Adaption von A. Lenhard, W. Lenhard, R. Segerer; S. Suggate (2015).
- Ebert, S.; Weinert, S. (2013): Predicting reading literacy in primary school: The contribution of various language indicators in preschool. In: Pfost, M.; Artelt, C.; Weinert, S. (Hrsg.): *Schriften aus der Fakultät Humanwissenschaften der Otto-Friedrich-Universität Bamberg (Band 14)*. The development of reading literacy from early childhood to adolescence. Empirical findings from the Bamberg BiKS longitudinal studies. Bamberg, S. 93 – 1150.
- Eshach, H. (2006): *Science literacy in primary schools and Pre-schools*. Dordrecht, The Netherlands: Springer. DOI: 10.1007/1-4020-4674-X.
- Faust-Siehl, G.; Götz, M.; Hacker, H.; Roßbach, H.-G. (Hrsg.) (2004): *Anschlussfähige Bildungsprozesse im Elementar- und Primarbereich* (1. Auflage). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Fauth, B.; Decristan, J.; Rieser, S.; Klieme, E.; Büttner, G. (2014): Student ratings of teaching quality in primary school: Dimensions and prediction of student outcomes. In: *Learning and Instruction* 29, S. 1 – 9. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2013.07.001.
- Fend, H. (2001): *Qualität im Bildungswesen: Schulforschung zu Systembedingungen, Schulprofilen und Lehrerleistung* (2. Auflage). Weinheim: München.
- Field, A. P. (2009): *Discovering statistics using IBM SPSS: and sex and drugs and rock'n'roll* (3. Auflage). Los Angeles: Sage.
- Field, A. P. (2013): *Discovering statistics using IBM SPSS: and sex and drugs and rock'n'roll* (4. Auflage). Los Angeles: Sage.
- French, L. (2004): Science as the center of a coherent, integrated early childhood curriculum. In: *Early Childhood Research Quarterly* 19 (1), S. 138 – 149.
- French, L.; Woodring, S. (2006): Science education in the Early Years. In: Saracho, O.; Spodek, B. (Hrsg.): *Handbook of research on the education of young children* (2. Auflage). Mahwah, New Jearsey, S. 179 – 1196.
- Frischknecht-Tobler, U.; Labudde, P. (2010): Beobachten und Experimentieren. In: Labudde, P. (Hrsg.): *Fachdidaktik Naturwissenschaft 1.-9. Schuljahr*. Bern: Haupt, S. 133 – 148.
- Fthenakis, W. E. (Hrsg.) (2003): *Elementarpädagogik nach PISA – Wie aus Kindertagesstätten Bildungseinrichtungen werden können*. Freiburg, Basel, Wien: Herder.
- Fthenakis, W. E. (Hrsg.) (2009): *Frühe naturwissenschaftliche Bildung*. Troisdorf: Bildungsverlag Eins.
- Furtak, E. M.; Seidel, T.; Iverson, H.; Briggs, D. C. (2012): Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. In: *Review of Educational Research* 82 (3), S. 300 – 329.
- Gaupp, N.; Zoelch, C.; Schumann-Hengsteler, R. (2004): Defizite numerischer Basiskompetenzen bei rechenschwachen Kindern der 3. und 4. Klassenstufe. In: *Zeitschrift Für Pädagogische Psychologie* 18 (1), S. 31 – 42. DOI: 10.1024/1010-0652.18.1.31.

- Gelman, R.; Brennenman, K. (2004): Science learning pathways for young children. In: *Early Childhood Research Quarterly* 19 (1), S. 150 – 158.
- Gelman, R.; Brennenman, K.; Macdonald, G.; Roman, M. (2008): *Preschool Pathways to Science (PrePS[TM]): Facilitating Scientific Ways of Thinking, Talking, Doing, and Understanding*. Brookes Publishing Company.
- Gentner, D. (1983): Structure-Mapping: A Theoretical Framework for Analogy. In: *Cognitive Science* 7, 155 – 170.
- Gentner, D. (1989): The mechanisms of analogical learning. In: Vosniadou, S.; Ortony, A. (Hrsg.): *Similarity and analogical reasoning*. New York: Cambridge University Press, S. 199 – 241.
- Gentner, D. (2005): The development of relational category knowledge. In: Gershkoff-Stowe, L.; Rakison, D. H. (Hrsg.), *Building object categories in developmental time: Mahwah: Erlbaum*, S. 245 – 275.
- Gentner, D.; Namy, L. (1999): Comparison in the development of categories. In: *Cognitive Development* 14, S. 478 – 513.
- Gentner, D.; Goldin-Meadow, S. (2003): *A Bradford book. Language in mind: Advances in the study of language and thought*. Cambridge, MA.
- Gentner, D.; Loewenstein, J.; Thompson, L. (2003): Learning and Transfer: A General Role for Analogical Encoding. In: *Journal of Educational Psychology* 95 (2), S. 393 – 408.
- Gentner, D.; Loewenstein, J.; Thompson, L. (2004): Analogical encoding: Facilitating knowledge transfer and integration. In: *Proceedings of the twenty-sixth annual meeting of the cognitive science society*. Mahwah, NJ, S. 452 – 457.
- Germann, P.; Aram, R. (1996): Student performances on the science processes of recording data, analyzing data, drawing conclusions, and providing evidence. In: *Journal of Research in Science Teaching* 33 (7), S. 773 – 798.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2002): *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Glaesser, J.; Gott, R.; Roberts, R.; Cooper, B. (2009): Underlying success in open-ended investigations in science: using qualitative comparative analysis to identify necessary and sufficient conditions. In: *Research in Science; Technological Education*, 27 (1), S. 5 – 30. DOI: 10.1080/02635140802658784.
- Glug, Inga (2009): *Entwicklung und Validierung eines Multiple-Choice-Tests zur Erfassung prozessbezogener naturwissenschaftlicher Grundbildung*. Kiel. Online verfügbar unter http://eldiss.uni-kiel.de/macau/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00002755/dissertation_inga_glug.pdf?hosts=&0, zuletzt geprüft am 20.09.2020.
- Goldman, R.; Pea, R.; Barron, B.; Denny, S. J. (2007): *Video research in the learning sciences*. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Gopnik, A. (2012): Scientific thinking in young children: Theoretical advances, empirical research, and policy implications. In: *Science* 337 (6102), S. 1623 – 1627. DOI: 10.1126/science.1223416.
- Gopnik, A.; Sobel, D. M. (2000): Detectingblickets: How young children use information about causal properties in categorization and induction. In: *Child Development* 71, S. 1205 – 1222.
- Gopnik, A.; Kuhl, P.; Meltzoff, A. (2001): *Forschergeist in Windeln*. München: Piper.
- Gopnik, A.; Sobel, D. M.; Schulz, L.; Glymour, C. (2001): Causal learning mechanisms in very young children: Two, three, and four-year-olds infer causal relations from patterns of variation and covariation. In: *Developmental Psychology* 37, S. 620 – 629.
- Gopnik, A.; Schulz, L. (Hrsg.) (2007): *Causal learning: Psychology, philosophy, and computation*. Oxford University Press. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780195176803.001.0001.
- Goswami, U.; Brown, A. L. (1989): Melting chocolate and melting snowmen: analogical reasoning and causal relations. In: *Cognition* 35 (1), S. 69 – 95.
- Goswami, U. (2001): Analogical reasoning in children. In: Gentner, D.; Holyoak K. J.; Kokinov, B. N. (Hrsg.): *The analogical mind: Perspectives from cognitive science*. Cambridge: The MIT Press, S. 437 – 470.
- Goswami, U. (2008): *Cognitive Development: The Learning Brain*. Philadelphia: Psychology Press of Taylor and Francis.
- Gräber, W.; Nentwig, P. (2002): Scientific Literacy – Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In: Evans, R.; Gräber, W.; Koballa, T.; P. Nentwig (Hrsg.): *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen: Leske + Budrich, S. 7 – 20.
- Grell, F.; Roßbach, H.-G. (2010): (Überhöhte?) Erwartungen an die Frühpädagogik. Zur Einleitung in den Thementeil. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 56 (2), S. 151 – 153.
- Gropengießer, H.; Marohn, A. (2018): Schülervorstellungen und Conceptual Change. In: Krüger, D.; Parchmann, I.; Schecker, H. (Hrsg.): *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 49 – 67.
- Grube, C. R. (2011): *Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Untersuchung der Struktur und Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I*. Kassel. Online verfügbar unter <https://kobra.bibliothek.uni-kassel.de/bitstream/urn:nbn:de:hebis:34-2011041537247/3/DissertationChristianeGrube.pdf>, zuletzt geprüft am 20.09.2020.
- Grygier, P.; Günther, J.; Kircher, E. (2007): *Über Naturwissenschaften lernen: Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule (2. Auflage)*. Baltmannsweiler: Schneider.
- Guo, J. P.; Pang, M. F.; Yang, L. Y.; Ding, Y. (2012): Learning from comparing multiple examples: On the dilemma of “similar” or “different. In: *Educational Psychology Review* 24, S. 251 – 269.

- Guo, Y.; Dynia, J. M.; Pelatti, C. Y.; Justice, L. M. (2014): Self-efficacy of early childhood special education teachers: Links to classroom quality and children's learning for children with language impairment. In: *Teaching and Teacher Education* 39, S. 12 – 21. DOI: 10.1016/j.tate.2013.11.005.
- Guo, Y.; Piasta, S.; Bowles, R. (2015): Exploring Preschool Children's Science Content Knowledge. In: *Early Education and Development* 26 (1), S. 125 – 1146.
- Hahn, I.; Schöps, K.; Rönnebeck, S.; Martensen, M.; Hansen, S.; Saß, S.; Dalehefte, I. M.; Prenzel, M. (2013): Assessing scientific literacy over the lifespan - A description of the NEPS science framework and the test development. In: *Journal for Educational Research Online* 5 (2), S. 110 – 138.
- Hahn, I.; Schöps, K.; Saß, S.; Hansen, S.; Martensen, M.; Wagner, H.; Funke, L. (2014): The assessment of scientific literacy in the National Educational Panel Study (NEPS) including example items for Kindergarten, grade 6, students and adults. Scientific Use File 2013, Version 1.0.0. Bamberg: Leibniz Institute for Educational Trajectories, National Educational Panel Study.
- Haladyna, T. M. (1994): Developing and validating multiple-choice test items. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Hammann, M.; Phan, T. H.; Bayrhuber, H. (2008): Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? In: Prenzel, M.; Gogolin, I.; Krüger, H.-H. (Hrsg.): *Kompetenzdiagnostik*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 33 – 49.
- Hammer, R.; Bar-Hillel, A.; Hertz, T.; Weinshall, D.; Hochstein, S. (2008): Comparison processes in category learning: From theory to behavior. In: *Brain Research* 1225, S. 102 – 118.
- Hamre, B. K.; Pianta, R. C. (2005): Can instructional and emotional support in the first-grade classroom make a difference for children at risk of school failure? In: *Child Development* 76 (5), S. 949 – 967.
- 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". In: *Journal of Educational Psychology* 98, S. 307 – 326.
- Hardy, I.; Steffensky, M. (2013): Naturwissenschaftliches Wissen. In: Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (Hrsg.): *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (Band 5)*. Schaffhausen, Schubli Lernmedien AG, S. 105 – 112.
- Hardy, I.; Steffensky, M.; Leuchter, M.; Saalbach, H. (2017): *Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 1: Elementarbereich. (Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 8. Klasse (Vol. 1))*. Bonn: Deutsche Telekom Stiftung.
- Harms, T.; Clifford, R. M.; Cryer, D. (1998): *Early childhood environment rating scale. Revised Edition*. New York.
- Hartinger, A.; Grygier, P.; Tretter, T.; Ziegler, F. (2013): *Lernumgebungen zum naturwissenschaftlichen Experimentieren. Handreichungen des Programms SINUS an Grundschulen. Naturwissenschaften*. Kiel.
- Haryu, E.; Imai, M.; Okada, H. (2011): Object Similarity Bootstraps Young Children to Action-Based Verb Extension. In: *Child Development* 82 (2), S. 674 – 686.
- Hasselhorn, M.; Schumann-Hengsteler, R. (2001): *Arbeitsgedächtnis*. In: Rost, D. H. (Hrsg.): *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie (2. Auflage)*. Weinheim, S. 17 – 122.
- Hauser, Bernhard (2013): *Spielen: Frühes Lernen in Familie, Krippe und Kindergarten*. Stuttgart: Kohlhammer
- Heckman, J. J.; Moon, S. H.; Pinto, R.; Savelyev, P. A.; Yavitz, A. (2010): The Rate of Return to the High; Scope Perry Preschool Program. In: *Journal of Public Economics* 94 (1), S. 114 – 1128.
- Henrichs L.; Leseman P.; Broekhof K.; de Lara, H. C. (2011): Kindergarten Talk about Science and Technology. In: Vries, M. J.; Kuelen, H.; Peters, S.; Molen, J. W. (Hrsg.): *Professional Development for Primary Teachers in Science and Technology. International Technology Education Studies, Vol 9*. SensePublishers, S. 217 – 227. DOI: 10.1007/978-94-6091-713-4_16.
- Hofstein, A.; Lunetta, V. N. (2004): The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. In: *Science Education* 88 (1), S. 28 – 54.
- Hopf, M. (2012): *Sustained Shared Thinking im frühen naturwissenschaftlich-technischen Lernen*. Münster: Waxmann.
- Howes, C.; Burchinal, M.; Pianta, R.; Bryant, D.; Early, D.; Clifford, R.; Barbarin, O. (2008): Ready to learn? Children's pre-academic achievement in pre-Kindergarten programs. In: *Early Childhood Research Quarterly* 23 (1), S. 27 – 50. DOI: 10.1016/j.ec-resq.2007.05.002.
- Inagaki, K.; Hatano, G. (1987): Young children's spontaneous personification as analogy. *Child Development* 58 (4), S. 1013 – 1020. DOI: 10.2307/1130542.
- Inagaki, K.; Hatano, G. (1996): Young Children's Recognition of Commonalities between Animals and Plants. In: *Child Development* 67, S. 2823 – 2840.
- Jampert, K.; Leuckefeld, K.; Zehnbauser, A.; Best, P. (2006): *Sprachliche Förderung in der Kita: Wie viel Sprache steckt in Musik, Bewegung, Naturwissenschaften und Medien?* Weimar, Berlin.
- Janik, T.; Seidel, T. (Hrsg.) (2009): *The power of video studies in investigating teaching and learning in the classroom*. Münster: Waxmann.
- Jonassen, D. (2011): Supporting Problem Solving in PBL. In: *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning* 5 (2), S. 8. DOI: 10.7771/1541-5015.1256.

