

Bohrmann, Mareike

Zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Berlin : Logos Verlag 2017, XII, 415 S. - (Studien zum Physik- und Chemielernen; 235) - (Dissertation, Universität Münster, 2017)



Quellenangabe/ Reference:

Bohrmann, Mareike: Zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Berlin : Logos Verlag 2017, XII, 415 S. - (Studien zum Physik- und Chemielernen; 235) - (Dissertation, Universität Münster, 2017) - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-333747 - DOI: 10.25656/01:33374; 10.30819/4559

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-333747>

<https://doi.org/10.25656/01:33374>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<https://www.logos-verlag.de>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden und es darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work in the public as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. You are not allowed to make commercial use of the work or its contents. You are not allowed to alter, transform, or change this work in any other way.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Studien zum Physik- und Chemielernen

H. Niedderer, H. Fischler, E. Sumfleth [Hrsg.]

235

Mareike Bohrmann

Zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht



λογος

Studien zum Physik- und Chemielernen

Herausgegeben von Hans Niedderer, Helmut Fischler und Elke Sumfleth

Diese Reihe im Logos-Verlag bietet ein Forum zur Veröffentlichung von wissenschaftlichen Studien zum Physik- und Chemielernen. In ihr werden Ergebnisse empirischer Untersuchungen zum Physik- und Chemielernen dargestellt, z. B. über Schülervorstellungen, Lehr-/Lernprozesse in Schule und Hochschule oder Evaluationsstudien. Von Bedeutung sind auch Arbeiten über Motivation und Einstellungen sowie Interessensgebiete im Physik- und Chemieunterricht. Die Reihe fühlt sich damit der Tradition der empirisch orientierten Forschung in den Fachdidaktiken verpflichtet. Die Herausgeber hoffen, durch die Herausgabe von Studien hoher Qualität einen Beitrag zur weiteren Stabilisierung der physik- und chemiedidaktischen Forschung und zur Förderung eines an den Ergebnissen fachdidaktischer Forschung orientierten Unterrichts in den beiden Fächern zu leisten.

Hans Niedderer

Helmut Fischler

Elke Sumfleth

Zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades des
Doktors in den Erziehungswissenschaften an der Westfälischen
Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

Mareike Bohrmann

geboren am 30. Juni 1986 in Münster

2017

Erstgutachterin:	Prof. Dr. Kornelia Möller
Zweitgutachter:	Prof. Dr. Thilo Kleickmann
Tag der mündlichen Prüfung: 20. Juni 2017	

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

©Copyright Logos Verlag Berlin GmbH 2017

Alle Rechte vorbehalten.

ISBN 978-3-8325-4559-8



Logos Verlag Berlin GmbH
Comeniushof, Gubener Str. 47,
10243 Berlin
Tel.: +49 (0)30 42 85 10 90
Fax: +49 (0)30 42 85 10 92
INTERNET: <http://www.logos-verlag.de>

Danksagung

Am Gelingen dieser Arbeit waren viele Menschen beteiligt, denen ich an dieser Stelle von ganzem Herzen danke.

Mein Dank gilt meiner Doktormutter Prof. Dr. Kornelia Möller. Sie hat mich von der ersten Idee bis zur Fertigstellung begleitet, mich herausgefordert, und durch ihre Förderung mir einen Weg in die Wissenschaft eröffnet und geebnet, den ich ohne sie nicht hätte gehen können.

Mein Dank gilt meinem Zweitgutachter, Prof. Dr. Thilo Kleickmann, und Prof. Dr. Andreas Hartinger für ehrliche und offene Kritik, die mich in meinem Forschungsprozess immer einen Schritt nach vorne gebracht hat.

Dr. Maria Todorova hatte immer ein offenes Ohr für alle meinen statistischen Anliegen. Vielen Dank dafür!

Peter Edelsbrunner danke ich für konstruktiv-kritische Diskussionen von Ergebnissen und methodische Hilfestellungen.

Anne Kothe, Christiane Ptaszyk, Elke Thoms und Stefanie von der Lahr haben durch ihr Engagement dazu beigetragen, dass die Studie in der vorliegenden Art und Weise durchgeführt werden konnte. Außerdem gilt mein Dank allen Lehrpersonen, die sich bereit erklärt haben, mit ihren Klassen an der Studie teilzunehmen, den teilnehmenden Schülerinnen und Schülern, Maike Müller als Masterarbeitskandidatin sowie allen an den Erhebungen teilnehmenden Studierenden des Forschungsseminars im Wintersemester 2014/15, die durch ihren zuverlässigen und engagierten Einsatz zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben. Eine wesentliche Rolle spielten die an der Studie beteiligten studentischen Hilfskräfte Simon Blumenröhr, Mara Flesch, Christin Heming, Anna Klein, Arne Lambertz, Franz Schröer, Fiona vom Brocke und Jacqueline Wefers sowie meine Seminar-Partnerin Stephanie Kleindopp und Kolleginnen Janina Pawelzik und Cornelia Sunder, die sich mit vollem Herzen dafür eingesetzt haben, dass alles Geplante umgesetzt werden konnte.

Mein weiterer Dank gilt meiner Freundin Fiona vom Brocke und meinem Freund Stefan Albersmann, die in den letzten Jahren viel mehr Zeit mit mir und dem wissenschaftlichen Arbeiten verbringen mussten, als es mir – und sicher auch ihnen –

lieb gewesen ist. Ihr Einsatz war unermüdlich und sie haben mir durch ihre Unterstützung das Gefühl gegeben, dass es auch für sie nichts Wichtigeres gab als meine Forschung. Danke euch!

Eine wichtige Begleitung waren und sind meine beiden lieben Freundinnen Prof. Dr. Claudia Tenberge und Dr. Anna Katharina Hein, die mich in vielen konstruktiven und aufbauenden Gesprächen gestützt und mir mit Rat und Tat zur Seite gestanden haben – nicht zuletzt bei der Durchsicht und Korrektur der vorliegenden Arbeit. Danke euch dafür!

Ein großer Dank geht an meine Freundin Christina Mehling, die unerschöpflich und allzeit bereit allen falschen Kommata und der fehlerhaften Orthografie den Kampf angesagt hat.

Mein Dank gilt auch Martin Link, der zwar weit weg, aber mich einen Teil der Arbeit als Freund aus der Ferne durch seine Worte und seinen Zuspruch motivierte und die passenden Worte fand, mich aufzumuntern und darin zu unterstützen, nicht aufzugeben.

Darüber hinaus gilt mein Dank meinen Pateneltern Werner und Ursula Wolf, meiner Cousine Christina Grothuesmann und meinen Freundinnen und Freunden Stefan Albersmann, Simon Blumenröhr, Lisa Büttgen, Carlo Höggemann, Janina Huesmann, Lena Isenburg, Anna Klein, Stephanie Kleindopp, Lydia Kramm, Helena Maiworm, Christina Mehling, Sarah Meier, Ann-Kathrin Pohler, Peter Pohler, Fabian Sauer, Sönke Schmid (für die gemeinsamen Stunden am Computer), Markus Tegeder (für den technischen Support), Fiona vom Brocke, Lara Weyer und Michael Wittwer, die meine Launen, meine Freude, meinen Frust und vor allem die Tatsache, dass ich nur sehr selten Zeit hatte, jahrelang verständnisvoll ertragen, mich tatkräftig unterstützt, immer wieder aufgerichtet und mir Ablenkung dann gegeben haben, wenn ich sie nötig hatte. Dafür bin ich zutiefst dankbar.

Selbstverständlich geht mein tief empfundener Dank an meinen Mann Uwe Thierschmann. Wenn ich mit dem Kopf nicht zu Hause, sondern bei bzw. „in“ der Arbeit war, war er es, der mich dabei immer unterstützt und motiviert hat. Dabei kennt seine Großzügigkeit, sein Verständnis, seine Wärme, Liebe und Zuneigung keine Grenzen und ermöglicht es mir, meinen Weg zu gehen, ohne das Gefühl zu haben, dabei auch nur einen Schritt alleine gehen zu müssen. Dafür bin ich ihm auf ewig dankbar und hoffe, ihm auch nur einen Bruchteil dessen zurückgeben zu können, was er für mich alles tut und getan hat.

Für all das möchte ich danken und stelle fest, dass man sich kein besseres Team im Rücken hätte wünschen können.

Abstract

Dem Verständnis der Variablenkontrolle beim Experimentieren kommt innerhalb einer naturwissenschaftlichen Grundbildung im Sinne der *Scientific Literacy* bereits in der Grundschule eine wichtige Bedeutung zu. Fachdidaktische und entwicklungspsychologische Forschungsergebnisse zeigen, dass bereits Grundschulkinder systematische Strategien der Hypothesenprüfung (Variablenisolation und -kontrolle) erlernen und diese Fähigkeiten durch gezielten Unterricht verbessert werden können. Dabei scheint sich die Unterstützungsmaßnahme des *Modelings* als besonders geeignet herauszukristallisieren. Daher wurden die Auswirkungen einer Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im Kontext „Magnetismus“ durch *Modeling* im Vergleich zu einem am Offenen Experimentieren orientierten Lernsetting auf (1) das eigenständige Bewerten und Entwickeln von Experimenten, (2) die Transferfähigkeit, (3) die Entwicklung, Durchführung und Bewertung eigener Experimente, (4) die Qualität bzgl. des erreichten Niveaus der entwickelten Experimente und (5) die motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale überprüft. Zur differenzierten Erfassung der Effekte wurden ein Paper-Pencil-Test (inkl. Transferaufgaben) und ein videographiertes Interview eingesetzt. Im Rahmen einer quasi-experimentellen Studie mit $N = 245$ wurde varianzanalytisch und mit Hilfe von t -Tests gezeigt, dass (1) beide Gruppen von der Intervention profitierten, die Daten einer Baseline jedoch auf einen Testwiederholungseffekt hindeuteten. Einflüsse der Intervention auf (2) die Transferfähigkeit, (3) die Entwicklung, Durchführung und Bewertung eigener Experimente, (4) die Qualität bzgl. des erreichten Niveaus der entwickelten Experimente und (5) die motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale konnten nachgewiesen werden. Eine Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch *Modeling* wirkte sich auf alle vier genannten Bereiche positiv aus.

The control of variables is an important method in science. Studies have shown that primary school students can understand the logic of an experiment and that these skills can be fostered through instruction. In this context, *modeling* as a technique of scaffolding seems to successfully support children in enhancing their experimental skills. Therefore, the effects of promoting the understanding of the control of variables in the context of “magnetism” through *modeling* was compared to a setting defined by open-inquiry learning. This comparison focused on (1) the evaluation and

development of experiments, (2) the development, implementation and evaluation of self-performed experiments, (4) the quality of the achieved level in the developed experiments, and (5) the motivational and self-directed student characteristics. A paper-pencil test (including transfer tasks) and a videographed interview were used to differentiate the effects. In a quasi-experimental study with $N = 245$ and by using analysis of variance and t -tests, it was shown that (1) both groups benefited from the intervention but data collected from a baseline indicated a retest effect. Additionally, influences of the intervention on (2) the transferability, (3) the development, implementation and evaluation of self-performed experiments, (4) the quality regarding the achieved level of the developed experiments, and (5) the motivational and self-dependent pupil features could be shown. Promoting the understanding of variable control by *modeling* had positive effects on all four areas.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	III
Abstract	V
1 Einleitung	1
2 Verständnis der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht	5
2.1 Methoden als Teil einer naturwissenschaftlichen Grundbildung	6
2.2 Variablenkontrolle beim Experimentieren	14
2.2.1 Experimentieren im Sinne des kognitionspsychologischen SDDS-Modells	14
2.2.2 Experimentieren als eine naturwissenschaftliche Denk-, Arbeits- und Handlungsweise	17
2.2.3 Ziele des Experimentierens im Unterricht	20
2.2.4 Der Experimentierzyklus	21
2.2.5 Verständnis der Variablenkontrolle – eine Konzeptualisierung aus fachdidaktischer und entwicklungspsychologischer Sicht . .	25
2.3 Naturwissenschaftliche Methoden als Inhalte und Ziele des Sachunterrichts	28
2.4 Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle als ein Ziel naturwissenschaftlichen Lehrens und Lernens im Sachunterricht	31
2.4.1 Das Angebots-Nutzungs-Modell – konzeptuelle Grundlage der Unterrichtsforschung	31
2.4.2 Lernen als Veränderung von Vorstellungen	33
2.4.3 Lehren als Förderung von <i>Conceptual Change</i> -Prozessen	38
2.4.3.1 <i>Scaffolding</i> – eine Maßnahme zur Förderung von <i>Conceptual Change</i> -Prozessen	39
2.4.3.2 Offenes Experimentieren – eine Maßnahme zur Förderung der Experimentierfähigkeit	42
2.5 Zusammenfassung	45