- Kallery, M. (2015): Science in early years education: Introducing floating and sinking as a property of matter. In: *International Journal of Early Years Education* 23 (1), S. 31 – 53. DOI: 10.1080/09669760.2014.999646.
- Kalyuga, S.; Chandler, P.; Tuovinen, J.; Sweller, J. (2001): When problem solving is superior to studying worked examples. In: *Journal of Educational Psychology* 93 (3), S. 579 – 588.
- Kammermeyer, G.; Roux, S.; Stuck, A. (2013): "Was wirkt wie?": Evaluation von Sprachfördermaßnahmen in Rheinland-Pfalz. Landau: Universität Landau.
- Kapeller, P. (2009): *Verhaltensbiologie*. Berlin: Springer.
- Karmiloff-Smith, A. (1992): *Beyond modularity: A developmental perspective on cognitive science*. Learning, development, and conceptual change. Cambridge, MA.
- Keselman, A. (2003): Supporting inquiry learning by promoting normative understanding of multivariable causality. In: *Journal of Research in Science Teaching* 40 (9), S. 898 – 921.
- Khishfe, R.; Abd-El-Khalick, F. (2002): The influence of explicit reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. In: *Journal of Research in Science Teaching* 39 (7), S. 551 – 578. DOI: 10.1002/tea.10036.
- Kirchhöfer, D. (2004): *Lernkultur Kompetenzentwicklung. Begriffliche Grundlagen*. Berlin.
- Kirschner, P. A.; Sweller, J.; Clark, R. E. (2006): Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. In: *Educational Psychologist* 41 (2), S. 75 – 86.
- Klafki, W. (1985): *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Beiträge zur kritisch-konstruktiven Didaktik*. Beltz: Weinheim.
- Klafki, W. (2007): *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik* (6. Auflage). Weinberg, Basel: Beltz Verlag.
- Klahr, D.; Dunbar, K. (1988): Dual Space Search During Scientific Reasoning. In: *Cognitive Science* 12 (1), S. 1 – 148.
- Klahr, D. (2000): *Exploring science: The cognition and development of discovery processes*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Klieme, E.; Lipowsky, F.; Rakoczy, K.; Ratzka, N. (2006): Qualitätsdimensionen und Wirksamkeit von Mathematikunterricht. In: Prenzel, M.; Alolio-Näcke, L. (Hrsg.): *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms*. Münster, S. 127 – 146.
- Kloos, H.; van Orden, G. C. (2005): Can a preschooler's mistaken belief benefit learning? In: *Swiss Journal of Psychology / Schweizerische Zeitschrift für Psychologie / Revue Suisse de Psychologie* 64, S. 195 – 205.
- Kluczniok, K.; Sechtig, J.; Roßbach, H.-G. (2012): Qualität im Kindergarten. Wie gut ist das Niveau der Kindertagesbetreuung in Deutschland und wie wird es gemessen? In: *DJI Impulse* 98 (2), S. 33 – 36.
- Kluczniok, K.; Roßbach, H.-G. (2014): Conceptions of educational quality for kindergartens. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 17 (6), S. 145 – 158.
- Knauer, R.; Hansen, R. (2020): *Erfolgreich starten. Leitlinien zum Bildungsauftrag in Kindertagesstätten*. Hrsg. v. Ministerium für Soziales, Gesundheit, Jugend, Familie und Senioren des Landes Schleswig-Holstein. Kiel. Online verfügbar unter https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/K/Kindertageseinrichtungen/downloads/Kindertageseinrichtungen_Bildungsauftrag_Leitlinien_Bildungsauftrag_BildungsleitlinienDeutsch.pdf?__blob=publicationFile&v=1, zuletzt geprüft am 20.09.2020.
- Koerber, S.; Sodian, B.; Thoermer, C.; Nett, U. (2005): Scientific Reasoning in Young Children: Preschoolers' Ability to Evaluate Covariation Evidence. In: *Swiss Journal of Psychology* 64 (3), S. 141 – 152. DOI: 10.1024/1421-0185.64.3.141.
- König, A. (2006): *Dialogisch-entwickelnde Interaktionsprozesse zwischen ErzieherIn und Kind(-ern): Eine Videostudie aus dem Alltag des Kindergartens*. Dortmund. Online verfügbar unter <https://d-nb.info/99778640x/34>, zuletzt geprüft am 20.09.2020.
- König, A. (2007): *Dialogisch-entwickelnde Interaktionsprozesse als Ausgangspunkt für die Bildungsarbeit im Kindergarten*. In: *Bildungsforschung* 4 (1), S. 1 – 21. Online verfügbar unter https://www.pedocs.de/volltexte/2014/4622/pdf/bf_2007_1_Koenig_Interaktionsprozesse.pdf, zuletzt geprüft am 20.09.2020.
- König, A. (2017): *Übergang von der Kindertageseinrichtung in die Grundschule*. In: Petermann, F.; Wiedebusch, S. (Hrsg.): *Praxishandbuch Kindergarten*. Göttingen, S. 493 – 509.
- Kohlhauf, L.; Rutke, U.; Neuhaus, B. (2011): Entwicklung eines Kompetenzmodells zum biologischen Beobachten ab dem Vorschulalter. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 17, S. 203 – 222.
- Kotovsky, L.; Gentner, D. (1996): Comparison and categorization in the development of relational similarity. In: *Child Development* 67, S. 2797 – 2822.
- Krajcik, J.; Blumenfeld, P. C.; Marx, R. W.; Bass, K. M.; Fredricks, J. A.; Soloway, E. (1998): Inquiry in Project-Based Science Classrooms: Initial Attempts by Middle School Students. In: *The Journal of the Learning Sciences* 7 (3-4), S. 313 – 350. DOI: 10.1080/10508406.1998.9672057.
- Krajewski, K.; Schneider, W. (2006): Mathematische Vorläuferfertigkeiten im Vorschulalter und ihre Vorhersagekraft für die Mathematikleistungen bis zum Ende der Grundschulzeit. In: *Zeitschrift für Psychologie in Erziehung und Unterricht* 53, S. 246 – 262.
- Krammer, K. (2010): Individuelle Unterstützung im Unterricht mit 4- bis 8-jährigen Kindern. In: Leuchter, M. (Hrsg.): *Didaktik der ersten Bildungsjahre*. Seelze: Klett, Kallmeyer, S.112 – 127.

- Krapp, A.; Prenzel, M. (2011): Research on Interest in Science: Theories, methods, and findings. IN: International Journal of Science Education 33 (1), S. 27 – 50. DOI: 10.1080/09500693.2010.518645.
- Kremer, K. (2010): Die Natur der Naturwissenschaften verstehen – Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I. Kassel.
- Kuger, S.; Kluczniok, K. (2008): Prozessqualität im Kindergarten – Konzept, Umsetzung und Befunde. In: Roßbach, H.-G. (Hrsg.): Frühpädagogische Förderung in Institutionen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Sonderheft 11, S. 159 – 178.
- Kuger, S.; Kluczniok, K.; Kaplan, D.; Roßbach, H.-G. (2015): Stability and patterns of classroom quality in German early childhood education and care. In: School Effectiveness and School Improvement 27 (3), S. 418 – 440.
- Kuhn, D. (2010): What is Scientific Thinking and How Does it Develop? In: Goswami, U. C. (Hrsg.): Blackwell handbooks of developmental psychology. The Wiley-Blackwell handbook of childhood cognitive development (2. Auflage). Malden, MA, S. 497 – 523.
- Kuhn, D.; Amsel, E.; O'Loughlin, M. (1988): The development of scientific thinking skills. Orlando, Florida: Academic Press.
- Kuhn, D.; Franklin, S. (2006): The Second Decade: What Develops (and How). In: Kuhn, D.; Siegler, R.; Damon, W.; Lerner, R. (Hrsg.): Handbook of child psychology. Cognition, perception, and language. New York: John Wiley, Sons Inc, S. 953 – 993. DOI: 10.1002/9780470147658.chpsy0222.
- Kunter, M.; Brunner, M.; Baumert, J.; Klusman, U.; Krauss, S.; Blum, W.; Jordan, A.; Neubrand, M. (2005): Der Mathematikunterricht der PISA-Schülerinnen und Schüler. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 8, S. 502 – 520. DOI: 10.1007/s11618-005-0156-8.
- Kunter, M.; Klusmann, U.; Baumert, J.; Richter, D.; Voss, T.; Hachfeld, A. (2013): Professional competence of teachers. Effects on instructional quality and student development. In: Journal of Educational Psychology 105 (3), S. 805 – 820.
- Kurtz, K. J.; Miao, C.; Gentner, D. (2001): Learning by Analogical Bootstrapping. In: The Journal of the learning sciences 10 (4), S. 417 – 446.
- Kurtz, K. J.; Loewenstein, J. (2007): Converging on a new role for analogy in problem solving and retrieval: When two problems are better than one. In: Memory and Cognition 35 (2), S. 334 – 341.
- La Paro, K. M.; Hamre, B. K.; LoCasale-Crouch, J.; Pianta, R. C.; Bryant, D.; Early, D.; Burchinal, M. (2009): Quality in Kindergarten Classrooms: Observational Evidence for the Need to Increase Children's Learning Opportunities in Early Education Classrooms. In: Early Education and Development 20 (4), S. 657 – 692. DOI: 10.1080/10409280802541965.
- Lange, K.; Kleickmann, T.; Tröbst, S.; Möller, K. (2012): Fachdidaktisches Wissen von Lehrkräften und multiple Ziele im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 15 (1), S. 55 – 75. DOI: 10.1007/s11618-012-0258-z.
- Lepper, M. R.; Woolverton, M. (2002): The wisdom of practice: Lessons learned from the study of highly effective tutors. In J. Aronson (Hrsg.): Improving academic achievement. Impact of psychological factors on education. Academic Press, S. 135 – 158. DOI: 10.1016/B978-012064455-1/50010-5.
- Leslie, A. M.; Keeble, S. (1987): Do six-month old infants perceive causality? In: Cognition 25 (3), S. 265 – 288.
- Leuchter, M. (2017): Kinder erkunden die Welt. Frühe naturwissenschaftliche Bildung und Förderung. Kohlhammer: Stuttgart.
- Leuchter, M.; Saalbach, H.; Hardy, I. (2011): Förderung des konzeptuellen Verständnisses für Schwimmen und Sinken durch strukturierte Lernumgebungen. In: Vogt, F.; Leuchter, M.; Tettenborn, A.; Hottinger, U.; Jäger, M.; Wannack, E.: Entwicklung und Lernen junger Kinder. Münster: Waxmann.
- Leuchter, M.; Saalbach, H.; Hardy, I. (2013): Designing Science Learning in the First Years of Schooling. An intervention study with sequenced learning material on the topic of 'floating and sinking'. In: International Journal of Science Education, 36 (10), S. 1751 – 1771. DOI: 10.1080/09500693.2013.878482.
- Leuchter, M.; Saalbach, H. (2014): Verbale Unterstützungsmaßnahmen im Rahmen eines naturwissenschaftlichen Lernangebots in Kindergarten und Grundschule. In: Unterrichtswissenschaft 42, S. 117 – 131.
- Leuchter, M.; Möller, K. (2017): Frühe naturwissenschaftliche Bildung. In: Braches-Chyrek, R.; Röhrner, C.; Sünker, H.; Hopf, M. (Hrsg.): Handbuch Frühe Kindheit (2. Auflage). Leverkusen: Verlag Barbara Budrich, S. 671 – 680.
- Leuders, T.; Holzäpfel, L. (2011): Kognitive Aktivierung im Mathematikunterricht. In: Unterrichtswissenschaft 39, S. 213 – 230.
- Lienert, G. A.; Ratz, U. (1998): Testaufbau und Testanalyse. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Lohmann, J. (2019): Pilotierung und Weiterentwicklung eines Tests zur Erfassung von naturwissenschaftlichem Wissen 5-6-jähriger Kinder. Masterarbeit, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.
- Lohrmann, K.; Hartinger, A.; Schwelle, V. (2013): Exemplarisches Lehren und Lernen durch das Arbeiten mit Beispielen. Theoretische Bezüge zwischen Allgemeiner Didaktik, Fachdidaktik und Lehr-Lernpsychologie. In: Zeitschrift für Grundschulforschung 6 (1), S. 158 – 171.
- Lohrmann, K.; Hartinger, A.; Schwelle, V.; Hartig, J. (2014): Die Bedeutung der (Un-)Ähnlichkeit von Beispielen für den Aufbau von konzeptuellem Wissen [The role (dis)similarity of examples for construction of conceptual knowledge]. In: Zeitschrift für Grundschulforschung 7, S. 60 – 63.
- Lück, G. (2003): Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung. Theorie und Praxis für die Arbeit in Kindertageseinrichtungen. Freiburg im Breisgau, Basel, Wien: Verlag Herder.

- Mandl, H. (2010): Lernumgebungen problemorientiert gestalten. Zur Entwicklung einer neuen Lernkultur. In: Jürgens, E.; Standop, J.: Was ist "Guter" Unterricht? Namhafte Expertinnen und Experten geben Antwort. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 19 – 38.
- Mandrin, P.; Preckel, D. (2009): Effect of Similarity-Based Guided Discovery Learning on Conceptual Performance. In: *School Science and Mathematics* 109 (3), S. 131 – 186.
- Mantzicopoulos, P.; Patrick, H.; Samarapungavan, A. (2008): Young children's motivational beliefs about learning science. In: *Early Childhood Research Quarterly* 23 (3), S. 378 – 394.
- Marquardt-Mau, B. (2011): Der Forschungskreislauf: Was bedeutet forschen im Sachunterricht? In: Deutsche Telekom Stiftung; Deutsche Kinder- und Jugendstiftung (Hrsg.): *Prima[r]forscher – Naturwissenschaftliches Lernen im Grundschulnetzwerk. Wie gute naturwissenschaftliche Bildung an Grundschulen gelingt. Ergebnisse und Erfahrungen aus Prima(r)forscher*. Berlin, S. 32 – 37.
- Martin, E.; Wawrinowski, U. (2006): *Beobachtungslehre. Theorie und Praxis reflektierter Beobachtung und Beurteilung*. Weinheim: Juventa.
- Martschinke, S. (2007): Bilder. In: Kahlert, J.; Fölling-Albers, M.; Götz, M.; Hartinger, A.; Wittkowske, S.; von Reeken, D. (Hrsg.): *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 501 – 506.
- Mashburn, A. J.; Pianta, R. C.; Hamre, B. K.; Downer, J. T.; Barbarin, O. A.; Bryant, D.; Burchinal, M.; Ealry, D.; Howes, C. (2008): Measures of classroom quality in prekindergarten and children's development of academic, language, and social skills. In: *Child Development* 79 (3), S. 732 – 749. DOI: 10.1111/j.1467-8624.2008.01154.x.
- Mashburn, A. J.; Pianta, R. C. (2010): Opportunity in early education: Improving teacher-child interactions and child outcomes. In: Reynolds, A. J.; Rolnick, A. J.; Englund, M. M.; Temple, J. A. (Hrsg.): *Childhood programs and practices in the first decade of life: A human capital integration*. Cambridge University Press, S. 243 – 265. DOI: 10.1017/CBO9780511762666.014.
- Mayer, R. E. (2004): Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. In: *American Psychologist* 59 (1), S. 14 – 19.
- Mayer, J.; Ziemek, H.-P. (2006): Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. In: *Unterricht Biologie* 317, S. 1 – 9.
- Mayer, J.; Grube, C.; Möller, A. (2008): Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In: Harms, U.; Sandmann, A. (Hrsg.): *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*. Innsbruck: Studienverlag, S. 63 – 79.
- McClelland, M. M.; Acock, A. C.; Morrison, F. J. (2006): The impact of kindergarten learning related skills on academic trajectories at the end of elementary school. In: *Early Childhood Research Quarterly* 21 (4), S. 471 – 490.
- McComas, W. (1996): Ten myths of science: Reexamining what we think we know. In: *School Science; Mathematics* 96 (1), S. 10 – 15.
- McCray, J. S.; Chen, J.-Q. (2012): Pedagogical Content Knowledge for Preschool Mathematics: Construct Validity of a New Teacher Interview. In: *Journal of Research in Childhood Education* 26 (3), S. 291 – 307.
- Meier, M.; Mayer, J. (2011): Gewusst Vee! Ein Diagnoseinstrument zur Erfassung von Konzept- und Methodenwissen im Biologieunterricht. In: Fächter, A.; Moegling, K. (Hrsg.): *Diagnostik und Förderung. Teil II: Beispiele aus der Unterrichtspraxis (Band 15)*. Immenhausen: Prolog Verlag, S. 121 – 139. DOI: 10.2307/j.ctvss3zfz.10.
- Michel, H.; Neumann, I. (2017): Nature of Science and Science Content Learning. In: *Science Education* 25, S. 951–975. DOI: 10.1007/s11191-016-9860-4.
- Miller, J. (1965): Living systems: Structure and process. In: *Journal of the Society for General Systems Research* 10 (4), S. 337 – 379. DOI: 10.1002/bs.3830100402.
- Ministerium für Bildung Rheinland-Pfalz (Hrsg.) (2018): *Naturwissenschaftliche Inhalte im Sachunterricht*. Mainz. Online verfügbar unter https://grundschule.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/grundschule.bildung-rp.de/Praxishandbuch_Naturwissenschaftliche_Inhalte_im_SU.pdf, zuletzt geprüft am 20.09.2020.
- Minstrell, J. (2000): Implications for teaching and learning inquiry: A summary. In: Minstrell, J.; van Zee, E. (Hrsg.): *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*. Washington, D.C.: American Association for the Advancement of Science, S. 471 – 496.
- Möller, K. (2007): Genetisches Lernen und Conceptual Change. In: Kahlert, J.; Fölling-Albers, M.; Götz, M.; Rartinger, A.; von Reeken, D.; Wittkowske, S. (Hrsg.): *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 258 – 266.
- Möller, K. (2009): Was lernen die Kinder über Naturwissenschaften im Elementar- und Primarbereich? – Einige kritische Bemerkungen. In: Lauterbach, R.; Giest, H.; Marquadt-Mau, B. (Hrsg.): *Lernen und kindliche Entwicklung. Elementarbildung und Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 165 – 172.
- Möller, K.; Jonen, A.; Hardy, I.; Stern, E. (2002): Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: Prenzel, M. (Hrsg.): *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen*, *Zeitschrift für Pädagogik* 48, S. 176 – 191.
- Möller, K.; Steffensky, M. (2010): Naturwissenschaftliches Lernen im Unterricht mit 4– bis 8-jährigen Kindern. Kompetenzbereiche frühen naturwissenschaftlichen Lernens. In Leuchter, M. (Hrsg.): *Didaktik für die ersten Bildungsjahre. Unterricht mit 4- bis 8-jährigen Kindern*. Seelze: Friedrich Verlag, S. 163 – 178.

- Möller, K.; Kleickmann, T.; Sodian, B. (2011): Naturwissenschaftlich-technischer Lernbereich. In: Einsiedler, W.; Götz, M.; Hartinger, A.; Heinzl, F.; Kahlert, J.; Sandfuchs, U. (Hrsg.): *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik* (3. vollst. überarb. Auflage): Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 509 – 517.
- Moosbrugger, H.; Kelava, A. (2012): Qualitätsanforderungen an einen psychologischen Test (Testgütekriterien). In: Moosbrugger, H.; Kelava, A. (Hrsg.): *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2. Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer, S. 7 – 26.
- Morgan, P. L.; Farkas, G.; Hillemeier, M. M.; Maczuga, S. (2016): Science Achievement Gaps Begin Very Early, Persist, and Are Largely Explained by Modifiable Factors. In: *Educational Researcher* 45 (1), S. 18 – 35.
- Naguib, M. (2006): *Methoden der Verhaltensbiologie*. Berlin: Springer.
- Namy, L. L.; Gentner, D. (2002): Making a Silk Purse Out of Two Sow's Ears: Young Children's Use of Comparison in Category Learning. In: *Journal of Experimental Psychology* 131 (1), S. 5 – 15.
- National Institute of Child Care and Human Development (NICHD) Early Child Care Research Network (ECCRN) (2002): Child-Care Structure-Process-Outcome: Direct and Indirect Effects of Child-Care Quality on Young Children's Development. In: *Psychological Science* 13 (3), S. 199 – 206. DOI: 10.1111/1467-9280.00438.
- National Institute of Child Care and Human Development (NICHD) Early Child Care Research Network (ECCRN) (2005): Predicting individual differences in attention, memory, and planning in first graders from experiences at home, childcare, and school. In: *Developmental Psychology* 41 (1), S. 99 – 114.
- Nehring, A.; Nowak, K.; Upmeyer zu Belzen, A.; Tiemann, R. (2015): Predicting Students' Skills in the Context of Scientific Inquiry with Cognitive, Motivational, and Sociodemographic Variables. In: *International Journal of Science Education* 37 (9), S. 1343 – 1363.
- Nentwig, P.; Schanze, S. (Hrsg.) (2006): *Es ist nie zu früh! Naturwissenschaftliche Bildung in jungen Jahren*. Waxmann Verlag. Münster.
- Norris, S. P.; Phillips, L. M. (2003): How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. In: *Science Education*, 87 (2), S. 224 – 240.
- Novick, L. R. (1988): Analogical transfer, problem similarity, and expertise. In: *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, Cognition* 14, S. 510 – 520.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (Hrsg.) (2003): *Definition and Selection of Competencies: Theoretical and Conceptual Foundations (DeSeCo): Summary of the final report "Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society"*. Paris: OECD Publishing.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (Hrsg.) (2007): *PISA 2006 – Schulleistungen im internationalen Vergleich Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von morgen. Originalfassung veröffentlicht unter dem Titel: PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World: Volume 1 Analysis*. Paris: OECD Publishing.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (Hrsg.) (2016): *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*. Paris: OECD Publishing.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (Hrsg.) (2019): *PISA 2018 Ergebnisse. Was Schülerinnen und Schüler wissen und können (Band 1)*. Paris: OECD Publishing. DOI: 10.3278/6004763w.
- Osborne, J.; Dillon, J. (2008): *Science Education in Europe: Critical Reflections. A Report to the Nuffield Foundation*. London.
- Österreicher, H. (2011): *Kinder lieben kleine Tiere: Eine Anleitung zum Kennenlernen von Kleinlebewesen*. Berlin: Verlag das Netz.
- Paas, F.; van Merriënboer, J. J. G. (1994): Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive-load approach. In: *Journal of Educational Psychology* 86 (1), S. 122 – 133.
- Pagano, R. R. (2010): *Understanding statistics in the behavioral sciences* (9. Auflage). Australia, Belmont, CA: Thomson Wadsworth.
- Pahnke, J.; Pauen, S. (2012): Entwicklung mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen in der frühen Kindheit. In: *Stiftung Haus der kleinen Forscher* (Hrsg.): *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 4). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG, S. 105 – 112.
- Patrick, H.; Mantzicopoulos, P.; Samarapungavan, A. (2009): Motivation for Learning Science in Kindergarten: Is There a Gender Gap and Does Integrated Inquiry and Literacy Instruction Make a Difference. In: *Journal of Research in Science Teaching* 46 (2), S. 166 – 191.
- Patrick, H.; Mantzicopoulos, P. (2015): Young Children's Motivation for Learning Science. In: *Trundle, K. C.; Saçkes, M.* (Hrsg.): *Research in early childhood science education*. Dordrecht, Heidelberg, New York, S. 7 – 34.
- Pauen, S.; Herber, V.; Brüssel, P. (Hrsg.) (2009): *Vom Kleinsein zum Einstein* (1. Auflage). Berlin: Cornelsen Scriptor (Frühe Kindheit).
- Pauli, C.; Drollinger-Vetter, B.; Hugener, I.; Lipowsky, F. (2008): Kognitive Aktivierung im Mathematikunterricht. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 22, S. 127 – 133.
- Pedaste, M.; Sarapuu, T. (2006): Developing an effective support system for inquiry learning in a Web-based environment. In: *Journal of Computer Assisted Learning* 22 (1), S. 47 – 62.
- Pedaste, M.; Mäeots, M.; Siiman, L.; de Jong, T.; van Riesen, S.; Kamp, E.; Manoli, C.; Zacharia, Z.; Tsourlidaki, E. (2015): Phases of inquiry-based learning. Definitions and the inquiry cycle. In: *Educational Research Review* 14, S. 47 – 61.