3	Forschungsstand und Implikationen für die weitere Forschung	47
3.1	Empirische Befunde zum Verständnis der Variablenkontrolle aus fach- didaktischer und entwicklungspsychologischer Sicht	47
3.1.1	Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zum Experimen- tieren und zum Verständnis der Variablenkontrolle	48
3.1.2	Schwierigkeiten in Bezug auf das Verständnis der Variablenkon- trolle	55
3.2	Empirische Befunde zur Förderung des Verständnisses der Variablen- kontrolle durch naturwissenschaftlichen (Sach-)Unterricht	57
3.2.1	Gestaltung naturwissenschaftlicher Lernumgebungen	58
3.2.2	Einfluss von Interventionen	62
3.2.3	Implizite vs. explizite Erarbeitung naturwissenschaftlicher Me- thoden im Sachunterricht	68
3.3	Zusammenfassende Betrachtung der empirischen Befunde zum Ver- ständnis der Variablenkontrolle und zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle	73
3.4	Implikationen für die eigene Untersuchung	79
3.5	Zusammenfassung	82
4	Zielsetzung, Fragestellungen und Hypothesen der Arbeit	85
5	Studie zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle	97
5.1	Design der Studie zur Förderung des Verständnisses der Variablen- kontrolle	97
5.2	Beschreibung der Stichprobe	100
5.3	Entwicklung und Pilotierung eines Paper-Pencil-Tests zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle	102
5.3.1	Entwicklung des Tests in Anlehnung an die Konstruktmodellie- rung nach WILSON	103
5.3.2	Codierung der Antworten	106
5.3.3	Antwortformate	112
5.3.4	Items	114
5.3.5	Testadministration	125
5.3.6	Pilotierung des Tests	126
5.3.6.1	Beschreibung der Stichprobe der Pilotierung	126
5.3.6.2	Analyse der Items und Skalen	127
5.3.6.2.1	Zur Objektivität	129
5.3.6.2.2	Zur Reliabilität	130

5.3.6.2.3	Zu den Itemkennwerten	131
5.3.6.2.4	Zur Validität	134
5.3.6.2.4.1	Prüfung der Konstruktvalidität . .	134
5.3.6.2.4.2	Prüfung der Kriteriumsvalidität . .	137
5.3.7	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse bzgl. des Paper-Pencil-Tests	140
5.3.8	Konsequenzen für die quasi-experimentelle Hauptstudie bzgl. des Paper-Pencil-Tests	141
5.4	Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch einen Paper-Pencil-Test und ein videographiertes material- sowie leitfadengestütztes Interview	142
5.4.1	Paper-Pencil-Test	142
5.4.2	Videographiertes material- sowie leitfadengestütztes Interview .	143
5.5	Erfassung der Transferfähigkeit bzgl. des Verständnisses der Variablenkontrolle durch schriftliche Aufgaben	146
5.6	Erfassung motivationaler und selbstbezogener Schülermerkmale durch einen Schüler-Fragebogen (SIS)	148
5.7	Erfassung der Kontrollvariablen	149
5.7.1	Intelligenz durch den Culture Fair Test 20-R (CFT 20-R) . . .	150
5.7.2	Fähigkeit zur Inhibition durch den Farbe-Wort-Interferenz-Test (FWIT)	150
5.7.3	Problemlösefähigkeit durch den Test „Turm von London“ (TvL)	151
5.7.4	Lesefähigkeit durch den Leseverständnistest für Erst- bis Sechstklässler (ELFE 1–6)	152
5.7.5	Leistungsstärke durch einen Lehrereinschätzungsbogen	153
5.8	Intervention zum Thema „Welcher Magnet ist stärker?“	153
5.8.1	Variation des Unterrichts	154
5.8.1.1	Beschreibung der Experimentalgruppe I (MIT M) . . .	155
5.8.1.2	Beschreibung der Experimentalgruppe II (OHNE M) . .	159
5.8.2	Ablauf der quasi-experimentellen Interventionsstudie	162
5.8.3	Durchführung der Intervention und <i>Screening</i> der Unterrichtsvariation	162
6	Auswertungsverfahren und Darstellung der Ergebnisse	165
6.1	Aufbereitung der Daten	165
6.2	Auswertungsverfahren der Testanalysen	167
6.2.1	Prüfung der Güte der quantitativen Testinstrumente	168
6.2.2	Prüfung der Messinvarianz	169

6.2.3	Analysen des Zusammenhangs zwischen den verschiedenen Testinstrumenten zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle	170
6.3	Auswertungsverfahren zur Überprüfung der Hypothesen der quasi-experimentellen Studie zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle	171
6.4	Darstellung der Ergebnisse der Testanalysen	173
6.4.1	Ergebnisse der Verfahren zur Prüfung der Güte der quantitativen Testinstrumente	174
6.4.2	Ergebnisse der Prüfung der Messinvarianz	176
6.4.3	Ergebnisse der Analysen des Zusammenhangs zwischen den einzelnen Testinstrumenten zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle	178
6.4.4	Zusammenfassende Interpretation der Ergebnisse der Testanalysen	179
6.5	Darstellung der Ergebnisse der Analysen zur Überprüfung der Hypothesen der quasi-experimentellen Studie zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle	181
6.5.1	Prüfung der Eingangsvoraussetzungen der einzelnen Gruppen	182
6.5.2	Auswertung der Daten des Paper-Pencil-Tests	186
6.5.2.1	Auswirkungen des Fördersettings auf das eigenständige Bewerten und Entwickeln von Experimenten	186
6.5.2.2	Abgrenzung des Effekts von einem Testwiederholungseffekt	187
6.5.2.3	Unterschiede bzgl. der Transferfähigkeit in Bezug auf das Verständnis der Variablenkontrolle	189
6.5.3	Auswertung der Daten des Interviews	192
6.5.3.1	Einfluss des Fördersettings auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente	193
6.5.3.2	Weiterführende Analysen zu differenziellen Auswirkungen des Fördersettings	195
6.5.3.3	Qualität bzgl. des erreichten Niveaus der entwickelten Experimente	201
6.5.4	Auswertung der Daten des SIS-Fragebogens	206
7	Zusammenfassende Betrachtung und Diskussion der Ergebnisse	209
7.1	Auswirkungen des Fördersettings auf das eigenständige Bewerten und Entwickeln von Experimenten	210

7.2	Abgrenzung des Effekts von einem Testwiederholungseffekt	210
7.3	Unterschiede bzgl. der Transferfähigkeit in Bezug auf das Verständnis der Variablenkontrolle	213
7.4	Einfluss des Fördersettings auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente	214
7.5	Qualität bzgl. des erreichten Niveaus der entwickelten Experimente .	216
7.6	Differenzielle Auswirkungen des Fördersettings auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente unter Berücksichtigung der individuellen Lernvoraussetzungen	217
7.7	Auswirkungen des Fördersettings auf motivationale und selbstbezogene Schülermerkmale	220
7.8	Limitationen und Stärken der vorliegenden Studie	223
7.9	Implikationen der vorliegenden Studie	225
7.9.1	Implikationen bzgl. der Erforschung des Verständnisses der Variablenkontrolle in der Grundschule	225
7.9.2	Implikationen bzgl. der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle in der Grundschule	227
8	Fazit und Ausblick	229
	Literaturverzeichnis	235
	Abbildungsverzeichnis	254
	Tabellenverzeichnis	256
	Abkürzungsverzeichnis	261
A	Anhang	263
A.1	Zentrale Ergebnisse zum Verständnis der Variablenkontrolle	263
A.2	Zentrale Ergebnisse zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle	268
A.3	Übersicht über die bei der Aufgabenentwicklung relevanten Studien .	276
A.4	Instruktion zum Test „Wir experimentieren“ (Version A) – Pilotierung	277
A.5	Codiermanual zum Test „Wir experimentieren“ – Pilotierung	311
A.6	„Wir experimentieren“ (Version A) – Hauptstudie	318
A.7	Culture Fair Test 20-R zur Erfassung der Intelligenz	327
A.8	Gruppentestfähige Paper-Pencil-Version des Farbe-Wort-Interferenz- Tests zur Erfassung der Inhibitionsfähigkeit	335

A.9	Gruppentestfähige Paper-Pencil-Version des Tests „Turm von London“ zur Erfassung der Problemlösefähigkeit	340
A.10	Ein Leseverständnistest für Erst- bis Sechstklässler zur Erfassung des Leseverständnisses	345
A.11	Lehrereinschätzungsbogen zur Erfassung der Leistungsstärke	349
A.12	Codiermanual zum Test „Wir experimentieren“ – Hauptstudie	356
A.13	Transferaufgaben zum Test „Wir experimentieren“	371
A.14	Leitfaden für das materialgestützte und videographierte Interview . .	377
A.15	Codiermanual zum Interview	381
A.16	Unterrichtseinheit in der Experimentalgruppe I (EG I MIT M)	388
A.17	Unterrichtseinheit in der Experimentalgruppe II (EG II OHNE M) . .	397
A.18	Kriterienkatalog für das <i>Blind-Screening</i>	405
A.19	SIS-Fragebogen zu motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmalen	407
A.20	Ergebnisse der Tests auf Normalverteilung bei den Lernvoraussetzungen	412
A.21	Ergebnisse der Tests auf Varianzhomogenität bei den Lernvoraussetzungen	413
A.22	Ergebnisse der Tests auf Normalverteilung bei den einzelnen Interviewfragen	414
A.23	Ergebnisse der Tests auf Normalverteilung bei den motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmalen	415

1 Einleitung

Ein wichtiges Ziel des Sachunterrichts ist die Unterstützung von Lernenden bei der Entwicklung inhaltlichen Wissens und der zunehmend selbstständigen und verantwortlichen Orientierung innerhalb der Gesellschaft (KAHLERT, 2009). Bezogen auf den naturwissenschaftlichen Sachunterricht sollen Schülerinnen und Schüler basales Wissen und wesentliche naturwissenschaftliche Inhalte sowie Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen erlernen, ein erstes Verständnis über die Natur der Naturwissenschaften entwickeln, Einstellungen und Interessen gegenüber Naturwissenschaften ausbilden sowie Selbstvertrauen bzgl. ihres eigenen naturwissenschaftlichen Lernens entwickeln (MÖLLER, 2006). Die angestrebten Ziele lassen sich mit der international geforderten naturwissenschaftlichen Grundbildung im Sinne einer *Scientific Literacy* vereinbaren, die sich insbesondere durch eine Verbindung von Wissen über Inhalte (inhaltsbezogene Kompetenzen, domänenspezifisch bzw. perspektivenbezogen) und Wissen über Methoden (prozessbezogene Kompetenzen, meist domänen- bzw. perspektivenübergreifend) auszeichnet (GIEST, 2015). Auch naturwissenschaftlicher Sachunterricht zielt auf den Erwerb inhaltsbezogener sowie auf das Erlernen prozessbezogener Kompetenzen ab (GDSU¹, 2013; NRW QUA-LIS, 2016). Diese beiden Bereiche (inhalts- und prozessbezogen) stehen in einer wechselseitigen Beziehung zueinander.

Bei der Behandlung von Methoden im Sachunterricht geht es nicht vorrangig um die Herstellung eines Produkts, sondern um die Erarbeitung von Methoden als Möglichkeiten, die Welt zu untersuchen und (neue) Erkenntnisse zu gewinnen (KÖHNLEIN, 2015). Methodische Fragen, wie „*Wie entsteht naturwissenschaftliches Wissen? Wie kommen Wissenschaftler zu neuen Erkenntnissen?*“ [Hervorhebung im Original] Welche Rolle spielen Experimente bei der Theoriebildung? Was sind Experimente?“ (KIRCHER & SODIAN, 2001, S. 24) und „Wie müssen Experimente sein, um damit etwas herausfinden zu können?“ werden zum Gegenstand des naturwissenschaftlichen Lernens. Dabei wird (naturwissenschaftliches) Lernen – sowohl inhalts- als auch prozessbezogen – in Anlehnung an *Conceptual Change*-Theorien als individuelle und aktive Veränderung von Vorstellungen verstanden (LABUDDE & MÖLLER, 2012; CAREY, 2000; VOSNIADOU, 1994; POSNER et al., 1982).