- Perdue, B. C.; Summers, J. O. (1986): Checking the success of manipulations in marketing experiments. In: *Journal of Marketing Research* 23 (4), S. 317 – 326. DOI: 10.2307/3151807.
- Piaget, J. (1974): *Der Aufbau der Wirklichkeit beim Kinde*. Stuttgart: Klett.
- Pianta, R. C.; Howes, C.; Burchinal, M.; Clifford, R.; Early, D. M.; Barbarin, O. (2005): Features of pre-kindergarten programs, classrooms, and teachers: Do they predict observed classroom quality and child-teacher interactions? In: *Applied Developmental Science* 9 (3), S. 144 – 159.
- Prenzel, M. (2000): Lernen über die Lebensspanne aus einer domänenspezifischen Perspektive. In: Achtenhagen, F.; Lempert, W. (Hrsg.): *Lebenslanges Lernen im Beruf – seine Grundlegung im Kindes- und Jugendalter (Band 4: Formen und Inhalte von Lernprozessen)*. Opladen: Leske + Budrich, S. 175 – 192.
- Quilici, J. L.; Mayer, R. E. (1996): Role of Examples in How Students Learn to Categorize Statistics Word Problems. In: *Journal of Educational Psychology* 88 (1), S. 144 – 161.
- Quinn, David M. (2015): Kindergarten Black-White Test Score Gaps: Re-examining the Roles of Socioeconomic Status and School Quality with New Data. In: *Sociology of Education* 88 (2), S. 120 – 139.
- Rattermann, M. J.; Gentner, D. (1998): More evidence for a relational shift in the development of analogy: Children's performance on a causal-mapping task. In: *Cognitive Development* 13, S. 453 – 478.
- Reiser, B. (2004): Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing Student work. In: *The Journal of the Learning Sciences* 13, S. 273 – 304.
- Renkl, A. (1997): Learning from worked-out examples: A study on individual differences. In: *Cognitive Science* 21 (1), S. 1 – 29.
- Renkl, A.; Stark, R.; Gruber, H.; Mandl, H. (1998): Learning from worked-out examples: The effects of example variability and elicited self-explanations. In: *Contemporary Educational Psychology* 23, S. 90 – 108.
- Renkl, A.; Atkinson, R. K.; Maier, U. H.; Staley, R. (2002): From example study to problem solving: Smooth transitions help learning. In: *Journal of Experimental Education* 70 (4), S. 293 – 315.
- Renkl, A.; Gruber, H.; Weber, S.; Lerche, T.; Schweizer, K. (2003): Cognitive Load beim Lernen aus Lösungsbeispielen. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 17 (2), S. 93 – 101.
- Renkl, A.; Hilbert, T.; Schworm, S. (2009): Example-based learning in heuristic domains: A cognitive load theory account. In: *Educational Psychology Review* 21 (1), S. 67 – 78.
- Resa, E.; Groeneveld, I.; Turani, D.; Anders, Y. (2017): The role of professional exchange in improving language-related process quality in daycare centres. In: *Research Papers in Education* 33 (4), S. 472 – 491. DOI: 10.1080/02671522.2017.1353671.
- Reusser, K. (2006): Konstruktivismus – vom epistemologischen Leitbegriff zur Erneuerung der didaktischen Kultur. In: Baer M.; Fuchs, M.; Füglistner, P.; Reusser, K.; Wyss, H. (Hrsg.): *Didaktik auf psychologischer Grundlage: Von Hans Aebli's kognitionspsychologischer Didaktik zur modernen Lehr- und Lernforschung*. Bern: h.e., S. 151 – 168.
- Richland, L. E.; Morrison, R. G.; Holyoak, K. J. (2006): Children's development of analogical reasoning: Insights from scene analogy problems. In: *Journal of Experimental Child Psychology* 94 (3), S. 249 – 273.
- Rittle-Johnson, B.; Siegler, R.; Alibali, M. (2001): Developing conceptual understanding and procedural skill in mathematics: An iterative process. In: *Journal of Educational Psychology* 93 (2), S. 346 – 362. DOI: 10.1037/0022-0663.93.2.346.
- Rittle-Johnson, B.; Star, J. R. (2009): Compared with what? The effects of different comparisons on conceptual knowledge and procedural flexibility for equation solving. In: *Journal of Educational Psychology* 101 (3), S. 529 – 544.
- Roßbach, H.-G.; Blossfeld, H.-P. (Hrsg.) (2008): *Frühpädagogische Förderung in Institutionen*. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. Sonderheft 11. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Rost, J. (2004): *Lehrbuch Testtheorie – Testkonstruktion (2. Auflage)*. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Verlag Hans Huber.
- Roux, S.; Tietze, W. (2007): Effekte und Sicherung von (Bildungs-)Qualität in Kindertageseinrichtungen. In: *Zeitschrift für Soziologie der Erziehung und Sozialisation* 27 (4), S. 367 – 384.
- Ruffman, T.; Perner, J.; Olson, D. R.; Doherty, M. (1993): Reflecting on scientific thinking: Children's understanding of the hypothesis-evidence relation. In: *Child Development* 64 (6), S. 1617 – 1636. DOI: 10.1111/j.1467-8624.1993.tb04203.x.
- Saalbach, H.; Grabner, R. H.; Stern, E. (2013): Lernen als kritischer Mechanismus geistiger Entwicklung: Kognitionspsychologische und neurowissenschaftliche Grundlagen frühkindlicher Bildung. In: Stamm, M.; Edelman, D. (Hrsg.): *Handbuch frühkindliche Bildungsforschung*. Wiesbaden, S. 97 – 112.
- Saçkes, M. (2013): Children's Competencies in Process Skills in Kindergarten and Their Impact on Academic Achievement in Third Grade. In: *Early Education and Development* 24 (5), S. 704 – 720.
- Sagi, E.; Gentner, D.; Lovett, A. (2012): What difference reveals about similarity. In: *Cognitive Science* 36 (6), S. 1019 – 1050.
- Salkind, N. J. (2010): *Encyclopedia of Research Design (Vol. 2)*. Los Angeles: Sage.
- Samarapungavan, A.; Patrick, H.; Mantzicopoulos, P. (2011): What Kindergarten Students Learn in Inquiry-Based Science Classrooms. In: *Cognition and Instruction* 29 (4), S. 416 – 470.
- Schauble, L.; Glaser, R.; Duschl, R.; Schulze, S.; John, J. (1995): Students' Understanding of the Objectives and Procedures of Experimentation in the Science Classroom. In: *Journal of the Learning Sciences* 4 (2), S. 131 – 166. DOI: 10.1207/s15327809jls0402_1.
- Schelle, R. (2011): Die Bedeutung der Fachkraft im frühkindlichen Bildungsprozess. *Didaktik im Elementarbereich. Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte, WiFF Expertisen (Band 18)*. München.

- Schmider, E.; Ziegler, M.; Danay, E.; Beyer, L.; Bühner, M. (2010): Is It Really Robust? In: *Methodology* 6 (4), S. 147 – 151. DOI: 10.1027/1614-2241/a000016.
- Schneider, M.; Vamvakoussi, X.; van Dooren, W. (2012): Conceptual change. In: Seel, N. M. (Hrsg.): *Encyclopedia of the sciences of learning*. New York: Springer, S. 735 – 738.
- Schneider, W.; Niklas, F. (2017): Kognitive Entwicklung. In: Petermann, F.; Wiedebusch, S. (Hrsg.): *Praxishandbuch Kindergarten*. Göttingen, S. 15 – 39.
- Schnotz, W. (2001): Lernen aus Beispielen: Ein handlungstheoretischer Rahmen. In: *Unterrichtswissenschaft* 29 (1), S. 88 – 95.
- Schnotz, W.; Kürschner, C. (2007): A Reconsideration of Cognitive Load Theory. In: *Educational Psychology Review* 19 (4), S. 469 – 508. DOI: 10.1007/s10648-007-9053-4.
- Schnotz, W. (2010): Conceptual Change. In: Rost, D. H. (Hrsg.): *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz, S. 777 – 820.
- Schulz, L.; Gopnik, A. (2004): Causal Learning Across Domains. In: *Developmental psychology* 40 (2), S. 162 – 176. DOI: 10.1037/0012-1649.40.2.162.
- Schwelle, V.; Lohrmann, K.; Hartinger, A. (2012): Woran machen Kinder Gemeinsamkeiten zwischen Phänomenen fest? Prozedurales und konzeptuelles Wissen von Drittklässlern zu Hebeln. In: Giest, H.; Heran-Dörr, E.; Archie, C. (Hrsg.): *Lernen und Lehren im Sachunterricht. Zum Verhältnis von Konstruktion und Instruktion*: Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 119 – 126.
- Schwelle, V. (2016): Lernen mit (un-)ähnlichen Beispielen: Zur Bedeutung der Oberflächenstruktur von Beispielen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. *Empirische Erziehungswissenschaft (Band 62)*. Münster, New York: Waxmann Verlag.
- Sedlmeier, P.; Renkewitz, F. (2008): *Forschungsmethoden und Statistik in der Psychologie*. München: Pearson.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2004a): Gemeinsamer Rahmen der Länder für die frühe Bildung in Kindertageseinrichtungen. Beschluss der Jugendministerkonferenz (JMK) vom 13./14.05.2004. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 03./04.06.2004.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2004b): Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik. Online verfügbar unter http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1989/1989_12_01-EPA-Physik.pdf, zuletzt geprüft am 20.09.2020.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (Hrsg.) (2005a): Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (Hrsg.) (2005b): Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). München: Luchterhand.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (Hrsg.) (2009): Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung. Online verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2009/2009_05_07-Empf-MINT.pdf, zuletzt geprüft am 20.09.2020.
- Siegler, R.; DeLoache, J.; Eisenberg, N. (2005): Die Entwicklung von Kindern: Eine Einführung. In: Siegler, R.; DeLoache, J.; Eisenberg, N.: *Entwicklungspsychologie im Kindes- und Jugendalter*. München: Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag, S. 1 – 58.
- Siraj-Blatchford, I.; Sylva, K.; Muttock, S.; Gilden, R.; Bell, D. (2002): *Researching Effective Pedagogy in the Early Years*. Oxford: University of Oxford.
- Siraj-Blatchford, I.; Manni, L. (2008): „Would you like to tidy up now?“ An analysis of adult questioning in the English Foundation Stage. In: *Early Years* 28 (1), S. 5 – 22.
- Slot, P. L.; Leseman, P. P. M.; Verhagen, J.; Mulder, H. (2015): Associations between structural quality aspects and process quality in Dutch early childhood education and care settings. In: *Early Childhood Research Quarterly* 33 (4), S. 64 – 76.
- Sodian, B. (2005): Entwicklung des Denkens im Alter von vier bis acht Jahren – was entwickelt sich? In: Guldemann, T.; Hauser, B. (Hrsg.): *Bildung 4- bis 8jähriger Kinder*, S. 9 – 28. Münster: Waxmann.
- Sodian, B. (2008): Entwicklung des Denkens. In: Oerter, R.; Montada, L. (Hrsg.): *Entwicklungspsychologie* (6. Auflage). Weinheim: Beltz, S. 436 – 479.
- Sodian, B.; Koerber, S.; Thoermer, C. (2004): Naturwissenschaftliches Denken im Vorschulalter. Bildungsziele und Lernvoraussetzungen. In: Hansel, T. (Hrsg.): *Frühe Bildungsprozesse und schulische Anschlussfähigkeit. Reform des frühpädagogischen Bereichs in der Debatte nach PISA Herbolzheim*: Centaurus, S. 138 – 149.
- Sodian, B.; Koerber, S.; Thoermer, C. (2006): Zur Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens im Vor und Grundschulalter. In: Peter Nentwig und Sascha Schanze (Hrsg.): *Es ist nie zu früh! Naturwissenschaftliche Bildung in jungen Jahren; Sammelband zum 60. Geburtstag von Reinhard Demuth*. Unter Mitarbeit von Reinhard Demuth. Münster: Waxmann, S. 11 – 20.
- Sodian, B.; Thoermer, C.; Koerber, S. (2008): Das Kind als Wissenschaftler – schon im Vor- und Grundschulalter? In: Fried, L. (Hrsg.): *Das wissbegierige Kind. Neue Perspektiven in der Früh- und Elementarpädagogik*. Weinheim: Juventa, S. 29 – 36.

- Sodian, B.; Bullock, M. (2008): Scientific reasoning – where are we now? In: *Cognitive Development* 23, S. 431 – 434.
- Sodian, B.; Mayer, D. (2013): Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens im Vor- und Grundschulalter. In: Stamm, M.; Edelmann, D. (Hrsg.): *Handbuch frühkindliche Bildungsforschung*. Wiesbaden, S. 617 – 631.
- Spelke, E. S.; Katz, G.; Purcell, S. E.; Ehrlich, S. M.; Breinlinger, K. (1994): Early knowledge of object motion: continuity and inertia. In: *Cognition* 51 (2), S. 131 – 176.
- Spiro, R. J.; Feltovich, P. J.; Jacobson, M. J.; Coulson, R. L. (1991): Cognitive flexibility, constructivism, and hypertext: Raudom access instruction for advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. In: *Educational Technology* 31 (5), S. 24 – 33.
- Spreckelsen, K. (1997): Phänomenkreise als Verstehenshilfen. In: Köhnlein, W.; Marquardt-Mau, B.; Schreier, H. (Hrsg.): *Kinder auf dem Weg zum Verstehen der Welt*. Bad Heilbrunn, S. 111 – 127.
- Spreckelsen, K. (1998): Kindliches Umweltverstehen und seine Bedeutung für den Sachunterricht. In: Duncker, L.; Popp, W. (Hrsg.): *Kind und Sache. Zur pädagogischen Grundlegung des Sachunterrichts* (3. Auflage). Weinheim; München: Juventa Verlag, S. 213 – 224.
- Star, J. R.; Rittle-Johnson, B. (2009): It pays to compare: An experimental study on computational estimation. In: *Journal of Experimental Child Psychology* 102 (4), S. 408 – 426.
- Steffensky, M. (2017): *Naturwissenschaftliche Bildung in Kindertageseinrichtungen. Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte, WiFF Expertisen (Band 48)*. München
- Steffensky, M.; Lankes, E.-M. (2011): *Naturwissenschaftliches Lernen im Übergang vom Kindergarten zur Grundschule*. Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik an der Universität Kiel.
- Steffensky, M.; Lankes, E.-M.; Carstensen, C. H.; Nölke, C. (2012): Alltagssituationen und Experimente. Was sind geeignete naturwissenschaftliche Lerngelegenheiten für Kindergartenkinder? In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften* 15 (1), S. 37 – 54. DOI: 10.1007/s11618-012-0262-3.
- Steffensky, M.; Hardy, I. (2013): *Naturwissenschaftliches Wissen*. In: *Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.): Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (Band 5)*. Schaffhausen: Schubli Lernmedien AG, S. 45 – 54.
- Steffensky, M.; Hardy, I. (2013): *Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen*. Seelze: Friedrich Verlag.
- Steffensky, M.; Anders, Y.; Barenthien, J.; Hardy, I.; Leuchter, M.; Oppermann, E.; Taskinen, P.; Ziegler, T. (2018): *Early Steps into Science - EASI Science. Wirkungen früher naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf die naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Fachkräften und Kindern*. In: *Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.): Wirkungen naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf Fachkräfte und Kinder. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung "Haus der kleinen Forscher" (Band 10)*, S. 50 – 137.
- Stern, E. (2004): Wie viel Hirn braucht die Schule? Chancen und Grenzen einer neuropsychologischen Lehr-Lern-Forschung. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 50 (4), S. 531 – 538.
- Stern, E.; & Hardy, I. (2005): Anspruchsvolle Lernaufgaben. In: Einsiedler, W.; Götz, M.; Hacker, H.; Kahlert, J.; Keck, R.; Sandfuchs, U. (Hrsg.): *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klünker, S. 396 – 402.
- Straka, G. A.; Macke, G. (1979): *Lehren und Lernen in der Schule. Eine Einführung in Lehr-Lern-Theorien*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Strehmel, P.; Ulber, D. (2014): *Leitung von Kindertageseinrichtungen: Eine Expertise der Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte (WiFF)*. München: Deutsches Jugendinstitut e.V.
- Stuck, A.; Kammermeyer, G.; Roux, S. (2016): The reliability and structure of the Classroom Assessment Scoring System in German preschools. In: *European Early Childhood Education Research Journal* 24 (6), S. 873 – 894. DOI: 10.1080/1350293X.2016.1239324.
- Sumaski, W. (1977): *Systematische Beobachtung – Grundlagen einer empirischen Methode*. In: Leder, G. (Hrsg.): *Hildesheimer Beiträge zu den Erziehungs- und Sozialwissenschaften*, Bd. 5. Hildesheim: Georg Olms Verlag.
- Sweller, J. (1994): Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. In: *Learning and Instruction* 4 (4), S. 295 – 312.
- Sylva, K.; Melhuish, E. C.; Sammons, P.; Siraj-Blatchford, I.; Taggart, B. (2004): *The effective provision of pre-school education (EPPE) project: Final report: A longitudinal study funded by the DfES 1997 – 2004*. London: Institute of Education, University of London/ Department for Education and Skills/Sure Start.
- Sylva, K.; Taggart, B.; Totsika, V.; Gilden, R.; Bell, D.; Ereky-Stevens, K. (2007): Curricular quality and day-to-day learning activities in pre-school. In: *International Journal of Early Years Education* 15, S. 49 – 65. DOI: 10.1080/09669760601106968.
- Sylva, K.; Melhuish, E.; Sammons, P.; Siraj-Blatchford, I.; Taggart, B. (2010): *Early Childhood Matters: Evidence from the Effective Pre-school and Primary Education Project*. London: Routledge.
- Sylva, K.; Sammons, P.; Chan, L. L. S.; Melhuish, E.; Siraj-Blatchford, I.; Taggart, B. (2013): The effects of early experiences at home and pre-school on gains in English and mathematics in primary school: A multilevel study in England. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 16 (2), S. 277 – 301. DOI: 10.1007/s11618-013-0364-6.