¹GDSU steht für **G**esellschaft für **D**idaktik des **S**achunterrichts.

In der vorliegenden Arbeit wird auf die Methode des Experimentierens als eine naturwissenschaftliche perspektivenbezogene Denk-, Arbeits- und Handlungsweise (GDSU, 2013), insbesondere auf das Verständnis der Variablenkontrolle, fokussiert, denn ein Ziel des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts in der dritten und vierten Klasse ist das (eigenständige) Planen, Durchführen und Auswerten (einfacher) Experimente (NRW QUA-LiS, 2016).

Aktuelle entwicklungspsychologische Studien zeigen eine Unterschätzung der kognitiven Fähigkeiten von Grundschülerinnen und -schülern. Insbesondere Ergebnisse von STERN & MÖLLER (2004) deuten darauf hin, dass schon in der Grundschule anspruchsvolle Denkprozesse möglich sind. Grundschulkinder bevorzugen bei der Auswahl aus verschiedenen vorgeschlagenen Experimenten ein kontrolliertes Experiment und können ihre Auswahl begründen (BULLOCK, SODIAN & KOERBER, 2009; SODIAN, THOERMER & KOERBER, 2008; BULLOCK & ZIEGLER, 1999). Auch wenn das spontane eigenständige Entwickeln kontrollierter Experimente ihnen noch schwerfällt, so können sie doch bereits wichtige Einsichten in die Logik des Experimentierens (Variablenkontrolle und -isolation) gewinnen (BULLOCK & SODIAN, 2003; SODIAN et al., 2002; CHEN & KLAHR, 1999; SODIAN, ZAITCHIK & CAREY, 1991). Das Verständnis der Variablenkontrolle kann bereits durch kurzfristige Interventionen gefördert werden (GRYGIER, GÜNTHER & KIRCHER, 2007; KLAHR & NIGAM, 2004; SODIAN et al., 2002; BULLOCK & ZIEGLER, 1999). Es ist möglich, ein solches Verständnis durch Interventionen – eingebettet in einen thematischen Kontext – ab der dritten Klasse zu fördern (GRYGIER, 2008). Zudem gibt es Evidenz dafür, dass ein *Conceptual Change*-fördernder Unterricht eine effektive Möglichkeit zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der dritten Klasse zu sein scheint, wobei noch nicht geklärt werden konnte, welche einzelnen Merkmale für die positiven Effekte verantwortlich sind (MÖLLER, 2015).

Die Unterstützung von Lernprozessen durch die Lehrperson im Sinne des *Scaffolding* scheint sich als lernförderlich herauszustellen (MÖLLER, HARDY & LANGE, 2012). Jedoch fehlen Aufschlüsse darüber, welche spezifischen Maßnahmen ein Unterricht zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle enthalten sollte. Ergebnisse von KLAHR & NIGAM (2004) deuten darauf hin, dass dem *Modeling* in diesem Kontext eine Funktion zuzukommen scheint. Weitere Evidenz dafür fehlt im Bereich der Grundschule. Außerdem ist bis jetzt offen geblieben, ob die Vereinbarkeit kognitiver, motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen im Rahmen einer Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle als Teil des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts möglich ist. Hier setzt die vorliegende Untersuchung an.

Zielstellung der Arbeit

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Wirksamkeit eines Unterrichtssettings zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch *Modeling* – im Vergleich zu einem am Offenen Experimentieren angelegten Unterricht – bei Grundschülerinnen und -schülern der dritten Klasse im Kontext des Themas „Magnetismus“ zu prüfen. Dabei werden basierend auf bereits vorliegenden Forschungsergebnissen das Bewerten sowie das eigenständige Planen und Durchführen von Experimenten im Rahmen einer quasi-experimentellen Studie berücksichtigt.

Aufbau der Arbeit

Zur Erreichung des formulierten Ziels wird zunächst das Verständnis der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht und die Förderung dieses Verständnisses (s. Kapitel 2 ab S. 5) theoretisch aufgearbeitet. Dabei wird auf Methoden als Teil einer naturwissenschaftlichen Grundbildung und auf die Variablenkontrolle beim Experimentieren fokussiert. Anhand der Darstellung naturwissenschaftlicher Methoden als geforderte Inhalte und Ziele des Sachunterrichts wird eine Thematisierung des Verständnisses der Variablenkontrolle als Gegenstand des Sachunterrichts legitimiert. Basierend auf aktuellen lerntheoretischen Annahmen werden mögliche Maßnahmen zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle präsentiert. Dabei wird zwischen Maßnahmen im Sinne des *Scaffoldings* und einem an das Offene Experimentieren angelehnte Konzept zur Förderung des Verständnisses und Einsatzes der Variablenkontrolle unterschieden.

Anschließend werden sowohl entwicklungspsychologische als auch fachdidaktische Befunde zum Verständnis der Variablenkontrolle und Forschungsergebnisse zur Gestaltung naturwissenschaftlicher Lernumgebungen sowie bzgl. der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch Unterricht dargestellt, um daraus Implikationen für die weitere Forschung abzuleiten (s. Kapitel 3 ab S. 47).

Darauf aufbauend werden das Hauptanliegen der vorliegenden Arbeit sowie die der quasi-experimentellen Studie zugrunde gelegten Fragen und Hypothesen präsentiert (s. Kapitel 4 ab S. 85).

Die Darstellung der Studie zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle ist Inhalt des Kapitels 5 (ab S. 97). Im Rahmen dieses Kapitels wird neben dem Design der Studie und der Beschreibung der Stichprobe die im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführte Entwicklung und Pilotierung eines Paper-Pencil-Tests zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle dargestellt. Aus den berichteten Ergebnissen der Pilotierung werden Konsequenzen für die Überarbeitung

des Paper-Pencil-Tests zum Einsatz in der quasi-experimentellen Hauptstudie abgeleitet. Des Weiteren werden die anderen in der Studie zum Einsatz kommenden Testinstrumente und die stattfindende Intervention vorgestellt.

Das Kapitel 6 (ab S. 165) beinhaltet eine Beschreibung der Aufbereitung der Daten und der Methoden zur Analyse der eingesetzten Testverfahren. Es folgt eine Erläuterung der Methoden zur Beantwortung der Forschungsfragen und der Ergebnisse – sowohl bezogen auf die Testanalysen als auch bezogen auf die quasi-experimentelle Studie. Bei der Ergebnisdarstellung wird neben den mit Hilfe des Paper-Pencil-Tests und eines Interviews erfassten Ergebnissen auf Zusammenhänge zwischen den weiteren untersuchten Variablen eingegangen. Im Kontext eines Verständnisses der Variablenkontrolle sind das Vorwissen, die Intelligenz, die Problemlöse-, die Lese- sowie die Inhibitionsfähigkeit der Kinder relevant. Zudem wird auf den Zusammenhang zwischen dem Unterrichtssetting und der Motivation eingegangen.

Nach der Darstellung erfolgt eine zusammenfassende Betrachtung und Diskussion der Ergebnisse der Studie vor dem Hintergrund der Zielsetzung, Fragestellungen und Hypothesen der vorliegenden Arbeit (s. Kapitel 7 ab S. 209). Darauf folgend wird sowohl auf Limitationen als auch auf Stärken der vorliegenden Untersuchung eingegangen und auf sich daraus ergebende Implikationen für weitere wissenschaftliche und unterrichtliche Praxis verwiesen.

Die Arbeit wird mit einem zusammenfassenden Fazit und einem Ausblick auf weitere Forschungsperspektiven abgeschlossen (s. Kapitel 8 ab S. 229).

2 Verständnis der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Der naturwissenschaftliche Sachunterricht mit seinem Bildungsauftrag gilt als Ort fachlicher Grundlegung der naturwissenschaftlichen Fächer für die weiterführenden Schulen (KAHLERT, 2009). Dies gilt sowohl bezogen auf naturwissenschaftliche Inhalte als auch auf naturwissenschaftliche Methoden. Folglich geht es beim naturwissenschaftlichen Lernen darum, wichtige inhaltliche Konzepte und wichtige Methoden der Naturwissenschaften (z. B. das Vorgehen bei einer experimentellen Untersuchung) zu erlernen und zu verstehen (KIRCHER & SODIAN, 2001). Die Idee eines solchen naturwissenschaftlichen Lernens im Sachunterricht findet sich auch in dem international geforderten Konzept einer *Scientific Literacy* (BYBEE, 2002) im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung.

Das vorliegende Kapitel gliedert sich in zwei Teile. Im ersten Teil geht es um das Verständnis der Variablenkontrolle im Kontext einer naturwissenschaftlichen Grundbildung. So wird geklärt, was eine naturwissenschaftliche Grundbildung beinhalten sollte und welche Rolle den naturwissenschaftlichen Methoden zukommt (s. Kapitel 2.1 ab S. 6). Als naturwissenschaftliche Methode wird in der vorliegenden Arbeit das Experimentieren fokussiert (s. Kapitel 2.2 ab S. 14). Dazu wird das Experimentieren aus entwicklungspsychologischer (s. Kapitel 2.2.1 ab S. 14) und aus fachdidaktischer Sicht (s. Kapitel 2.2.2 ab S. 17) in den Blick genommen und die mit dem Einsatz von Experimenten im Unterricht verfolgten Ziele dargelegt (s. Kapitel 2.2.3 ab S. 20). Um die Variablenkontrolle, die vor allem bei der Planung, Durchführung und Bewertung von Experimenten wichtig ist, in den Gesamtkontext des Experiments als naturwissenschaftliche Methode einzuordnen, wird in Kapitel 2.2.4 (ab S. 21) der sog. Experimentierzyklus präsentiert. Basierend auf den theoretischen Hintergründen wird das der vorliegenden Arbeit zugrunde liegende Konzept des Verständnisses der Variablenkontrolle erläutert (s. Kapitel 2.2.5 ab S. 25). Inwieweit sich die Variablenkontrolle als wesentlicher Teil der naturwissenschaftlichen Methode des Experimentierens als Bereich einer naturwissenschaftlichen Grundbildung durch die Aufgaben und Ziele des Sachunterrichts legitimieren lässt, ist Inhalt des Kapitels 2.3 (ab S. 28).

Der zweite Teil des Kapitels gliedert sich in mehrere Abschnitte. In den folgenden Teilen (s. ab Kapitel 2.4 ab S. 31) wird die Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule fokussiert. Dazu wird in einem ersten Schritt das Lehren und Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht in ein allgemeines Konzept des Unterrichts eingeordnet, das häufig im Kontext der Unterrichtsforschung beschreibend zur Anwendung kommt (s. Kapitel 2.4.1 ab S. 31). Daraufhin wird das Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht genauer betrachtet (s. Kapitel 2.4.2 ab S. 33). Anschließend wird der Einsatz von Maßnahmen zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle auf einer grundlegenden Ebene unter Rückgriff auf einen aktuellen Ansatz zum Lehren legitimiert (s. Kapitel 2.4.3 ab S. 38). Die Unterstützung von Lernprozessen im Sinne des *Scaffoldings* wird definiert sowie theoretisch fundiert, wobei die für die vorliegende Arbeit relevante *Scaffolding*maßnahme des *Modelings*, die zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle besonders vielversprechend zu sein scheint (KLAHR & NIGAM, 2004), präzisiert wird (s. Kapitel 2.4.3.1 ab S. 39). Zudem wird das Konzept des Offenen Experimentierens, das im Zusammenhang mit dem Experimentieren im Unterricht steht und als eine offenere Art als das *Scaffolding* zur Förderung der Experimentierfähigkeit gesehen werden kann, betrachtet (s. Kapitel 2.4.3.2 ab S. 42). Den Abschluss des Kapitels bildet eine zusammenfassende Betrachtung der im Kapitel beschriebenen Erkenntnisse (s. Kapitel 2.5 ab S. 45).

2.1 Methoden als Teil einer naturwissenschaftlichen Grundbildung

International wird die Forderung eines naturwissenschaftlichen Unterrichts, der auf eine Teilhabe an einer durch Naturwissenschaften und Technik geprägten Welt abzielt, im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung im Rahmen der Vorstellung einer *Scientific Literacy* diskutiert (PRENZEL et al., 2003; BYBEE, 2002). Eine naturwissenschaftliche Grundbildung „umfasst das, was möglichst alle wissen müssten, und was sie flexibel in unterschiedlichen Situationen oder Kontexten anwenden können sollten.“ (PRENZEL et al., 2003, S. 146) Damit geht die Forderung nach den Naturwissenschaften als sog. *vierten Pfeiler* – ergänzend zum Lesen, Rechnen und Schreiben – der schulischen Grundbildung einher (KIRCHER & SODIAN, 2001).

Begründungen für eine naturwissenschaftliche Grundbildung

Die Idee der Integration naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen als Teil des frühen naturwissenschaftlichen Lernens, wie im Rahmen einer naturwissenschaftlichen Grundbildung gefordert, ist nicht neu – erste Bemühungen zur Implementation in die Grundschule gab es bereits in den 1960-er bzw. 1970-er Jahren. Ausgelöst wurde die internationale Diskussion in den USA durch den sog. *Sputnikschock*. (LABUDDE & MÖLLER, 2012) Zu Beginn des 21. Jahrhunderts ist die Diskussion erneut in den Fokus der Fachdidaktik und der Bildungspolitik gelangt – begründet durch drohenden Fachkräftemangel und das schlechte Abschneiden deutscher Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Bereich in internationalen Schulleistungsstudien, wie z. B. PISA 2000 (MÖLLER, 2007). So wiesen bei der ersten PISA-Studie im Jahr 2000 in Deutschland viele 15-Jährige schlechte naturwissenschaftliche Leistungen verbunden mit einer geringen Bereitschaft zur Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Inhalten auf (PRENZEL et al., 2003). Ein Vergleich der Daten der PISA-Untersuchungen aus den Jahren 2000, 2003 und 2006 zeigt einen statistisch signifikanten Anstieg in Bezug auf die naturwissenschaftliche Kompetenz. Lag Deutschland im Jahr 2000 signifikant unterhalb des OECD-Durchschnitts, erzielten die Schülerinnen und Schüler 2003 mittlere Kompetenzwerte. 2006 erreichte Deutschland eine Platzierung signifikant oberhalb des OECD-Durchschnitts und behielt diese bei PISA 2009. (RÖNNEBECK et al., 2010)

[... Gleichzeitig] lässt sich feststellen, dass in Deutschland die Naturwissenschaften und die Technik in den letzten 15 bis 20 Jahren öffentlich stärker wahrgenommen werden und sowohl politisch als auch gesellschaftlich an Stellenwert gewonnen haben. Die Naturwissenschaften werden wieder als zukunftsträchtiges und gesellschaftlich bedeutendes Tätigkeitsfeld angesehen. Zusammen mit den Bemühungen und Verbesserungen im Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts bildet dieses veränderte Problembewusstsein eine gute Basis für die weitere Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenz. (RÖNNEBECK et al., 2010, S. 195)

Hinzu kommen neuere Befunde aus der kognitiven Psychologie, der Entwicklungspsychologie und der Lehr-Lern-Forschung. So weist MÖLLER darauf hin, dass sich insgesamt „ein Trend hin zu einem kognitiv anspruchsvolleren Primarunterricht ausmachen [lässt], der sich gegen eine Unterschätzung der geistigen Kapazitäten von Grundschulkindern richtet, frühe Lernchancen als bedeutsam für die kognitive Entwicklung ansieht und eine Beschränkung auf ‚Hands-on‘-Aktivitäten sowie auf deskriptive kognitive Leistungen ablehnt.“ (2007, S. 105)

Sowohl national als auch international spielen die Naturwissenschaften, die naturwissenschaftlichen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen sowie die mit Hilfe von ihnen gewonnenen Erkenntnisse eine wichtige Rolle für die Gesellschaft. Auf der einen Seite sind sie die Basis für viele Verstehensprozesse und Erklärungen von Phänomenen in der Welt, auf der anderen Seite verdeutlichen sie die der heutigen Gesellschaft zur Verfügung stehenden Möglichkeiten (DUIT, HÄUSSLER & PRENZEL, 2014). Gleichzeitig bieten die Naturwissenschaften sowie ihre spezifischen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen Möglichkeiten, Probleme des Alltags in einer systematischen Weise anzugehen und zu lösen (GRYGIER, 2008). Das Lernen naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden ist somit aus exemplarischer Sicht notwendig. “Students should be introduced to this way of thinking and learn how to use it themselves since it is such an important means of generating knowledge of our world.” (DEBOER, 2000, S. 592) KÖLLER, BAUMERT & BOS sprechen in diesem Kontext von einem *naturwissenschaftlichen Basiswissen*, „dem die Bedeutung eines grundlegenden Kulturwerkzeugs [zukommt], dessen Beherrschung die Voraussetzung für eine verständige und verantwortungsvolle Teilnahme am gesellschaftlichen Leben ist.“ (2014, S. 273)

Naturwissenschaftliche Grundbildung – eine Begriffsbestimmung

Ausgehend von einer kurzen Betrachtung des Begriffs *Bildung* gilt es, den Begriff *naturwissenschaftliche Grundbildung* zu erläutern. SCHWIPPERT beschreibt, dass „Bildung [...] zu einem Schlüssel bei der Befähigung, sich in einer wandelnden Welt zurechtzufinden, sich in dieser zu bewegen und sie mit zu prägen“ (2015, S. 43) wird. Dabei sind naturwissenschaftliche Kenntnisse eine wichtige Voraussetzung, um sich als Mensch „selbstbestimmt und verantwortungsvoll in der Gesellschaft zu bewegen, sich in und mit ihr zu entwickeln.“ (SCHWIPPERT, 2015, S. 43) Bildung bezieht sich nicht nur auf kognitive Fähigkeiten; so tragen ebenfalls die individuellen Interessen und die Motivationen zu einem Aufbau persönlicher Bildung bei (SCHWIPPERT, 2015).

Um darüber hinaus zu verstehen, was hinter dem Konzept einer naturwissenschaftlichen Grundbildung im Sinne einer *Scientific Literacy*¹ steht, ist es notwendig, sich zunächst zu verdeutlichen, für was der Begriff *Literacy* im englischsprachigen Raum verwendet wird: “The basic idea of literacy is to define a minimum level of reading and writing skills that an individual must have to participate in written communication.” (MILLER, 1997, S. 123) Im eigentlichen und engeren Sinne

¹Der Begriff *naturwissenschaftliche Grundbildung* wird im englischsprachigen Raum unter dem Begriff *Scientific Literacy* diskutiert. Im deutschsprachigen Raum werden die Begriffe synonym verwendet. (DUIT, HÄUSSLER & PRENZEL, 2014)

wird mit dem Begriff *Literacy* die Fähigkeit zum Lesen und Schreiben beschrieben (DUIT, HÄUSSLER & PRENZEL, 2014). Wird der Begriff weiter gefasst, beinhaltet er „Aspekte einer umfassenden Bildung“ (DUIT, HÄUSSLER & PRENZEL, 2014, S. 171). Folglich ist *Scientific Literacy* mehr als „die Beherrschung grundlegenden naturwissenschaftlichen Faktenwissens und grundlegender Fertigkeiten“ (DUIT, HÄUSSLER & PRENZEL, 2014, S. 171). Es geht insbesondere „um die Nutzung dieses Wissens und dieser Fertigkeiten zum Verstehen und Erklären der naturwissenschaftlich geprägten Welt und der Teilnahme an Entscheidungen im gesellschaftlichen Raum.“ (DUIT, HÄUSSLER & PRENZEL, 2014, S. 171)

Eine weit verbreitete Beschreibung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ist bei PISA zu finden:

- Scientific knowledge and use of that knowledge to identify questions, acquire new knowledge, explain scientific phenomena and draw evidence-based conclusions about science-related issues
- Understanding of the characteristic features of science as a form of human knowledge and enquiry
- Awareness of how science and technology shape our material, intellectual, and cultural environments
- Willingness to engage in science-related issues and with the ideas of science, as a reflective citizen

(OECD, 2006, S. 23)².

Eine graphische Zusammenfassung findet sich ebenfalls bei PISA 2012 (s. Abbildung 2.1) und zeigt deutlich das Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten.



Abbildung 2.1: Die PISA-Rahmenkonzeption naturwissenschaftlicher Grundbildung (SCHIEPE-TISKA et al., 2013, S. 193)

An dieser Stelle lässt sich zusammenfassend festhalten, dass den Begriff *naturwissen-*

²Eine deutsche Übersetzung dieser Definition findet sich bei LABUDDE & MÖLLER (2012). OECD steht für **O**rganisation for **E**conomic **C**o-operation and **D**evelopment.

schaftliche Grundbildung im Sinne einer *Scientific Literacy* eindeutig zu definieren, nicht möglich ist (BYBEE, 1997). Aus diesem Grund ist es notwendig, die einzelnen Komponenten einer naturwissenschaftlichen Grundbildung genauer zu betrachten.

Komponenten einer naturwissenschaftlichen Grundbildung

Eine naturwissenschaftliche Grundbildung im Sinne einer *Scientific Literacy* umfasst folgende Wissensbereiche (AAAS³, 1990; BYBEE, 1997, 2002, 2006; NRC⁴, 2008):

- a) ein Verständnis naturwissenschaftlicher Begriffe und Prinzipien – auch als *Konzepte* bezeichnet
- b) **den Einsatz und ein Verständnis naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden bzw. Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen bzw. naturwissenschaftlicher Prozesse – auch *Scientific Inquiry* genannt**
- c) ein Verständnis der Möglichkeiten und Grenzen der Naturwissenschaften – dies wird auch als *Natur der Naturwissenschaften* bzw. *Nature of Science* betitelt
- d) ein Verständnis der Beziehungen zwischen Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft bzw. Vorstellungen und Einstellungen zur Relevanz der Naturwissenschaften für die Gesellschaft und Technik

(formuliert in Anlehnung an GÖTZ et al., 2015; DUIT, HÄUSSLER & PRENZEL, 2014; BELL, 2008).

Diese Wissensbereiche einer naturwissenschaftlichen Grundbildung sind sowohl domänenspezifisch als auch domänenübergreifend. Dabei beinhalten **domänenspezifische** Wissensbereiche die Kenntnis verschiedener naturwissenschaftlicher Konzepte. **Domänenübergreifende** Fähigkeiten beziehen sich hingegen auf die Vorgehensweisen der Naturwissenschaften und die Bewertung von Evidenzen (ESHACH, 2006), da diese nicht inhaltspezifisch sind.

Neben den kognitiven Aspekten wird der Fokus darauf gelegt, dass naturwissenschaftlicher Unterricht die Aufgabe hat, das Interesse an den Naturwissenschaften zu entwickeln und zu fördern, die Neugier der Kinder zu wecken und Freude zu bereiten. Außerdem gilt es als ein Anspruch naturwissenschaftlichen Lernens, dass die Schülerinnen und Schüler sich selbst zutrauen, dass sie in der Lage sind, Naturwissenschaften zu verstehen. Denn wenn diese Grundlagen nicht gelegt werden, werden sich die Schülerinnen und Schüler nach ihrer Schulzeit nicht weiter mit naturwissenschaftlichen Fragen beschäftigen. Eine solche Beschäftigung mit naturwissenschaft-

³AAAS steht für **A**merican **A**ssociation for the **A**dvancement of **S**cience.

⁴NRC steht für **N**ational **R**esearch **C**ouncil.

lichen Themen ist jedoch Voraussetzung dafür, die durch Naturwissenschaften und Technik geprägten Welt zu begreifen und aktiv an der Gesellschaft teilzunehmen. (DUIT, HÄUSSLER & PRENZEL, 2014; MÖLLER, HARDY & LANGE, 2012)

Ein wesentliches Merkmal aller Konzeptualisierungen einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ist eine starke Verknüpfung der einzelnen Komponenten. Dabei kommt insbesondere der Verbindung von Wissen über Inhalte (inhaltsbezogene Kompetenzen, domänenspezifisch) und Wissen über Verfahren (prozessbezogene Kompetenzen, domänenübergreifend) eine wichtige Rolle zu (KÖHNLEIN, 2015; LANGE & EWERHARDY, 2014; GDSU, 2013). Dabei geht es jedoch nicht darum, möglichst viel detailliertes Wissen zu erreichen, sondern darum, innerhalb der gesamten Schulzeit basale (inhaltliche) Konzepte und Prozesse (Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen) aus den Naturwissenschaften durchdringend und ausdifferenziert zu verstehen (DUIT, HÄUSSLER & PRENZEL, 2014).