- Thole, W.; Fölling-Albers, M.; Roßbach H.-G. (2008): Die „Pädagogik der Kindheit“ im Fokus der Wissenschaften. In: Thole, W.; Fölling-Albers, M.; Roßbach H.-G.; Tippelt, R. (Hrsg.): Bildung und Kindheit: Opladen: Budrich-Verlag, S. 17 – 30.
- Tietze, W.; Meischner, T.; Gänsfuß, R.; Grenner, K.; Schuster, K.-M.; Völkel, P. (1998): Wie gut sind unsere Kindergärten? Eine Untersuchung zur pädagogischen Qualität in deutschen Kindergärten. Neuwied, Berlin: Luchterhand.
- Trundle, K. C.; Saçkes, M. (Hrsg.) (2015): Research in Early Childhood Science Education. Dordrecht: Springer.
- Tytler, R. (2000): A comparison of Year 1 and Year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: Dimensions of conceptual progression. In: International Journal of Science Education 22 (5), S. 447 – 467.
- Ulferts, H.; Anders, Y. (2016): Effects of ECEC on academic outcomes in literacy and mathematics: Meta-analysis of European longitudinal studies: Curriculum Quality Analysis and Impact Review of European ECEC. Report D 4.2. Online verfügbar unter ecec-care.org/fileadmin/careproject/Publications/reports/CARE_WP4_D4_2_Metaanalysis_public.pdf, zuletzt geprüft am 20.09.2020.
- van Huizen, T.; Plantenga, J. (2018): Do children benefit from universal early childhood education and care? A meta-analysis of evidence from natural experiments. In: Economics of Education Review 66, S. 206 – 222.
- van Schijndel, T.; Singer, E.; van der Maas, H.; Raijmakers, M. (2010): A sciencing programme and young children's exploratory play in the sandpit. In: European Journal of Developmental Psychology 7 (5), S. 603 – 617. DOI: 10.1080/17405620903412344.
- Vandell, D.; Belsky, J.; Burchinal, M.; Steinberg, L.; Vandergrift, N. (2010): Do Effects of Early Child Care Extend to Age 15 Years? Results From the NICHD Study of Early Child Care and Youth Development. In: Child development 81 (3), S. 737 – 56. DOI: 10.1111/j.1467-8624.2010.01431.x.
- von Aufschnaiter, C.; Rogge, C. (2010): Misconceptions or missing conceptions? In: Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education 6 (1), S. 3 – 18.
- von Aufschnaiter, C.; Hofmann, J. (2014): Kompetenz und Wissen – Wechselseitige Zusammenhänge und Konsequenzen für die Unterrichtsplanung. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 67 (1), S. 10 – 16.
- Vorholzer, A. (2016): Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes. Berlin: Logos Verlag.
- Vosniadou, S. (1989): Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: A developmental perspective. In: Vosniadou, S.; Ortony, A. (Hrsg.): Similarity and analogical reasoning. New York: Cambridge University Press, S. 413 – 437.
- Vosniadou, S. (1994): Capturing and modelling the process of conceptual change. In: Learning and Instruction 4, S. 45 – 69.
- Vosniadou, S. (2007): Conceptual Change and Education. In: Human Development 50, S. 47 – 54. DOI: 10.1159/000097684.
- Vosniadou, S. (2008): Conceptual Change Research: An Introduction. In: Vosniadou, S. (Hrsg.): International Handbook of Research on Conceptual Change. New York, S. 13 – 28.
- Vosniadou, S.; Brewer, W. F. (1992): Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. In: Cognitive Psychology 24 (4), S. 535 – 585.
- Vosniadou, S.; Ionides, C.; Dimitrakopoulou, A.; Papademetriou, E. (2001): Designing learning environments to promote conceptual change in science. In: Learning and Instruction 11 (4), S. 381 – 419.
- Wadepohl, H. (2015): Professionelles Handeln von frühpädagogischen Fachkräften. Online verfügbar unter http://www.kitafachtexte.de/uploads/media/KiTaFT_Wadepohl_2015.pdf, zuletzt geprüft am 20.09.2020.
- Watts, T.; Duncan, G.; Siegler, R.; Davis-Kean, P. (2014): What's Past Is Prologue: Relations Between Early Mathematics Knowledge and High School Achievement. In: Educational Researcher 43 (7), S. 352 – 360. DOI: 10.3102/0013189X14553660.
- Weinert, F. (2001): Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F. (Hrsg.): Leistungsmessung in Schulen: Weinheim: Beltz, S. 17 – 31.
- Weinert, F.; Helmke, A. (Hrsg.) (1997): Entwicklung im Grundschulalter. Weinheim: Psychologie Verlagsunion. In: Praxis der Kinderpsychologie und Kinderpsychiatrie 48 (7), S. 525 – 526.
- Weinert, F.; Schneider, W. (Hrsg.). (1999): Individual development from 3 to 12: Findings from the Munich Longitudinal Study. New York, NY: Cambridge University Press.
- Weinert, S.; Doil, H.; Frevert, S. (2008): Kompetenzmessungen im Vorschulalter: eine Analyse vorliegender Verfahren. In: Roßbach, H.-G.; Weinert, S. (Hrsg.): Kindliche Kompetenzen im Elementarbereich: Förderbarkeit, Bedeutung und Messung. Berlin: BMBF, S. 89 – 209.
- Weinert, S.; Ebert, S. (2013): Spracherwerb im Vorschulalter. Soziale Disparitäten und Einflussvariablen auf den Grammatikerwerb. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 16, S. 303 – 332. DOI: 10.1007/s11618-013-0354-8.
- Weisberg, R.; Dicamillo, M.; Phillips, D. (1978): Transferring old associations to new situations: A nonautomatic process. In: Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 17 (2), S. 219 – 228.
- Weiß, R.; Osterland, J. (2013): CFT 1-R. Grundintelligenztest Skala 1 – Revision. Göttingen: Hogrefe.
- White, B. Y.; Frederiksen, J. R. (1998): Inquiry, Modeling, and Metacognition: Making Science Accessible to All Students. In: Cognition and Instruction 16 (1), S. 3 – 118.
- Wilhelm, P.; Beishuizen, J. (2003): Content effects in self-directed inductive learning. In: Learning and Instruction 13 (4), S. 381 – 402. DOI: 10.1016/S0959-4752(02)00013-0.

- Wilkening, F.; Sodian, B. (Hrsg.) (2005): Special issue on „scientific reasoning in young children“. In: *Swiss Journal of Psychology* 64 (3), S. 137 – 217.
- Winsler, A.; Naglieri, J. (2003): Overt and Covert Verbal Problem-Solving Strategies: Developmental Trends in Use, Awareness, and Relations With Task Performance in Children Aged 5 to 17. In: *Child Development* 74 (3), S. 659 – 678. DOI: 10.1111/1467-8624.00561.
- Wiser, M.; Smith, C. (2008): Learning and Teaching about Matter in Grades K-8: When Should the Atomic-Molecular Theory Be Introduced? In: Vosniadou, S. (Hrsg.): *International Handbook of Research on Conceptual Change*. New York: Routledge. DOI: 10.4324/9780203874813.
- Wodzinski, R. (2006): Lernschwierigkeiten erkennen – verständnisvolles Lernen fördern. Naturwissenschaftsmodul G4. Sinus Transfer Grundschule. Online verfügbar unter http://sinus-transfer-grundschule.de/fileadmin/Materialien/IPN/G4_ueberarb_Internet.pdf, zuletzt geprüft am 20.09.2020.
- Wood, D.; Bruner, J. S.; Ross, G. (1976): The role of tutoring in problem solving. In: *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines* 17, S. 89 – 100.
- Wygotsky, L. S. (1978): *Mind in Society*. Cambridge, MA.
- Wygotsky, L. S. (1987): *Ausgewählte Schriften. Arbeiten zur psychischen Entwicklung der Persönlichkeit (Band 2)*. Köln: Pahl-Rugenstein.
- Zech, F. (2002): *Grundkurs Mathematikdidaktik, Theoretische und praktische Anleitung für das Lehren und Lernen von Mathematik (10. völlig neu bearbeitete Auflage)*. Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- Zimmerman, C. (2007): The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. In: *Developmental Review* 27 (2), S. 172 – 223. DOI: 10.1016/j.dr.2006.12.001.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Phasen des Forschungszyklus (Pedaste, 2015).....	20
Abbildung 2: Angebot-Nutzungs-Modell für institutionelle und häusliche Entwicklungsprozesse nach Steffensky (2017) in Anlehnung an Roux & Tietze (2007), Bronfenbrenner & Morris (2006) sowie Fend (2001).....	23
Abbildung 3: Selbst erstellte Bilder des Forschungszyklus.....	68
Abbildung 4: Bild aus der Intervention: Spurensuche.....	70
Abbildung 5: Verteilung der absoluten Lösungshäufigkeit zu MZP1 (DuA).	92
Abbildung 6: Verteilung der absoluten Lösungshäufigkeit zu MZP2 (DuA).	92
Abbildung 7: Histogramm: Residuum für DuA zu MZP1.....	98
Abbildung 8: Histogramm: Residuum für IM zu MZP1.....	99
Abbildung 9: Mittelwerte des Prozesswissenstests zu beiden Messzeitpunkten.	104
Abbildung 10: Vergleich des Prozesswissenstests der Interventionsgruppen zu beiden MZP.	108

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zeitlicher Rahmen der Testungen zu beiden Messzeitpunkten.	58
Tabelle 2: Überblick über die Interventions- und Kontrollbedingungen mit Pre- und Posttestung.	58
Tabelle 3: Verteilung der Kinder auf die Gruppen.	60
Tabelle 4: Überblick über die ideale Aufteilung der Gruppen.	61
Tabelle 5: Überblick über die tatsächliche Aufteilung der Gruppen.	61
Tabelle 6: Sequenzen der Interventionen.	69
Tabelle 7: Facetten der Denk- und Arbeitsweisen.	79
Tabelle 8: Überblick über die Aufteilung der Items des Prozesswissenstests.	81
Tabelle 9: Werte für die korrigierte Item-Skala-Korrelation sowie die Werte von Cronbachs Alpha.	94
Tabelle 10: Deskriptive Werte sowie die Werte für Cronbachs Alpha für beide Messzeitpunkte.	95
Tabelle 11: Mittelwerte sowie Standardabweichungen des Prozesswissenstests zu beiden MZP (KG und BG).	96
Tabelle 12: Tests auf Normalverteilung sowie deskriptive Statistik der Residuen für DuA und IM zu MZP1.	98
Tabelle 13: Mittelwerte und Standardabweichungen aller durchgeführten Tests zu MZP1 sowie die prozentualen Häufigkeiten relevanter Personenmerkmale.	100
Tabelle 14: Ergebnisse der ANOVA zu MZP1.	101
Tabelle 15: Mittelwerte sowie Standardabweichungen des Prozesswissenstests zu beiden Messzeitpunkten.	103
Tabelle 16: t-Tests für verbundene (gepaarte) Stichproben (AV = ZuwachsDuA).	103
Tabelle 17: RM-ANOVA: Tests der Zwischensubjekteffekte (AV = DuA).	104
Tabelle 18: Post-hoc-Tests mit Bonferroni-Korrektur (AV = ZuwachsDuA).	105
Tabelle 19: Mittelwerte des Inhaltstests zu MZP1 und MZP2.	106
Tabelle 20: Post-hoc-Tests mit Bonferroni-Korrektur hinsichtlich der Veränderungen im Inhaltstest.	107
Tabelle 21: ANCOVA (AV = DuA_Z2, KV = DuA_Z1).	109
Tabelle 22: ANCOVA (AV = DuA_Z2, verschiedene KV).	110

Anhang

A. Lernangebote	152
1. Inhalt der Forscherbox.....	152
2. Skript Sequenz A: IG1 und IG2.....	153
3. Skript Sequenz B1: IG1	157
4. Skript Sequenz B2: IG2	159
5. Skript Sequenz C: KG.....	161
B. Ergänzende Tabellen	163
1. Lösungshäufigkeiten der DuA-Items zu beiden Messzeitpunkten.....	163
2. Korrelation zwischen DuA_Z1 und DuA_Z2 (getrennt nach den Gruppen)	164
3. Korrelation zwischen DuA_Z1 und CFT.....	164
4. Korrelation zwischen den beiden Testteilen DuAW und DuAM (beide MZP).....	165
5. Korrelation zwischen DuA und IM (beide MZP)	165
6. RM-ANOVA + Post-hoc-Tests (alle Gruppen, AV = DuA_Z2).....	166
7. ANOVA + Post-hoc-Tests (AV = Differenz Pre-Posttest, DuA)	167
8. t-Tests für verbundene (gepaarte) Stichproben (AV = Differenz Pre-Posttest, IM)	168
9. t-Tests für unabhängige Stichproben (AV = Differenz Pre-Posttest, DuA).....	169
10. RM-ANOVA (IG1 & IG2; AV = DuA zu beiden MZP)	171
11. t-Tests für unabhängige Stichproben (IG1 & IG2; AV = Differenz Pre-Posttest, DuA, getrennt nach den beiden Kontexten)	171
12. ANCOVA (IG1 & IG2; AV = DuA_Z2, KV = DuA_Z1, PPVT, CFT, IM_Z1)	172

A. Lernangebote

1. Inhalt der Forscherbox



Inhalt: vier verschieden farbige Papiere, vier verschieden farbige Pappkartonzuschnitte, ein Stück Pappe, ein Taschentuch, ein Pixibuch, ein dünnes Holzstück, zwei verschieden dicke Holzstücke, vier Zyklus-Bilder

Zusatz: ein Magnet, eine Büroklammer

2. Skript Sequenz A: IG1 und IG2

Aufbau, Raum herrichten, Forschungsboxen bereitlegen, Audiogerät (?)

Vorstellung von mir

- Hi. Ich freue mich, dass ihr heute mitmacht. Ich bin Jana und ich werde heute den Tag mit euch verbringen. Wenn ihr Fragen habt, dann fragt gerne. Ihr dürft alles fragen, was ihr wollt. Ich freue mich schon sehr auf den heutigen Tag mit euch.

Ablauf erklären

- Heute wollen wir herausfinden, wie ein richtiges Forscherteam arbeitet und selbst zu richtigen Forscherkindern werden. Ihr habt ja letztes Mal bei den Fragen mitgemacht und habt den Forscherkindern schon toll geholfen. Damit wir heute forschen können, habe ich euch ein paar Dinge mitgebracht.

Wort FORSCHEN erklären

- Könnt ihr mir noch einmal kurz erklären, was Forscher machen? _____

Forschungskreislauf erklären + Piktogramme

- Antworten der Kinder aufgreifen, ggf. ergänzen: Forscher untersuchen und entdecken Dinge. Das nennen wir forschen. Das machen sie aber nicht zufällig, sondern sie überlegen immer vorher, was sie erforschen wollen. Egal, was sie erforschen (Antworten der Kinder aufgreifen, wie Dinosaurier oder Strom oder Magnete), es gibt dabei immer ganz wichtige Schritte in der gleichen Reihenfolge.

Großes Piktogramm 1

- Forscher beginnen immer mit einer Forscherfrage. Was siehst du hier auf dem Bild? (Wie gucken die Kinder da / was machen sie?) _____ Sie überlegen genau. Sie denken nach, was sie erforschen möchten. Sie suchen nach einer Forscherfrage.
- Hat Jemand eine Idee für eine Forscherfrage? _____

SPURENSUCHE-Bild

- SPURENSUCHE: Ich habe euch hier mal ein Bild mitgebracht. Was seht ihr darauf? _____ Genau, viele verschiedene Tierspuren.
- Ihr seid als Forscher also ein bisschen wie Detektive. Ihr wollt etwas herausfinden und dabei geht ihr wie Detektive vor.
- Da wir nun ja Forscher sein wollen, brauchen wir also eine Forscherfrage. Wie könnte hier die Forscherfrage sein? _____
- Genau. Unsere Forscherfrage ist: wem gehören diese Spuren?

Großes Piktogramm 2

- Wenn man nun eine Forscherfrage hat, dann überlegt man: wie könnte die Antwort sein. Man hat eine Vermutung. Was siehst du hier auf dem Bild (wie gucken die Kinder da / was machen sie?) _____ Die Kinder denken nach. Sie vermuten, zu wem die Spuren gehören. Und sie sagen auch immer, warum sie das vermuten.
- Was vermutest du? _____ Warum? _____ Deine Vermutung ist, dass das Spuren von ____ sind, weil _____. Eine andere Vermutung ist, dass das Spuren von ____ sind, weil _____. Vermutungen können unterschiedlich sein.
- Das sind __ (2) gute Vermutungen. Noch wissen wir ja nicht, wem die Spuren gehören. Eine Vermutung kann später, wenn man es herausgefunden hat, richtig sein oder auch falsch.

Großes Piktogramm 3

- Wenn ihr vermutet habt, dann geht es los mit dem Experimentieren und dem Herausfinden. Nun müsst ihr herausfinden, ob das stimmt, was ihr vermutet habt. Was siehst du hier auf dem Bild (wie gucken die Kinder da / was machen sie?) _____ Sie beobachten ganz genau, was passiert. Deswegen haben sie eine Lupe in der Hand. Die braucht man natürlich nicht immer. Wichtig ist, dass ihr im dritten Schritt ganz genau beobachtet. Wer weiß, was beobachtet ist? _____
- Ich habe hier einige Bilder mitgebracht. Mal schauen, ob ihr herausfinden könnt, wem welche Spur gehört.

Beweis-Fotos: Bilder der Tiere + Spuren → Kinder sortieren die Bilder und erkennen, wem welche Spuren gehören.

Großes Piktogramm 4

- Was siehst du hier auf dem Bild (wie gucken die Kinder da / was machen sie?) _____ Ganz zum Schluss gucken sie, ob ihre Vermutung vom Anfang stimmte und ob sie Recht hatten.
- Und, bei wem hat seine Vermutung vom Anfang gestimmt? ____ Und glaubst du, wenn du das einmal herausgefunden hat, dass das dann immer stimmt? Kann man sicher sein, dass alle Wusel Spuren so aussehen?
- Nein. Wir wissen das ja nicht. Es kann sein, dass die Wusel Spuren vom Baby anders aussehen oder das schwere Wusels andere Spuren hinterlassen. Wenn man es also nur einmal beobachtet hat, kann man nie sagen, dass es immer so ist. Forscher probieren es immer gaaaanz oft aus oder beobachten ganz viele verschiedene Wusels. Denn nur wenn du es ganz oft ausprobierst, kannst du herausfinden, ob es immer stimmt!!
- Und Forscher wollen ja immer wieder neue Dinge herausfinden. Und es ergeben sich immer neue Forscherfragen aus dem, was sie herausgefunden haben. Meistens hat die neue Frage etwas mit dem davor zu tun.
- Hat Jemand eine Idee für eine neue Forscherfrage? _____

Wir haben nun leider kein Wusel hier, mit dem wir Forschen können, aber ich habe heute Magnete zum Forschen mitgebracht.

- Wir wollen gleich mal selbst experimentieren. Jeder von euch bekommt gleich eine Forscherbox, wo ganz viele Sachen drinnen sind.
- Und zum Forschen brauchen wir eine Forscherfrage:

Großes Piktogramm 1

Erinnert ihr euch noch an das Zeichen für Forscherfrage? – Piktogramm zeigen

- Forscher beginnen immer mit einer Forscherfrage.
- Unsere Frage hat etwas mit Magneten zu tun. Ihr wisst ja, eine Büroklammer wird von einem Magneten angezogen. Die Frage heute ist: Kann ein Magnet die Büroklammer auch anziehen, wenn etwas dazwischen liegt: z. B. Papier oder Holz etc.?
- [Wenn die Kinder die Frage beantworten: direkt in Vermutung überführen: „Das wollen wir ja gleich herausfinden. Du vermutest, dass...“]

VERMUTEN

Großes Piktogramm 2

Könnt ihr euch erinnern, was Forscher jetzt machen? – Piktogramm zeigen

- Genau, ihr vermutet, was passieren könnte. Man überlegt: wie könnte die Antwort sein. Man hat eine Vermutung.
- Und dann müsst ihr auch sagen, warum ihr das vermutet.

Zieht der Magnet die Büroklammer an, wenn da etwas wie z.B. Papier zwischen liegt.

- Was vermutet ihr? Warum?
- Sonst wäre das ja nur Raten. Man muss einen Grund haben, warum man das vermutet. Du hast vermutet, dass ___ weil ___
- Deine Vermutung ist, dass _____ (Büroklammer bleibt liegen, weil sie zu schwer ist).
- Eine andere Vermutung ist, dass das ___, weil _____.

EXPERIMENTIEREN/BEOBSACHTEN

Großes Piktogramm 3

Könnt ihr euch erinnern, was Forscher nun machen? Wie war das Zeichen für Experimentieren, Herausfinden und Beobachten? – Piktogramm zeigen

- „Nun wollen wir den Versuch ausprobieren [...] Wenn ihr das jetzt gleich macht, müsst ihr genau beobachten, was passiert.“
Und ihr beobachtet nur, was wichtig ist, um herauszufinden, ob die Büroklammer angezogen wird. Beobachten heißt nämlich nur auf das gucken, was man auch herausfinden möchte.
- Eigene Forscherbox zeigen. Ihr nehmt nun gleich einen Magneten, eine Büroklammer und das weiße Papier und probiert aus. Vormachen.
- Hier ist die Forscherbox.

Und danach:

- Was habt ihr (wichtiges) beobachtet? (Warum ist das wichtig?) Ist es wichtig, dass das Blatt weiß ist? Oder was ist beim Beobachten wichtig? _____
- Geht das auch mit einem blauen Blatt? _____ warum?
- Ausprobieren.
- Nun leg alles bis auf Magneten zurück in die Forscherbox.

Schlussfolgern

Großes Piktogramm 4

Was machen Forscher nun?

- Forscher schauen am Ende immer, ob ihre Vermutung vom Anfang auch stimmt. Denn es kann ja auch sein, dass eine Vermutung nicht gestimmt hat.
- Was habt ihr nun herausgefunden? _____ Und könnt ihr euch erinnern, was ihr am Anfang gesagt habt? _____ Und hattet ihr Recht?
- _____ hat gesagt, dass die Büroklammer angezogen wird. _____ hat gesagt, dass sie nicht angezogen wird. Und beide haben gesagt, warum sie das glauben.
- Eine Vermutung kann stimmen, kann aber auch falsch sein. Das macht nichts, es kann trotzdem eine sehr gute Vermutung sein

- Kann man denn nun sagen, dass alle Büroklammern durch das Papier angezogen werden? _____ Auch die Großen? (nein? dann kann man ja aber nicht sagen, dass alle angezogen werden)
- Wenn man es also nur einmal beobachtet hat, kann man nie sagen, dass es immer so ist. Forscher probieren es immer gaaaanz oft aus oder sie machen den Versuch mit verschiedenen Büroklammern. Denn nur wenn du es ganz oft ausprobierst, kannst du herausfinden, ob es immer stimmt!!

Zyklus

Große Piktogramme 1-4 + Kreislauf

- Wir sind nun aber noch nicht fertig. Forscher wollen ja immer wieder neue Dinge herausfinden. Und es ergeben sich immer neue Forscherfragen aus dem, was sie herausgefunden haben. Meistens hat die neue Frage etwas mit dem davor zu tun.
- Hat Jemand eine Idee für eine neue Forscherfrage? _____
- Zieht der Magnet eine Büroklammer durch Papier an, egal was für ein Papier es ist? Zieht ein stärkerer Magnet die Büroklammer durch das Holzstück an?
- Lasst uns das noch einmal ausprobieren mit einem anderen Blatt.