In der vorliegenden Arbeit wird der Bereich *Scientific Inquiry*, der Einsatz und ein Verständnis naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden bzw. Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen bzw. Prozesse, fokussiert. Ein solches Verständnis beinhaltet Aspekte der Methodik naturwissenschaftlicher Untersuchungen, welches ein grundsätzliches Verständnis der Ziele und des Vorgehens in den Naturwissenschaften umfasst. Dabei sollen mit den Schülerinnen und Schülern in etwa die Methoden thematisiert und durchgeführt werden, die in den Naturwissenschaften zur Anwendung kommen. Dadurch wird der Forschungsprozess selbst zum Gegenstand naturwissenschaftlichen Lernens. Es geht folglich nicht um die bloße Durchführung verschiedener Untersuchungsmethoden, sondern ebenfalls um die reflektierte Behandlung ebendieser. So lernen die Schülerinnen und Schüler beispielsweise bei der Durchführung von Experimenten, warum und wie sie Variablen kontrollieren (DEBOER, 2006).

Zu den Methoden zählen in Anlehnung an NRC (2008), ESHACH (2006) und BYBEE (1997) u. a.:

- Beobachten,
- Fragen stellen,
- Hypothesen formulieren,
- Entwicklung, Durchführung und Auswertung (kontrollierter) Experimente,
- sachgerechter Umgang mit Materialien, Untersuchungsobjekten und -anlagen,
- Messen,
- Modellieren,

- Aufzeichnen von Daten,
- Auswertung und Präsentation von Daten in geeigneter Form,
- kritische Bewertung von Ergebnissen naturwissenschaftlicher Untersuchungen, Experimenten, Beobachtungen, theoretischen Modellen und Erklärungen sowie Interpretationen anderer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler,
- Austausch mit anderen,
- Arbeit mit (wissenschaftlicher) Literatur oder anderen Informationsquellen und
- Aufstellen evidenzbasierter Erklärungsansätze⁵.

Der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit liegt auf der Entwicklung, Durchführung und Auswertung (kontrollierter) Experimente unter Anwendung der Variablenkontrolle. Die Kontrolle von Variablen ist ein wesentliches Merkmal eines kontrollierten (naturwissenschaftlichen) Experiments, weshalb der Anwendung der Variablenkontrollstrategie bei der Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten eine wichtige Bedeutung zukommt. Daneben beinhaltet ein Verständnis der logischen Aspekte der Variablenkontrollstrategie das Wissen um die unbestimmte Aussagekraft konfundierter Experimente und das Wissen um die Notwendigkeit kontrollierter Experimente (KLAHR & NIGAM, 2004).

Stufenmodell *Scientific Literacy*

Die Ausführungen verdeutlichen die hohe Komplexität und den hohen Anspruch einer naturwissenschaftlichen Grundbildung⁶. “If you say that no one could possibly fully achieve scientific and technologic literacy, I would agree. [...] Developing scientific [...] literacy is a lifetime task.” (BYBEE, 1997, S. 62) Aus diesem Grund legt BYBEE 1997 ein Stufenmodell zur *Scientific Literacy* vor:

- Stufe 1 – nominale *Scientific Literacy*
 - naturwissenschaftliche Fakten, Begriffe und Formeln sind bekannt

⁵Diese Auflistung erhebt, wie die anderen Auflistungen in diesem Kapitel, keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie dient dazu, Beispiele aufzuzeigen, um eine möglichst konkrete Vorstellung der Methodik der Naturwissenschaften vermitteln zu können und kann sowohl um weitere Aspekte als auch um detailliertere Beschreibungen der einzelnen Aspekte ergänzt werden.

⁶Da im Rahmen der vorliegenden Arbeit sich der Begriff *naturwissenschaftliche Grundbildung* immer auf eine naturwissenschaftliche Grundbildung im Sinne einer *Scientific Literacy* bezieht, werden die Begriffe synonym verwendet. Dabei wird bevorzugt der Ausdruck naturwissenschaftliche Grundbildung verwendet. Bei Bezug auf englischsprachige Literatur hingegen, wird von *Scientific Literacy* gesprochen und dies nicht an jeder Stelle übersetzt. Gemeint ist damit dann jedoch eine naturwissenschaftliche Grundbildung im Sinne der *Scientific Literacy*.

- Verstehen einer bestimmten Situation ist auf das Niveau naiver Schüler-
vorstellungen beschränkt
- Vorstellungen von naturwissenschaftlichen Konzepten und Prozessen sind
falsch und/oder naiv
- naive Äußerungen zur Naturwissenschaft
- unzureichende und unangemessene Erklärungen naturwissenschaftlicher
Phänomene
- Stufe 2 – funktionale *Scientific Literacy*
 - naturwissenschaftliches Vokabular kann verwendet werden, aber nur bei
bestimmten Aktivitäten oder zu bestimmten Zwecken
 - korrekte Definition naturwissenschaftlicher Begriffe
 - technische Ausdrücke auswendig gelernt
- Stufe 3 – konzeptionelle und prozedurale *Scientific Literacy*
 - **Anwenden naturwissenschaftlicher Begriffe und Prozesse**
 - **grundlegendes Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte, Fer-
tigkeiten und prozeduralen Wissens**
 - Verständnis von Beziehungen zwischen einzelnen Teilen naturwissenschaft-
licher Disziplinen und konzeptioneller Struktur
- Stufe 4 – multidimensionale *Scientific Literacy*
 - Verständnis der Besonderheiten der Naturwissenschaften
 - Verständnis der Geschichte und des Wesens der Naturwissenschaften
 - Verständnis der Bedeutung der Naturwissenschaften im gesellschaftlichen
Raum
 - Unterscheidung der Naturwissenschaften von anderen Disziplinen

(in Anlehnung an DUIT, HÄUSSLER & PRENZEL, 2014; BYBEE, 2002).

Die Stufen 1 (nominale *Scientific Literacy*) und 2 (funktionale *Scientific Literacy*) lassen sich nur auf den ersten Wissensbereich (Verständnis naturwissenschaftlicher Begriffe und Prinzipien bzw. Konzepte) einer naturwissenschaftlichen Grundbildung anwenden. Erst auf dem Anforderungsniveau der Stufe 3 (konzeptionelle und prozedurale *Scientific Literacy*) spielt der in der vorliegenden Arbeit fokussierte zweite Wissensbereich (Einsatz und Verständnis naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden bzw. Denk- und Arbeitsweisen bzw. Prozesse – *Scientific Inquiry*) eine Rolle.

Die Wissensbereiche drei (Verständnis der Möglichkeiten und Grenzen der Naturwissenschaften) und vier (Verständnis der Beziehungen zwischen Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft bzw. Vorstellungen und Einstellungen zur Relevanz der Naturwissenschaften für die Gesellschaft und Technik) werden erst auf Stufe 4 (multidimensionale *Scientific Literacy*) einbezogen. „Dieses Stufenmodell stellt einen ersten theoretischen Entwurf für den Entwicklungsverlauf naturwissenschaftlicher Grundbildung dar“ (DUI, HÄUSSLER & PRENZEL, 2014, S. 173), der einem kumulativen (Lern-)Prozess entspricht (GRYGIER, 2008).

Im Kontext einer konzeptionellen und prozeduralen *Scientific Literacy* bzw. dem Einsatz und Verständnis naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden bzw. Denk- und Arbeitsweisen bzw. Prozesse kann das Experiment als eine „zentrale naturwissenschaftliche Methode“ (LABUDDE & MÖLLER, 2012, S. 12) und somit als naturwissenschaftliches Basiswissen gesehen werden. Ihm kommt bei der Behandlung naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen eine wichtige Funktion zu, weshalb es im Rahmen der vorliegenden Arbeit fokussiert wird. Den Schwerpunkt bildet die Förderung von Kompetenzen, die im Zusammenhang mit der eigenständigen Planung, Durchführung, Aus- und Bewertung von Experimenten stehen – jedoch nicht losgelöst von inhaltlichen Kompetenzen. Eine solche Kompetenz ist der Einsatz der Variablenkontrolle.

2.2 Variablenkontrolle beim Experimentieren

Die in diesem Kapitel bisher dargestellten Ausführungen bringen das Erlernen naturwissenschaftlicher Methoden (*Scientific Inquiry*), wie z. B. das Experimentieren, in einen Gesamtkontext einer naturwissenschaftlichen Grundbildung. Dem Experimentieren kommt, wie bereits angedeutet, im Rahmen der *Scientific Inquiry* eine wesentliche Bedeutung zu, die das Erlernen naturwissenschaftlicher Verfahren beinhaltet, „insbesondere [...] das Erlernen der Methode des Experimentierens.“ (MÖLLER, 2007, S. 106) Deshalb soll nun der Einsatz der Variablenkontrolle beim Experimentieren genauer beleuchtet werden mit dem Ziel, die naturwissenschaftliche Methode des Experimentierens zu operationalisieren.

2.2.1 Experimentieren im Sinne des kognitionspsychologischen SDDS-Modells

Eine erste Grundlage für eine differenziertere Betrachtung des Experimentierens – aus kognitionspsychologischer Perspektive – ist das von KLAHR & DUNBAR im Jahr

1988 vorgelegte theoretische Modell zur Beschreibung des Experimentierens – das sog. *SDDS-Modell*⁷. Dieses Modell (s. Abbildung 2.2) ist auch für die Fachdidaktik relevant und basiert auf einem Dreischritt. Somit beinhaltet Experimentieren:

1. das Aufstellen einer Hypothese (Suche im Hypothesen-Raum)
2. das Durchführen eines Experiments (Testen von Hypothesen durch Suche im Experimentier-Raum)
3. das Interpretieren der Ergebnisse bzw. Schlussfolgern bzgl. der Hypothese (Analyse von Evidenzen)

(in Anlehnung an SUMFLETH, WIRTH & THILLMANN, 2013).

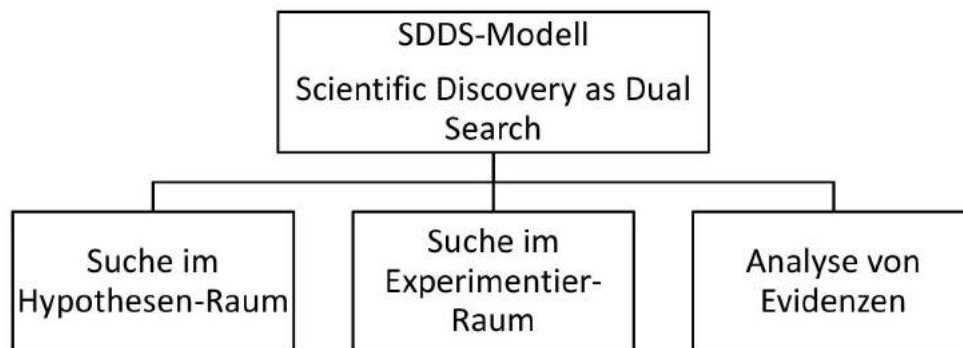


Abbildung 2.2: Das SDDS-Modell nach KLAHR (in HAMMANN, PHAN & BAYRHUBER, 2007, S. 36)

Der wissenschaftliche Erkenntnisweg beruht auf einer Suche in zwei verschiedenen Problemräumen – der Suche im Hypothesen-Raum und der Suche im Experimentier-Raum⁸. Sowohl der Hypothesen- als auch der Experimentier-Raum⁹ stellen in dem Modell mentale Räume dar, die jeweils für den Raum spezifisches Wissen beinhalten.

Die in dem Modell formulierten einzelnen Schritte stehen allerdings nicht unverbunden hinter- bzw. nebeneinander, sondern sind eng miteinander verknüpft. So lässt sich „erfolgreiches Experimentieren als Interaktion von Hypothesen- und Experimentier-Raum [beschreiben ...]: Auf der Basis einer im Hypothesen-Raum ausgewählten Hypothese wird im Experimentier-Raum ein Experiment gesucht, das geeignet ist, die gewählte Hypothese zu prüfen. Die Ergebnisse des Experiments werden wiederum

⁷SDDS-Modell steht für **S**cientific **D**iscovery as **D**ual **S**earch-Modell.