Wiederholen mit:

- Versch. Papier
- Versch. Pappe
- Taschentuch (verschiedene Schichten)
- Pixibuch / Bücher
- Holzplatte
- Dickes Buch

- Forschen ist kein Zufall → Forscherfrage
- Vermuten ist Vorhersagen + Vermuten ist begründet + Vermutungen können richtig oder falsch sein
- Gezieltes Beobachten
- Bezug zur Vermutung
- Exp. muss wiederholt werden → Zyklus
- Entstehung neuer Fragen

Forschungskreislauf wiederholen

Die vier Karten rausholen. Wdh. „Wie arbeiten Forscher“ PIKTOGRAMME legen & erklären lassen

- Was machen sie da nochmal? / Was machen die bei dem Bild?
 - Was machen sie nach dem Ausprobieren? Stimmt das, was du am Anfang gesagt hast?
 - Und dann gibt es neue Fragen?
1. Forscherfrage: was möchte ich herausfinden
 2. Vermuten: was wird passieren und warum
 3. Experimentieren + Beobachten: was passiert wichtiges in Bezug auf die Frage
 4. Schlussfolgern + Zyklusgedanke : was ist passiert, passiert das immer oder war das Zufall (Wdh) und was ergeben sich daraus für neue Fragen

Materialien:

- Forscherboxen 6x → Magnet, Büroklammer, buntes Papier, bunte Pappen, dicke Pappe, verschieden dicke Holzstücke, Taschentuch
- Extra: Ovale Magnete, Stabmagnete, Kugelmagnete; Hufeisenmagnete + verschiedene Büroklammern + mehrere Pixibücher + dicke Bücher + Materialien aus der Kita

3. Skript Sequenz B1: IG1

- Nun wollen wir den Forschungskreislauf noch einmal mit einem neuen Versuch machen.
- Ich habe euch drei sehr coole andere Magneten mitgebracht. Alle drei Magnete zeigen (Oval, Stab, Kugel). Ihr müsst vorsichtig sein, die sind richtig stark und ich möchte nicht, dass ihr euch verletzt. Vorsichtig damit umgehen.
- BOX GESCHLOSSEN!
- Einen neuen Magneten den Kindern geben. Hier ist nun der neue Magnet (Oval)

FORSCHERFRAGE

Großes Piktogramm 1

Erinnert ihr euch? Womit beginnen Forscher immer? Womit haben wir beim ersten Versuch angefangen? – Piktogramm zeigen

- Genau. Forscher beginnen immer mit einer Forscherfrage.
- Habt ihr eine Idee für eine neue Forscherfrage? _____
- [das sind tolle Forscherfragen / ich habe euch aber noch einige andere Magnete mitgebracht, sodass wir dazu noch mehr Forschen können]
- Nun wollen wir herausfinden, ob auch dieser Magnet die Büroklammer durch die verschiedenen Dinge anziehen kann.

VERMUTEN

Großes Piktogramm 2

Könnt ihr euch erinnern, was Forscher jetzt machen? – Piktogramm zeigen

- Was haben wir eben gemacht, nachdem wir eine Forscherfrage gefunden haben?
- Genau, ihr vermutet, was passieren könnte. Und dann müsst ihr auch sagen, warum ihr das vermutet. Denn Vermutungen können unterschiedlich sein.
- Könnt ihr euch bei dem ersten Beispiel erinnern, was wir da vermutet haben (schwachen, ersten Magneten hochhalten)?
- ...Da haben wir vermutet, ob es durch das Blatt, das Taschentuch oder das Holzstück hindurchwirkt.
- Was ist hiermit (neuen Magneten hochhalten)? ____ Vermutet ihr, dass das durch die Pappe / auch durch alle Blätter / das dicke Holzstück durchwirkt? ____
WARUM vermutet ihr das? ____ Deine **Vermutung** ist, dass ____ (z. B. Büroklammer bleibt liegen, weil sie zu schwer ist).
- Gegenteilige Vermutung, wenn nicht vorhanden: Ich vermute, dass der neue Magnet die Büroklammer nicht durch ... anzieht, weil er ____

EXPERIMENTIEREN/BEOBACHTEN

Großes Piktogramm 3

Könnt ihr euch erinnern, was Forscher nun machen? Wie war das Zeichen für Experimentieren, Herausfinden und Beobachten? Was haben wir beim ersten Experiment dann gemacht? – Piktogramm zeigen

- Nun wollen wir das mit dem neuen Magneten ausprobieren
- Ihr müsst dabei wieder ganz genau beobachten, was Wichtiges passiert, damit ihr die Forscherfrage beantworten könnt.
- Ihr dürft das nun gerne mit den verschiedenen Blättern und Pappen und auch dem Holzstück ausprobieren.

Danach:

Noch einmal zeigen: Großes Piktogramm 3

- Was ist passiert? Was konntet ihr Wichtiges beobachten? ___ Konnte der Magnet die Büroklammer durch das weiße Papier ziehen? Und das blaue / grüne / rosane? ___ Was ist mit den Pappen? ___ Und der dicken Pappe? ___ Und durch das Holzstück? ___

Schlussfolgern

Großes Piktogramm 4

Was machen Forscher nun?

- Könnt ihr euch erinnern, was ihr am Anfang vermutet habt? Von wem war die Vermutung richtig? ___ Und bei wem ist etwas anderes herausgekommen?
- Was haben wir nun also herausgefunden?
- Wenn das nun einmal mit diesem Magneten, dieser Büroklammer und diesem Papier geklappt hat, kann ich jetzt sagen: das funktioniert immer? ... das funktioniert mit allen Büroklammern? ... mit allen Magneten? ... mit allen Blättern?

WIEDERHOLEN mit anderem Papier, Pappen etc.

Zyklusgedanke

- Wir sind nun aber noch nicht fertig. Forscher wollen ja immer wieder neue Dinge herausfinden. Und es ergeben sich immer neue Forscherfragen aus dem, was sie herausgefunden haben. Meistens hat die neue Frage etwas mit dem davor zu tun.
- Was fallen euch für Forscherfragen ein? Womit können die neuen Forscherfragen zu tun haben? ___ → (Magnetismus! verschiedene Magnete / andere Büroklammern oder andere Gegenstände, die angezogen werden / andere Gegenstände, die dazwischen gelegt werden können / andere Fragen bzgl. der Wirkung; z.B. über Entfernung hinweg)

ZYKLUS: NEUE FRAGEN

- Ich habe euch noch einen Magneten mitgebracht. Hier ist ein Magnet, viel kleiner als die anderen Magneten.
- Was vermutet ihr? Welcher ist der stärkste? Und welcher ist der schwächste? ...
- Nicht erschrecken, wenn das gleich laut zusammenbackt, der ist richtig stark. Wenn ihr ihn abzieht, müsst ihr etwas doller ziehen.

... von vorne!

Letzter Versuch für alle (frei ausprobieren). Aufräumen (Magnete zurück und aneinander). Die vier Karten rausholen: „Wie arbeiten Forscher“ PIKTOGRAMME legen & erklären lassen

- Was machen sie da nochmal? / Was machen die bei dem Bild?
- Was machen sie nach dem Ausprobieren? Stimmt das, was ihr am Anfang gesagt habt?
- Und dann gibt es neue Fragen?

1. Forscherfrage: was möchte ich herausfinden
2. Vermuten: was wird passieren und warum
3. Experimentieren + Beobachten: was passiert wichtiges in Bezug auf die Frage
4. Schlussfolgern + Zyklusgedanke : was ist passiert, passiert das immer oder war das Zufall (Wdh) und was ergeben sich daraus für neue Fragen

4. Skript Sequenz B2: IG2

- Nun wollen wir den Forschungskreislauf noch einmal mit einem neuen Versuch machen.
- Ich habe euch echte Tiere mitgebracht. Bitte fasst die aber nicht an. Terrarium abdecken, ggf. Tiere rausholen.
- Wer kennt diese Tiere? Wo leben die denn? Wie ist es da? ____ [unter dem Stein / im Keller / nass / kalt / feucht / dunkel] Genau. Wir wollen heute herausfinden, ob die kleinen Tierchen lieber im Dunkeln leben oder ob sie lieber im Hellen leben. Ggf. Vom großen Terrarium Zuhause erzählen.

Eben haben wir etwas über Magnete herausgefunden. Dabei sind wir wie Forscher vorgegangen & haben bestimmte Schritte gemacht. Das machen wir in diesem Versuch ganz genauso.

FORSCHERFRAGE

Großes Piktogramm 1

Erinnert ihr euch? Womit beginnen Forscher immer? – Piktogramm zeigen

- Genau. Forscher beginnen immer mit einer Forscherfrage.
- Wie war unsere Forscherfrage? _____
- [Das ist auch eine tolle Forscherfrage; aber...]
- Nun wollen wir herausfinden, ob die Asseln es lieber hell oder dunkel mögen.

VERMUTEN

Großes Piktogramm 2

Könnt ihr euch erinnern, was Forscher jetzt machen? – Piktogramm zeigen

- Genau, ihr vermutet, was passieren könnte. Und dann müsst ihr auch sagen, warum ihr das vermutet. Denn Vermutungen können unterschiedlich sein.

Könnt ihr euch bei dem Magnet Beispiel erinnern? Da haben wir am Anfang vermutet, ob der Magnet auch durch das Blatt hindurchwirkt und durch das Holzstück. Dann haben wir das ausprobiert und geschaut, ob unsere Vermutung stimmt.

Wie ist das hier? Was vermutet ihr? Mögen die Kellerasseln es lieber im Hellen oder Dunkeln? ____ Warum vermutest du das? ____ Was vermutet ihr, passiert gleich?

- Deine Vermutung ist, dass ____ (Die Assel geht ins Dunkel, weil ich das schon einmal gesehen habe / sie es dunkel lieber mag).
- Gegenteilige Vermutung, wenn nicht vorhanden: Ich vermute, dass die Assel neugierig ist und deswegen lieber im Hellen ist, um mehr zu sehen.

EXPERIMENTIEREN/BOBACHTEN

Großes Piktogramm 3

Könnt ihr euch erinnern, was Forscher nun machen? Wie war das Zeichen für Experimentieren, Herausfinden und Beobachten? – Piktogramm zeigen

- Nun wollen wir ausprobieren, welche Vermutung stimmt.
- Ihr müsst dabei wieder ganz genau beobachten, was Wichtiges passiert, damit ihr die Forscherfrage beantworten könnt.

L holt Kellerassel heraus. Kind bedeckt Hälfte der Box und ein Kind beleuchtet die helle Seite mit einer Taschenlampe. Kinder beobachten, was passiert. Mit allen Kindern wiederholen.

Danach:

Noch einmal zeigen: Großes Piktogramm 3

- Was ist passiert? Was konntet ihr Wichtiges beobachten? ____ Wohin ist die Assel gelaufen?

Schlussfolgern

Großes Piktogramm 4

Was machen Forscher nun?

- Könnt ihr euch erinnern, was ihr am Anfang vermutet habt? Von wem war die Vermutung richtig? __ Und bei wem ist etwas anderes herausgekommen?
- Was haben wir nun also herausgefunden?
- Wenn nun einmal diese Kellerassel ins Dunkle gelaufen ist, kann ich jetzt sagen: das funktioniert immer? ...gehen alle Asseln immer ins Dunkle? Jede Assel?

WIEDERHOLEN mit anderen Asseln!

Zyklusgedanke

- Wir sind nun aber noch nicht fertig. Forscher wollen ja immer wieder neue Dinge herausfinden. Und es ergeben sich immer neue Forscherfragen aus dem, was sie herausgefunden haben. Meistens hat die neue Frage etwas mit dem davor zu tun.
- Was fallen euch für Forscherfragen ein? Womit können die neuen Forscherfragen zu tun haben? ____ (Kellerasseln! verschiedene Asseln: groß, klein, jung, alt / feucht, trocken: z.B. Mögen die Asseln es z.B. feucht oder trocken lieber?)

ZYKLUS: NEUE FRAGEN

Letzter Versuch für alle (frei ausprobieren). Aufräumen. Die vier Karten rausholen: „Wie arbeiten Forscher“ PIKTOGRAMME legen & erklären lassen

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Was machen sie da nochmal? / Was machen die bei dem Bild?• Was machen sie nach dem Ausprobieren? Stimmt das, was du am Anfang gesagt hast?• Und dann gibt es neue Fragen? | <ol style="list-style-type: none">1. Forscherfrage: was möchte ich herausfinden2. Vermuten: was wird passieren und warum3. Experimentieren + Beobachten: was passiert wichtiges in Bezug auf die Frage4. Schlussfolgern + Zyklusgedanke : was ist passiert, passiert das immer oder war das Zufall (Wdh) und was ergeben sich daraus für neue Fragen |
|---|---|

5. Skript Sequenz C: KG

Aufbau, Raum herrichten, Forschungsboxen bereitlegen, Audiogerät (?)
<p>Vorstellung von mir</p> <p>Hi. Ich freue mich, dass ihr heute mitmacht. Ich bin Jana und ich werde heute den Tag mit euch verbringen. Wenn ihr Fragen habt, dann fragt gerne. Ihr dürft alles fragen, was ihr wollt. Ich freue mich schon sehr auf den heutigen Tag mit euch.</p>
<p>Ablauf erklären</p> <ul style="list-style-type: none">• Heute wollen wir selbst ein paar Experimente machen.• Ihr habt ja letztes Mal bei den Fragen mitgemacht und habt den Forscherkindern schon toll geholfen.• Damit wir heute forschen können, habe ich euch ein paar Versuche mitgebracht.
<p>Heute wollen wir Magnete erforschen.</p> <p>Wir wollen gleich mal selbst experimentieren. Jeder von euch bekommt gleich eine Forscherbox, wo ganz viele Sachen drinnen sind.</p> <p>Wir wollen herausfinden, ob Magnete eine Büroklammer durch etwas hindurch anziehen können. Also wenn etwas dazwischen liegt wie z.B. Papier oder Holz.</p> <ul style="list-style-type: none">• [Wenn die Kinder die Frage beantworten: aufs Experimentieren verweisen: das wollen wir gleich mal ausprobieren]
<ul style="list-style-type: none">• Eigene Forscherbox zeigen. Ihr nehmt nun gleich einen Magneten, eine Büroklammer und das weiße Papier und probiert aus. Rausholen. Vormachen.• Was vermutet ihr? ...klappt das?• Hier ist die Forscherbox. Nehmt nun den Magneten, eine Büroklammer und das weiße Papier und schließt die Box wieder. Nun dürft ihr das ausprobieren. <p>Und danach:</p> <ul style="list-style-type: none">• Legt nun alles vor euch und lasst es dort liegen.• Was habt ihr beobachtet?• Geht das auch mit einem blauen Blatt?• Zieht der Magnet eine Büroklammer durch Papier an, egal was für ein Papier es ist?• Lasst uns das noch einmal ausprobieren mit einem anderen Blatt.• Ausprobieren. Nehmt nun alle bunten Blätter aus der Box und probiert es aus.• Nun legt alles bis auf den Magneten und die Büroklammer zurück in die Forscherbox.• Was habt ihr nun herausgefunden? <p>Und weiter geht's mit anderen Gegenständen → derselbe Ablauf.</p>

WIEDERHOLEN MIT

- Versch. Pappe
- Holzplatte
- Taschentuch (verschiedene Schichten)
- Knopf
- Pixibuch
- Plastikbecher
- Dickes Buch

2. Durchgang von vorne

- **Zieht ein stärkerer Magnet die Büroklammer durch das Holzstück an?**
 - Ovaler Magnet
 - Zylinder
 - Kugel

WIEDERHOLEN MIT

- Versch. Papier
- Versch. Pappe
- Taschentuch (verschiedene Schichten)
- Pixibuch
- Holzplatte

Materialien:

- Forscherboxen 6x → Magnet, Büroklammer, buntes Papier, bunte Pappen, dicke Pappe, verschieden dicke Holzstücke, Taschentuch
- Extra:
 - Ovale Magnete, Stabmagnete, Kugelmagnete; Hufeisenmagnete
 - Verschiedene Nägel
 - mehrere Pixibücher
 - Dicke Bücher
 - ggf. Materialien aus der Kita

B. Ergänzende Tabellen

1. Lösungshäufigkeiten der DuA-Items zu beiden Messzeitpunkten

DuA zu Messzeitpunkt 1

Item	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16
Gelöst	103	69	92	37	97	29	41	44	72	58	20	63	49	37	131	70
%	44.6	29.9	39.8	16.0	42.0	12.6	17.7	19.0	31.2	25.1	8.7	27.3	21.2	16.0	56.7	30.3

DuA zu Messzeitpunkt 2

Gelöst	124	60	122	56	127	41	59	62	100	72	53	70	80	47	142	94
%	53.7	26.0	52.8	24.2	55.0	17.7	25.5	26.8	43.3	31.2	22.9	30.3	34.6	20.3	61.5	40.7

DuA zu Messzeitpunkt 1

Item	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16
Gelöst	107	94	33	30	66	79	134	35	82	36	48	36	43	52	37	68
%	46.3	40.7	14.3	13.0	28.6	34.2	58.0	15.2	35.5	15.6	20.8	15.6	18.6	22.5	16.0	29.4

DuA zu Messzeitpunkt 2

Gelöst	144	103	30	48	71	90	139	53	113	41	100	29	51	67	49	79
%	62.3	44.6	13.0	20.8	30.7	39.0	60.2	22.9	48.9	17.7	43.4	12.6	22.1	29.0	21.2	34.2

2. Korrelation zwischen DuA_Z1 und DuA_Z2 (getrennt nach den Gruppen)

Korrelationen		
IG1		DuA_Z2
DuA_Z1	Korrelation nach Pearson	.733
	Signifikanz (2-seitig)	.000

Korrelationen		
IG2		DuA_Z2
DuA_Z1	Korrelation nach Pearson	.759
	Signifikanz (2-seitig)	.000

Korrelationen		
KG		DuA_Z2
DuA_Z1	Korrelation nach Pearson	.816
	Signifikanz (2-seitig)	.000

Korrelationen		
BG		DuA_Z2
DuA_Z1	Korrelation nach Pearson	.786
	Signifikanz (2-seitig)	.000

3. Korrelation zwischen DuA_Z1 und CFT

Korrelationen		
		CFT
DuA_Z1	Korrelation nach Pearson	.362
	Signifikanz (2-seitig)	.000

4. Korrelation zwischen den beiden Testteilen DuAW und DuAM (beide MZP)

Korrelationen		DuAM_Z1
DuAW_Z1	Korrelation nach Pearson	.664
	Signifikanz (2-seitig)	.000

Korrelationen		DuAM_Z2
DuAW_Z2	Korrelation nach Pearson	.772
	Signifikanz (2-seitig)	.000

5. Korrelation zwischen DuA und IM (beide MZP)

Korrelationen		DuA_Z1	DuA_Z2
IM_Z1	Korrelation nach Pearson	.593	.599
	Signifikanz (2-seitig)	.000	.000
IM_Z2	Korrelation nach Pearson	.557	.634
	Signifikanz (2-seitig)	.000	.000

6. RM-ANOVA + Post-hoc-Tests (alle Gruppen, AV = DuA_Z2)

Tests der Innersubjekteffekte

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Zeitpunkt	523.075	1	523.075	77.189	.000	.254
Zeitpunkt * Gruppe	767.138	3	255.713	37.735	.000	.333
Fehler (Zeitpunkt)	1538.282	227	6.777			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	39634.479	1	39634.479	822.917	.000	.784
Gruppe	456.582	3	152.194	3.160	.025	.040
Fehler	10933.097	227	48.163			

Mehrfachvergleiche – Bonferroni

Gruppe (I)	Gruppe (J)	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
IG1	IG2	-1.80	.896	.274	-4.18	.58
	KG	.64	.920	1.000	-1.81	3.09
	BG	.57	.908	1.000	-1.84	2.99
IG2	KG	2.44	.920	.051	-.01	4.89
	BG	2.37	.908	.057	-.04	4.79
KG	BG	-.07	.932	1.000	-2.55	2.41

7. ANOVA + Post-hoc-Tests (AV = Differenz Pre-Posttest, DuA)

Einfaktorielle ANOVA

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Zwischen den Gruppen	1534,277	3	511,426	37,735	,000	.333
Innerhalb der Gruppen	3076,563	227	13,553			
Gesamt	4610,840	230				

Mehrfachvergleiche – Bonferroni

Gruppe (I)	Gruppe (J)	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
IG1	IG2	-1,30000	,67214	,326	-3,0890	,4890
	KG	4,46111*	,69056	,000	2,6231	6,2991
	BG	4,38509*	,68093	,000	2,5728	6,1974
IG2	KG	5,76111*	,69056	,000	3,9231	7,5991
	BG	5,68509*	,68093	,000	3,8728	7,4974
KG	BG	-,07602	,69911	1,000	-1,9368	1,7847

8. t-Tests für verbundene (gepaarte) Stichproben
(AV = Differenz Pre-Posttest, IM)

IG1	Gepaarte Differenzen							Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	
				Untere	Obere			
IM_Z2 – IM_Z1	2.03	2.46	.32	1.40	2.67	6.40	59	.000

IG2	Gepaarte Differenzen							Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	
				Untere	Obere			
IM_Z2 – IM_Z1	2.47	2.51	.33	1.82	3.12	7.60	59	.000

KG	Gepaarte Differenzen							Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	
				Untere	Obere			
IM_Z2 – IM_Z1	1.78	2.77	.38	1.02	2.53	4.72	53	.000

BG	Gepaarte Differenzen							Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	
				Untere	Obere			
IM_Z2 – IM_Z1	0.30	2.37	.31	-0.33	0.93	0.95	56	.346

9. t-Tests für unabhängige Stichproben (AV = Differenz Pre-Posttest, DuA)

IG1 & IG2	Gruppe	N	M	SD	Standardfehler M
DuA_Z2 –	IG1	60	4.0167	4.11484	.53122
DuA_Z1	IG2	60	5.3167	3.65686	.47210

T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
					Untere	Obere
-1.829	118	.070	-1.30000	.71069	-2.70735	.10735

IG1 & KG	Gruppe	N	M	SD	Standardfehler M
DuA_Z2 –	IG1	60	4.0167	4.11484	.53122
DuA_Z1	KG	54	-.4444	3.56961	.48576

T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
					Untere	Obere
6.151	112	.000	4.46111	.72525	3.02411	5.89811

IG1 & BG	Gruppe	N	M	SD	Standardfehler M
DuA_Z2 –	IG1	60	4.0167	4.11484	.53122
DuA_Z1	BG	57	-.3684	3.30925	.43832

T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
					Untere	Obere
6.332	115	.000	4.38509	.69254	3.01329	5.75688

IG2 & KG	Gruppe	N	M	SD	Standardfehler M
DuA_Z2 –	IG2	60	5.3167	3.65686	.47210
DuA_Z1	KG	54	-.4444	3.56961	.48576

T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
					Untere	Obere
8.494	112	.000	5.76111	.67825	4.41725	7.10497

IG2 & BG	Gruppe	N	M	SD	Standardfehler M
DuA_Z2 –	IG2	60	5.3167	3.65686	.47210
DuA_Z1	BG	57	-.3684	3.30925	.43832

T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
					Untere	Obere
8.802	115	.000	5.68509	.64587	4.40575	6.96443

KG & BG	Gruppe	N	M	SD	Standardfehler M
DuA_Z2 –	KG	54	-.4444	3.56961	.48576
DuA_Z1	BG	57	-.3684	3.30925	.43832

T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
					Untere	Obere
-.116	109	.908	-.07602	.65294	-1.37013	1.21808

10. RM-ANOVA (IG1 & IG2; AV = DuA zu beiden MZP)

Tests der Innersubjekteffekte

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Zeit	1306.667	1	1306.667	172.472	.000	.594
Zeit * Gruppe	25.350	1	25.350	3.346	.070	.028
Fehler(Zeit)	893.983	118	7.576			

11. t-Tests für unabhängige Stichproben (IG1 & IG2; AV = Differenz Pre-Posttest, DuA, getrennt nach den beiden Kontexten)

artifizieller Kontext - Wusel	Gruppe	N	M	SD	Standardfehler M
DuAW_Z2 –	IG1	60	1.9333	2.70509	.34923
DuAW_Z1	IG2	60	2.7000	2.30916	.29811

T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
					Untere	Obere
-1.670	118	.098	-.76667	.45916	-1.67593	.14260

inhaltsbezogener Kontext - Magnetismus	Gruppe	N	M	SD	Standardfehler M
DuAM_Z2 –	IG1	60	2.0833	2.52641	.32616
DuAM_Z1	IG2	60	2.6167	2.47079	.31898

T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
					Untere	Obere
-1.169	118	.245	-.53333	.45621	-1.43675	.37008

12. ANCOVA (IG1 & IG2; AV = DuA_Z2, KV = DuA_Z1, PPVT, CFT, IM_Z1)

Tests der Zwischensubjekteffekte

Quelle	Quadratsumme vom Typ I	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	2391.932 ^a	3	797.311	52.204	.000	.574
Konstanter Term	18327.408	1	18327.408	1199.993	.000	.912
DuA_Z1	2330.747	1	2330.747	152.606	.000	.568
Gruppe	46.977	1	46.977	3.076	.082	.026
Gruppe * DuA_Z1	14.208	1	14.208	.930	.337	.008
Fehler	1771.659	116	15.273			
Gesamt	22491.000	120				
Korrigierte Gesamtvariation	4163.592	119				

a. R-Quadrat = .574 (korrigiertes R-Quadrat = .563)

Tests der Zwischensubjekteffekte

Quelle	Quadratsumme vom Typ I	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	1486.228 ^a	3	495.409	21.464	.000	.357
Konstanter Term	18327.408	1	18327.408	794.057	.000	.873
IM_Z1	1458.233	1	1458.233	63.180	.000	.353
Gruppe	26.376	1	26.376	1.143	.287	.010
Gruppe * IM_Z1	1.619	1	1.619	.070	.792	.001
Fehler	2677.364	116	23.081			
Gesamt	22491.000	120				
Korrigierte Gesamtvariation	4163.592	119				

a. R-Quadrat = .357 (korrigiertes R-Quadrat = .340)

Tests der Zwischensubjekteffekte

Quelle	Quadratsumme vom Typ I	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	745.813 ^a	3	248.604	8.438	.000	.179
Konstanter Term	18327.408	1	18327.408	622.035	.000	.843
CFT	635.932	1	635.932	21.584	.000	.157
Gruppe	107.284	1	107.284	3.641	.059	.030
Gruppe * CFT	2.597	1	2.597	.088	.767	.001
Fehler	3417.779	116	29.464			
Gesamt	22491.000	120				
Korrigierte Gesamtvariation	4163.592	119				

a. R-Quadrat = .179 (korrigiertes R-Quadrat = .158)

Tests der Zwischensubjekteffekte

Quelle	Quadratsumme vom Typ I	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	1521.066 ^a	3	507.022	22.257	.000	.365
Konstanter Term	18327.408	1	18327.408	804.525	.000	.874
PPVT	1489.686	1	1489.686	65.393	.000	.361
Gruppe	31.344	1	31.344	1.376	.243	.012
Gruppe * PPVT	.035	1	.035	.002	.969	.000
Fehler	2642.526	116	22.780			
Gesamt	22491.000	120				
Korrigierte Gesamtvariation	4163.592	119				

a. R-Quadrat = .365 (korrigiertes R-Quadrat = .349)

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Dissertation – abgesehen von der Beratung durch meine Betreuerin – nach Inhalt und Form eigenständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln verfasst wurde. Sie wurde weder ganz noch zum Teil schon an einer anderen Stelle im Rahmen eines Prüfungsverfahrens vorgelegt, veröffentlicht oder zur Veröffentlichung eingereicht. Die Arbeit ist unter Einhaltung der Regeln guter wissenschaftlicher Praxis der Deutschen Forschungsgemeinschaft entstanden. Es wurde mir kein akademischer Grad entzogen.

Ort, Datum

Jana Mohr