⁸Diese duale Suche ist namensgebend für das Modell.

⁹In der Literatur findet sich sowohl der Begriff *Experimente-Raum* als auch *Experimentier-Raum*. Gemeint ist damit der gleiche mentale Raum im SDDS-Modell, weshalb diese Begriffe in der vorliegenden Arbeit synonym verwendet werden. Auch verschiedene Schreibweisen sind in der Literatur zu finden, z. B. Experimentierraum oder Experimentier-Raum. Auch hier ist der gleiche mentale Raum gemeint.

auf die Hypothese bezogen und können so zu einer Veränderung des Hypothesen-Raums führen.“ (SUMFLETH, WIRTH & THILLMANN, 2013, S. 165)

Zum *Hypothesen-Raum* als mentaler Raum gehört „das Wissen über Beziehungen zwischen Variablen und über Effekte von Veränderungen von Variablenwerten.“ (SUMFLETH, WIRTH & THILLMANN, 2013, S. 165) Dieses eingeschränkte und bereichs- bzw. domänenspezifische (Vor-)Wissen kommt bei der Entwicklung, Aufstellung, Veränderung, Verfeinerung, Revision und Bewertung von Hypothesen zum Einsatz und ist gleichzeitig der Beginn eines naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses (HAMMANN, PHAN & BAYRHUBER, 2007; HAMMANN, 2004). Zum *Experimentier-Raum* gehört „das Wissen über Tests bzw. Experimente zur Überprüfung der Hypothesen“ (SUMFLETH, WIRTH & THILLMANN, 2013, S. 165), das bei der Überprüfung der Hypothesen „durch systematisches Auswählen, Planen und Durchführen von Experimenten“ (SUMFLETH, WIRTH & THILLMANN, 2013, S. 165) angewendet wird. Dabei werden durch den Umgang mit Variablen Experimente geplant, die es ermöglichen, Evidenzen zu generieren, die für oder gegen die zuvor formulierte Hypothese sprechen (HAMMANN, PHAN & BAYRHUBER, 2007). Das Besondere am Experimentier-Raum ist, dass dafür sowohl bereichs- bzw. domänenübergreifendes als auch bereichs- bzw. domänenspezifisches Wissen nötig ist. Zum bereichsübergreifenden Wissen gehört beispielsweise das Wissen, „dass schlüssige Experimente aus der Vorgehensweise resultieren, nur diejenige Variable zu variieren, von der eine erwartete ursächliche Wirkung ausgeht“ (HAMMANN, 2004, S. 199). Innerhalb des bereichsspezifischen Wissens ist es beispielsweise notwendig, sich darüber im Klaren zu sein, dass die Planung eines Experiments nicht nur auf Basis allgemeiner Strategien möglich ist, sondern auf die thematischen Besonderheiten des in der konkreten Situation zu planenden Experiments abgestimmt werden muss (HAMMANN, 2004).

Das Testen von Hypothesen lässt sich, wie in Abbildung 2.3 dargestellt, in vier Schritte unterteilen. Ein wichtiger Teilaspekt des Testens von Hypothesen ist die Suche im Experimentier-Raum. So wird als erstes ein Experiment überlegt oder entwickelt (*search e-space*). Anschließend gilt es, bzgl. der Hypothese und des Experiments Vermutungen über die erwarteten Ergebnisse zu formulieren (*make prediction*). Die darauf folgende Durchführung des Experiments (*run*) stellt den dritten Schritt des Testens von Hypothesen dar. Die Suche endet mit dem Rückbezug der Ergebnisse auf die Vermutungen (*match*). In diesem Schritt wird die Entscheidung darüber getroffen, ob die formulierte Hypothese bestätigt, negiert oder noch weiteren Prüfungen unterzogen wird (HAMMANN, PHAN & BAYRHUBER, 2007). Dabei müssen die Schritte nicht zwangsläufig strikt nacheinander ablaufen, sondern können auch nebeneinander durchlaufen werden (WALPUSKI, 2006).

Die Modellierung der einzelnen Aspekte im SDDS-Modell basieren auf Annahmen der Problemlöseforschung, was bedeutet, dass ein naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozess im Sinne des Experimentierens als eine Aufgabe zur Problemlösung aufgefasst werden kann (HAMMANN, PHAN & BAYRHUBER, 2007; KLAHR, 2000). Aus diesem Grund werden Fähigkeiten und Kompetenzen, die das Experimentieren betreffen, auch als *experimentelle Problemlösekompetenz* bzw. *experimentelle Problemlösefähigkeit* beschrieben (z. B. bei RIESS & ROBIN, 2012). Dabei hat ein Problem einen Ausgangs- bzw. Anfangszustand und einen Ziel- bzw. Endzustand. Dazwischen liegt eine zu überbrückende Barriere (WALPUSKI, 2006).

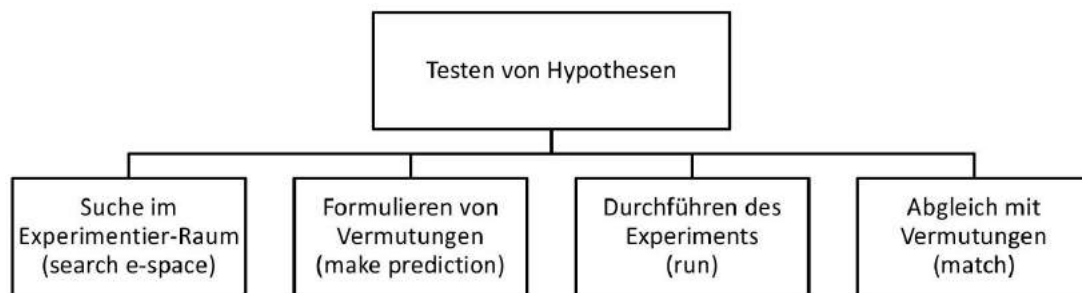


Abbildung 2.3: Schritte beim Testen von Hypothesen (in Anlehnung an WALPUSKI, 2006)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das SDDS-Modell ein Modell ist, das die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung differenziert beschreibt, „das jedoch in der Praxis wohl – wenn überhaupt – nur bei Experten Anwendung findet“ (WALPUSKI, 2006, S. 24), da es einen idealen Weg der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung beschreibt, der „ein gezieltes hypothesengeleitetes Vorgehen und ein Reflektieren des eigenen Handelns“ (WALPUSKI, 2006, S. 24) erfordert. Allerdings bietet es eine gute Übersicht über die einzelnen Schritte bei der Erkenntnisgewinnung – jedoch auf einer für die (Grund-)Schule eher abstrakten Ebene. Deshalb stellt sich die Frage, wie das Experimentieren als eine naturwissenschaftliche Methode als Teil einer naturwissenschaftlichen Grundbildung bereits in der Grundschule angebahnt, differenzierter betrachtet und konkreter beschrieben werden kann.

2.2.2 Experimentieren als eine naturwissenschaftliche Denk-, Arbeits- und Handlungsweise

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verwenden je nach zu untersuchendem Gegenstand bzw. interessierender Fragestellung verschiedene Untersuchungsmethoden. Die Durchführung eines „fair test[s] (experimenting)“ ist eine Möglichkeit (NRC,

2008, S. 123)¹⁰ und gilt als „Kernstück naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden“ (GIEST & WITTKOWSKE, 2008, S. 14). Ziel des Experimentierens ist die Prüfung (Verifikation oder Falsifikation) einer aus der Theorie abgeleiteten Hypothese. Innerhalb der Fachdidaktik werden dem Experiment drei wesentliche Eigenschaften zugeschrieben:

1. planmäßiger Ablauf,
2. Wiederholbarkeit und
3. Variablenkontrolle

(RIESS, 2012).

Dies bedeutet, dass Bedingungen von Vorgängen in der Natur planmäßig variiert werden. Dazu wird eine (manchmal auch mehrere) unabhängige Variable bewusst manipuliert, um so die Auswirkungen auf die abhängige Variable beobachten zu können. Auf diese Weise können Zusammenhänge zwischen den bewusst herbeigeführten Manipulationen und den damit einhergehenden Veränderungen festgestellt werden. Die Komplexität eines Experiments ist dabei abhängig von der Anzahl der unabhängigen Variablen. Da Vorgänge in der Natur nie unbeeinflusst von anderen Vorgängen in der Natur sind, leuchtet ein, dass mögliche Fehlerquellen systematisch kontrolliert werden müssen. Somit handelt es sich beim Experimentieren „um eine höchst anspruchsvolle Methode [...], welche für Kinder schwer zugänglich ist“ (GIEST & WITTKOWSKE, 2008, S. 15).

Die Idee, das Experimentieren als eine zentrale (natur-)wissenschaftliche Methode zur Erkenntnisgewinnung dennoch bereits im Sachunterricht der Grundschule zu thematisieren, taucht immer wieder in verschiedenen Bildungskonzeptionen (GDSU, 2013; NRW QUA-LIS, 2016) auf und die Tatsache, „[d]ass man bereits im Primarbereich mit dem Aufbau einer am Scientific-Literacy-Konzept orientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung beginnen sollte, ist heute unumstritten.“ (MÖLLER, KLEICKMANN & SODIAN, 2011, S. 510) Als Ziel für die Grundschule in diesem Bereich formuliert HARTINGER:

Wenn es so gelingt, dass Schüler/innen weitgehend selbstständig Versuche erdenken, durchführen und auswerten können, und wenn die Kinder damit ihren Fragen an die Natur nachgehen, so ist dies meines Erachtens nahezu eine Optimalform, wie die Ansprüche der Fachwissenschaften und die kindlichen Bedürfnisse im Sachunterricht miteinander verknüpft wer-

¹⁰Gemeint ist mit dem Begriff *faïres Experiment* ein *kontrolliertes Experiment*. Die Betonung der Fairness eines Experiments ermöglicht den Kindern, ein Verständnis eines kontrollierten Experiments aufzubauen.

den können. (2003, S. 73)

HARTINGER spricht in dem Zitat nicht von *Experimenten*, sondern von *Versuchen*. Bereits die Verwendung unterschiedlicher Begriffe im Kontext des Experimentierens verdeutlicht die Notwendigkeit einer Operationalisierung des Experimentierens als eine naturwissenschaftliche Methode. Im Kontext des Experimentierens in der Grundschule können insgesamt vier Begriffe unterschieden werden: Experiment, Versuch, Laborieren und Explorieren. Diese vier Begriffe sollen als Basis für die weiteren Ausführungen in der vorliegenden Arbeit nun kurz voneinander abgegrenzt werden.

Ein *Experiment* zeichnet sich durch das Vorhandensein einer Fragestellung und/oder einer Vermutung aus. Die Vorgehensweise zur Beantwortung dieser Fragestellung und/oder Überprüfung dieser Vermutung ist dabei nicht vorgegeben (NIESSELER, 2015), muss jedoch drei wesentlichen Kriterien genügen – Vorhandensein eines planmäßigen Ablaufs, Möglichkeit zur Wiederholung und Kontrolle von Variablen (RIESS, 2012). Allerdings wird im Unterschied zur wissenschaftlichen Definition eines Experiments in der Grundschule auf eine echte Hypothese – im Sinne einer aus der Theorie abgeleiteten Vermutung – verzichtet (GRYGIER & HARTINGER, 2009).

Ein *Versuch* hingegen beinhaltet eine Vorgabe der Schritte zur Beantwortung der Fragestellung und/oder Überprüfung der Vermutung. Der Fokus liegt nicht, wie beim Experimentieren, auf der eigenständigen Problemlösung der Schülerinnen und Schüler, sondern auf der Förderung wesentlicher relevanter Teilfähigkeiten (NIESSELER, 2015). Er bildet die „Nahtstelle zwischen kindlichem (spielerisch gefärbtem) Explorationsverhalten und der wissenschaftlichen Methode Experiment“ (GIEST, 2009, S. 73) und stellt wohl die am häufigsten anzutreffende Form des naturwissenschaftlichen Lernens in der Grundschule dar (GRYGIER & HARTINGER, 2009).

Der Begriff *Laborieren* geht auf WEBEL (2000) zurück. Gemeint ist damit ein sog. *vorstrukturiertes Experimentieren*, „in dem den Schülerinnen und Schülern z. B. gezeigt wird, wie sie eine bestimmte Hypothese überprüfen können.“ (GRYGIER & HARTINGER, 2009, S. 44) Somit wird, wie beim Versuch, beim Laborieren von einer gemeinsam von der Lehrperson und den Schülerinnen und Schülern formulierten Fragestellung ausgegangen. Mit Bezug auf das im Laborieren enthaltene Wort *Labor* erfüllen die Versuche, die beim Laborieren durchgeführt werden, „einen gewissen Anspruch bzgl. der Durchführung [...], weil sie z. B. sehr sorgfältig ausgeführt werden müssen oder weil sie bestimmte Materialien benötigen, die nicht alltäglich sind“ (GRYGIER & HARTINGER, 2009, S. 44).

Mit dem Begriff des (*freien*) *Explorierens* wird vor allem der Name KÖSTER (2006) in Zusammenhang gebracht. Beim (*freien*) Explorieren wird „ein handelnd-entdecken-

der Umgang mit den Sachen angeregt, der auch zu überraschenden, vorher nicht geplanten Einsichten führen kann und Interesse sowie Kreativität bei der Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Gegenständen fördert“ (NIESSELER, 2015, S. 445). Gemeint ist folglich eine sehr freie Form der Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Inhalten (GRYGIER & HARTINGER, 2009).

In Anlehnung an die naturwissenschaftliche Fachdidaktik wird in dieser Arbeit mit dem Begriff *Experimentieren* „eine an das wissenschaftliche Experimentieren angelehnte Methode, durch zielgerichtete und eigenständige Planung von Experimenten [unter Berücksichtigung der Variablenkontrolle; Anmerkung der Verfasserin] eine offene Frage zu klären“ (WODZINSKI, 2004, S. 124) bezeichnet.

2.2.3 Ziele des Experimentierens im Unterricht

Verschiedene Untersuchungen verdeutlichen die Vielzahl der Ziele, die mit dem Experimentieren im Unterricht einhergehen. Jedoch merken RIESS & ROBIN kritisch an, dass man „[b]eim Lesen von Naturwissenschaftsdidaktiken [...] teilweise den Eindruck gewinnen [kann], dass Experimentieren im Unterricht als multifunktionales Wundermittel zur Verbesserung des Unterrichts dienen kann.“ (2012, S. 136) Aus diesem Grund haben sie (2012) verschiedene Untersuchungen in Bezug auf die beabsichtigten fachlichen und fächerübergreifenden Ziele genauer betrachtet und daraus verschiedene Kategorien abgeleitet, in die sie diese verschiedenen Ziele beim Experimentieren einordnen. Diese Kategorien sind:

- Förderung fachlichen Wissenserwerbs (deklarativ und konzeptuell)
- Förderung von Interesse, Motivation, Selbstwirksamkeitserwartungen, fachlichem Selbstkonzept etc.
- Förderung erkenntnistheoretischen und wissenschaftstheoretischen Wissens, epistemologischer Überzeugungen etc. (wissenschaftliches Denken)
- Förderung experimenteller Problemlösefähigkeit bzw. Experimentierkompetenz in Bezug auf die Fähigkeit, Fragen zu formulieren und Hypothesen zu generieren, die Fähigkeit zur Planung von Experimenten und Datenauswertung sowie Wissen über und Anwendung der Variablenkontrollstrategie und die Berücksichtigung von Kontrollansätzen.

Zur Förderung dieser Ziele genügt es nicht, dass die Schülerinnen und Schüler nur Experimente durchführen. Statt purem Aktivismus muss das Experiment für die Schülerinnen und Schüler nachvollziehbar und sinnvoll in den Unterricht integriert werden. „Oder wie es so schön heißt: *More time spent on manipulating ideas, less time*

on manipulating apparatus [Hervorhebung im Original]!“ (FRISCHKNECHT-TOBLER & LABUDDE, 2010, S. 144)

Aus diesem Grund wird im nächsten Abschnitt ein aus verschiedenen Modellen zusammengestellter Experimentierzyklus als konkrete Grundlage präsentiert, um daraus für die Grundschule relevante Komponenten ableiten zu können, die im Rahmen des Sachunterrichts in Bezug auf das Experimentieren aus kognitionspsychologischer und fachdidaktischer Perspektive relevant sind.

2.2.4 Der Experimentierzyklus

Innerhalb des naturwissenschaftlichen Lernens in der (Grund-)Schule, insbesondere beim Experimentieren, ist der *Experimentierzyklus* – auch als *Erkenntniszirkel* bezeichnet – ein häufig anzutreffendes Grundgerüst des naturwissenschaftlichen Arbeitens. Hierbei handelt es sich allerdings um ein didaktisch reduziertes Modell, das nicht die gesamte Vielfalt und Breite der naturwissenschaftlichen Methoden abbildet. Ein häufig damit einhergehendes Missverständnis ist die Annahme, dass es die eine naturwissenschaftliche Methode gibt und diese immer genau in diesen Schritten abläuft. Dem ist nicht so. (BELL, 2008)

One of the most widely held naïve ideas about science is the existence of 'The Scientific Method': A recipe-like stepwise procedure that all scientists follow and that guarantees developing valid claims about nature. (ABD-EL-KHALICK, 2006, S. 400)

Nichtsdestotrotz ist der Experimentierzyklus in der Grundschule gut geeignet, den Kindern naturwissenschaftliche Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen näher zu bringen, weil er nicht nur eine Orientierung in der Reihenfolge der einzelnen Arbeitsschritte gibt, sondern gleichzeitig zeigt, dass die Arbeitsschritte in einen Gesamtkontext eingebettet sind und in einer engen Beziehung zueinander stehen (GRYGIER, 2008).

Der dieser Arbeit zugrunde liegende Experimentierzyklus ist eine Kombination verschiedener Experimentierzyklen und wird in Abbildung 2.4 präsentiert. Als Basis dient dabei der Experimentierzyklus von FRISCHKNECHT-TOBLER & LABUDDE (2010), der um die Modelle von WIRTZ & SCHULZ (2012) sowie BARZEL, REINHOFER & SCHRENK (2012) ergänzt wird, um die einzelnen Schritte und deren Inhalte differenzieren zu können. Dabei geht es zunächst darum, ihn vollständig darzustellen, da genau dieser umfassende Experimentierzyklus Grundlage für die Auswertung von Interviews im späteren Verlauf der Arbeit ist (s. Kapitel 5.4.2 ab S. 143), bevor

er in einem nächsten Schritt für den Sachunterricht in der Grundschule didaktisch reduziert wird.

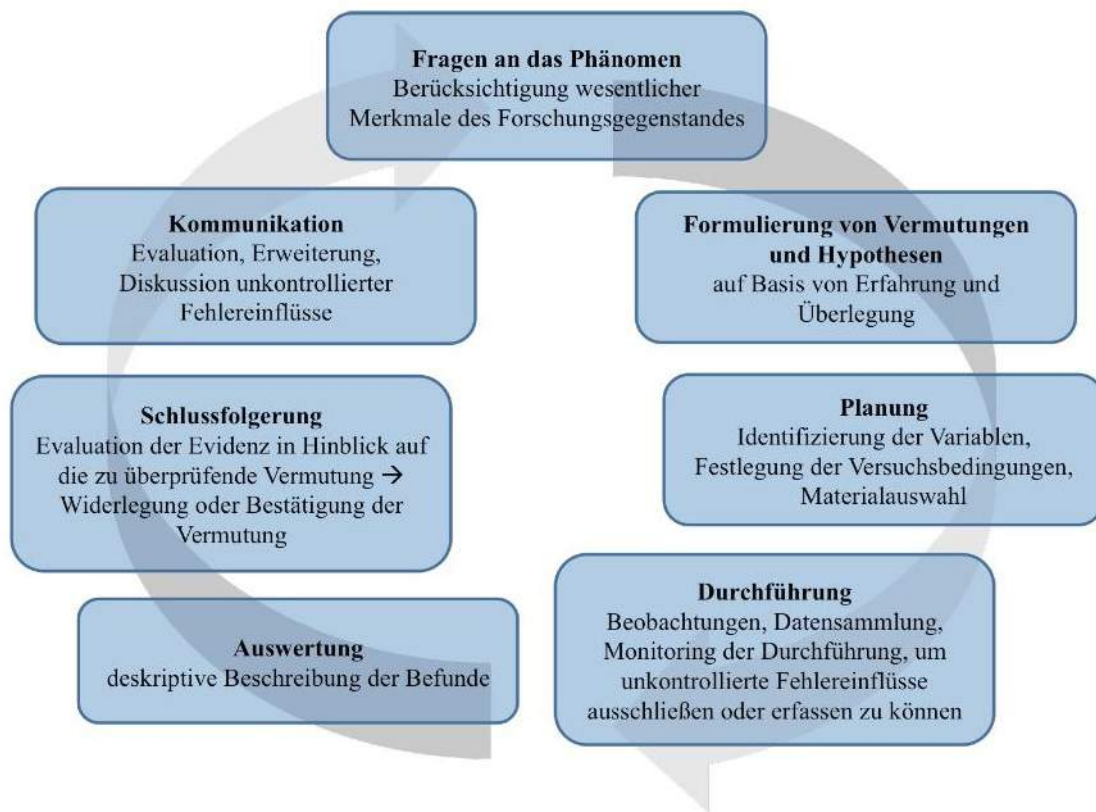


Abbildung 2.4: Experimentierzyklus (entwickelt in Anlehnung an FRISCHKNECHT-TOBLER & LABUDDE, 2010; BARZEL, REINHOFER & SCHRENK, 2012; WIRTZ & SCHULZ, 2012)

Der Experimentierprozess beginnt mit einer Phänomenbegegnung. Daraus wird eine zu untersuchende Fragestellung entwickelt. Anschließend werden auf Basis von Erfahrungen und Überlegungen Vermutungen und Hypothesen formuliert, die es durch die Planung, Durchführung und Auswertung eines Experiments zu verifizieren oder zu falsifizieren gilt. „Aus den Ergebnissen werden Schlussfolgerungen zur Beantwortung der Frage- bzw. Problemstellung und zur Einsicht in naturwissenschaftliche Zusammenhänge gezogen, die der Erklärung weiterer Phänomene dienen.“ (TÄNZER, 2015, S. 455)

Für ein naturwissenschaftliches Experiment können die einzelnen Schritte in Anlehnung an BARZEL, REINHOFER & SCHRENK (2012), WIRTZ & SCHULZ (2012), MIKELSKIS-SEIFERT & WIEBEL (2011) und FRISCHKNECHT-TOBLER & LABUDDE (2010) genauer charakterisiert werden:

Fragen an das Phänomen: Zu dieser Phase gehört in den Naturwissenschaften vor allem eine Aufarbeitung der Theorie. Dabei gilt es, wesentliche Komponenten inklusive ihrer Beziehungen zueinander aufzuarbeiten.

Formulierung von Vermutungen und Hypothesen: Hypothesen können induktiv und deduktiv formuliert werden. Induktiv formuliert tragen sie zur Erklärung eines bekannten Sachverhalts bei. Deduktiv werden sie aus Theorien abgeleitet und können genutzt werden, um gezielte Vorhersagen zu Sachverhalten zu machen. Basierend auf der zuvor stattgefundenen Theoriearbeit, des Vorwissens, anderen bekannten Modellen und vor allem auf Basis des aktuellen Forschungsstands entstehen begründete Hypothesen über die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Variablen. Im SDDS-Modell ist dieser Schritt mit der Suche im Hypothesen-Raum gleichzusetzen.

Planung: Die Operationalisierung der Variablen stellt den ersten Teilschritt im Prozess der Planung eines Experiments dar – im SDDS-Modell handelt es sich hier um die Suche im Experimentier-Raum. Dies ist notwendig, um die zuvor formulierten Hypothesen prüfen zu können. Wichtig ist dabei „eine absichtsvolle Veränderung der (potenziellen) Ursachenvariable(n) [...], wobei die relevanten Randbedingungen ebenfalls identifiziert, operationalisiert und entweder absichtsvoll konstant gehalten oder zumindest überwacht werden“ (WIRTZ & SCHULZ, 2012, S. 68). Ebenso wichtig ist das Messen dieser Variablen. Dieser Schritt wird als *Variablenkontrolle* bezeichnet. Innerhalb der Naturwissenschaften beinhaltet er ebenfalls bereits die Überlegungen zur statistischen Prüfung und der Festlegung einer angemessenen Stichprobenzahl.

Durchführung: In dieser Phase wird anhand des zuvor geplanten Experiments geprüft, ob es einen bzw. den vermuteten Zusammenhang zwischen den einzelnen Variablen gibt. Dabei werden eine oder mehrere unabhängige Variablen bewusst manipuliert, während (möglichst) alle anderen (möglichen) Einflussvariablen konstant gehalten oder kontrolliert werden. Dabei spielen sog. *Monitoringstrategien* eine wichtige Rolle. Sie sind dazu da, den gesamten Durchführungsprozess zu kontrollieren, um unkontrollierte Fehlereinflüsse ausschließen und erfassen zu können.

Auswertung: Diese Phase beinhaltet eine Beschreibung der Ergebnisse – allerdings auf einer rein deskriptiven Ebene. Die Auswertung geschieht durch eine Analyse der einzelnen Variablenausprägungen sowie ihrer Zusammenhänge durch statistische Methoden.

Schlussfolgerung: Erst in der Phase der Schlussfolgerung geht es um eine Bestätigung oder Widerlegung sowie eine Generalisierung der Ergebnisse. In Bezug auf

die Generalisierung der Ergebnisse ist es wichtig, die speziellen Experimentalbedingungen kritisch zu reflektieren. Nur so ist es ggf. möglich, die Befunde auf andere Situationen zu übertragen. Durch eine Interpretation der Ergebnisse auf Basis eines Abgleichs der theoretischen Vorüberlegungen mit den vorliegenden Ergebnissen können aus den Ergebnissen nun Schlussfolgerungen gezogen werden.

Kommunikation: Wichtige Aspekte bei der Ergebniskommunikation sind die Evaluation, die Erweiterung und die Diskussion der Ergebnisse auf Basis und unter Berücksichtigung nicht kontrollierbarer Fehlereinflüsse. Innerhalb der (Natur-)Wissenschaften entstehen in diesem Schritt zumeist weitere sich anschließende Fragestellungen und damit einhergehende weitere Untersuchungen.

Auch wenn die Abbildung 2.4 den Eindruck erweckt, dass es genügt, den Kreislauf einmal zu durchlaufen, so ist doch die Darstellung der Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften bewusst als Kreislauf gewählt und häufig in der Literatur anzutreffen. Häufig gibt es mehrere (alternative) Hypothesen, die es zu prüfen gibt, weshalb oft mehrere Experimente durchgeführt werden und somit ebenfalls mehrere Durchläufe stattfinden.

Neben dem mangelnden methodischen Wissen über das Experimentieren wirkt sich das eingeschränkte Vorwissen der Lernenden über naturwissenschaftliche Inhalte begrenzend auf experimentelle Fähigkeiten aus. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn Lernende vor die Anforderung gestellt werden, Experimente zu planen, ohne das notwendige inhaltliche Wissen zu besitzen, das für die Bildung und systematische Überprüfung von Hypothesen erforderlich ist. (HAMMANN, 2004, S. 199)

Grundschülerinnen und -schüler sind nicht in der Lage, einen so komplexen Experimentierzyklus eigenständig zu durchlaufen. Wichtig ist aber, dass sie ein Verständnis davon erhalten, dass ein Experiment nicht durchgeführt wird, um bestimmte Effekte zu erzielen, sondern in einen Forschungsprozess eingebettet ist (HAMMANN, 2004). Es stellt einen Teilschritt im gesamten naturwissenschaftlichen Untersuchungsprozess dar. Aus diesem Grund wird der Experimentierzyklus für die Grundschule didaktisch reduziert. Auf diese Weise ist der folgende als *Forscherkreislauf* bezeichnete Zyklus des Experimentierens in Anlehnung an MÖLLER et al. (2013) entstanden, der im Sachunterricht in der Grundschule eingesetzt wird (s. Abbildung 2.5).



Abbildung 2.5: Forscherkreislauf (in Anlehnung an MÖLLER et al., 2013)

Im Fokus der vorliegenden Arbeit liegen die Schritte der (eigenständigen) Planung und Durchführung bzw. der (eigenständigen) Planung, Durchführung und Auswertung (Frage beantworten) von Experimenten. Gerade in Bezug auf die Planung und Durchführung von Experimenten spielt die Variablenkontrolle als eine Eigenschaft eines (naturwissenschaftlichen) Experiments eine wesentliche Rolle. Aus diesem Grund gilt es, die Variablenkontrolle sowohl als einen Teil eines naturwissenschaftlichen Experiments als auch als Teil des wissenschaftlichen Denkens zu beleuchten. Die Kontrolle von Variablen ist, wie der folgende Abschnitt zeigen wird, nicht nur etwas, das ein naturwissenschaftliches Experiment auszeichnet, sondern gleichzeitig ein Konzept, das Kindern dabei hilft, Experimente so zu planen und durchzuführen, dass daraus eindeutige Aussagen möglich sind (CHEN & KLAHR, 1999).

2.2.5 Verständnis der Variablenkontrolle – eine Konzeptualisierung aus fachdidaktischer und entwicklungspsychologischer Sicht

Der Einsatz der Variablenkontrollstrategie kann als eine Kernkompetenz beim Experimentieren gesehen werden (KIRCHNER, 2013). Dies liegt z. B. darin begründet,

dass das Ziel experimenteller Untersuchungen die Analyse von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen ist. Die vor einem Experiment formulierte Hypothese sagt meist einen kausalen Zusammenhang zwischen verschiedenen Variablen voraus. Sie lässt sich durch die Variation einer Messvariablen verifizieren oder falsifizieren. In einem ersten Schritt werden daher „die für diesen Zusammenhang entscheidenden Bedingungen (Faktoren und Kovariablen) isoliert und kontrolliert (jeweils einzeln) variiert.“ (GÜNTHER, 2006, S. 29) Folglich beinhaltet die Variablenkontrolle auch das Identifizieren der für den Ausgang des Experiments relevanten Bedingungen. Nur so ist es möglich, die relevanten Variablen so konstant wie möglich zu halten. Dies soll anhand eines Beispiels, das in der Literatur sehr verbreitet ist (SETTLAGE & SOUTHERLAND, 2007), erläutert werden: Beim Vergleich der Rollweite (abhängige Variable) zwei verschiedener Kugeln beim Herunterrollen einer Rampe, ist die einzige Variable, die verändert werden darf, die Kugel (unabhängige Variable). Einfluss auf die Rollweite können die Länge (kurz oder lang), der Winkel der Rampe (steil oder flach) sowie die Art und Weise, wie die Kugel von der Rampe heruntergerollt wird, haben. Diese Einflüsse müssen folglich konstant gehalten werden.

Bereits durch das in Kapitel 2.2.1 (ab S. 14) erläuterte SDDS-Modell, welches in der Kognitionspsychologie verankert ist, wird deutlich, dass das Experimentieren nicht nur in der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik, sondern auch in anderen wissenschaftlichen Disziplinen eine wichtige Rolle spielt. So gibt es Forschungen und Operationalisierungen des Experimentierens in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen. Aus diesem Grund soll an dieser Stelle auf die Variablenkontrolle als Teil des wissenschaftlichen Denkens – folglich hier aus entwicklungs- bzw. kognitionspsychologischer Sicht – eingegangen werden, da gerade die entwicklungspsychologischen Befunde in Bezug auf die Variablenkontrolle für die Behandlung des Experimentierens in der Grundschule von großer Bedeutung sind.

Der Begriff *wissenschaftliches Denken* (in der englischen Literatur als *scientific reasoning* bezeichnet) beinhaltet zwei verschiedene Facetten. So lässt sich das wissenschaftliche Denken in inhaltsbezogenes wissenschaftliches Denken und formal wissenschaftliches Denken unterteilen. „Im Bereich des *inhaltsbezogenen* [Hervorhebung im Original] wissenschaftlichen Denkens geht es um das Denken über physikalische, biologische oder chemische Phänomene und Prozesse und seiner Entwicklung. Im Bereich des *formalen* [Hervorhebung im Original] wissenschaftlichen Denkens [...] interessiert der Erkenntnisprozess selber.“ (KOERBER, 2006, S. 193) Dies beinhaltet die Fähigkeit zur Ableitung, systematischen Prüfung und ggf. Revision von Hypothesen sowie die Fähigkeit zur Reflexion dieses Prozesses (KOERBER, 2006) und gilt „als bereichsübergreifende Voraussetzung für den Erwerb inhaltsbezogener naturwis-

senschaftlicher Phänomene und Prozesse“ (KOERBER, 2006, S. 193).

Die Variablenkontrollstrategie ist somit dem Bereich des formalen wissenschaftlichen Denkens zuzuordnen. Dabei hat die Variablenkontrollstrategie einen prozessbezogenen und einen logischen Aspekt. **Prozessbezogen** gesehen ist die Variablenkontrollstrategie eine Methode zur Entwicklung von Experimenten, in denen nur eine Bedingung verändert wird. Doch zur Variablenkontrollstrategie insgesamt gesehen gehört auch die Fähigkeit, zwischen konfundierten und unkonfundierten Experimenten zu unterscheiden. Der **logische** Aspekt der Variablenkontrollstrategie beinhaltet die Fähigkeit, aus unkonfundierten Experimenten angemessene Schlussfolgerungen zu ziehen und zu verstehen, dass aus konfundierten Experimenten keine eindeutigen Aussagen möglich sind (CHEN & KLAHR, 1999). Etwas weiter gefasst geht es also auch um die Unterscheidung zwischen Tests, die zur Prüfung einer Hypothese durchgeführt werden (konklusive Tests) und Tests, die durchgeführt werden, um einen (positiven) Effekt hervorzubringen (inkonklusive Tests).

Somit beinhaltet ein Verständnis der Variablenkontrolle nicht nur die Anwendung der Variablenkontrollstrategie bei der Planung und Durchführung von Experimenten als eine Experimentierstrategie (bewusste Veränderung einer Variablen bzw. Bedingung bei Konstanzhaltung aller anderen relevanten Variablen bzw. Bedingungen), sondern auch die Fähigkeit, zwischen konklusiven und inkonklusiven Tests zu unterscheiden (s. dazu zusammenfassend Abbildung 2.6). Genau diese Definition liegt den folgenden Ausführungen der vorliegenden Arbeit zugrunde.



Abbildung 2.6: Zusammengefasste Konzeptualisierung des Verständnisses der Variablenkontrolle

Entwicklungspsychologische Forschungen zur Variablenkontrolle sind für die Fachdidaktik wichtige Anhaltspunkte. Gilt die Förderung der experimentellen Ausbildung in der Schule als eine wichtige fachdidaktische Aufgabe (TESCH, 2005), so zeigen Befunde der entwicklungspsychologischen Forschungen, „dass die defizitären Verhal-

tensweisen beim Umgang mit Variablen und Verstöße gegen die Variablenkontrollstrategie durch Unterstützungsmaßnahmen kompensiert werden können. [... Dabei gilt; Anmerkung durch Verfasserin] die Frage, wie sich die Fähigkeit des Experimentierens entwickelt und wie sie im Unterricht gefördert werden kann, noch [als] ein aktuelles Forschungsfeld.“ (LABUDDE & MÖLLER, 2012, S. 14) Doch in welchem Zusammenhang steht dies und die Orientierung an einem Anspruch naturwissenschaftlicher Grundbildung, wie in Kapitel 2.1 ab S. 6 erläutert, mit dem Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht in der Grundschule? Diese Frage wird im folgenden Kapitel beantwortet.

2.3 Naturwissenschaftliche Methoden als Inhalte und Ziele des Sachunterrichts

Da der Fokus der vorliegenden Arbeit auf dem Verständnis der Variablenkontrolle als Teil des Lernens im Sachunterricht liegt, wird auf die Inhalte und Ziele des Sachunterrichts aus naturwissenschaftlicher Perspektive detaillierter eingegangen, um dadurch gleichzeitig eine Erarbeitung des Verständnisses der Variablenkontrolle bereits in der Grundschule zu legitimieren.

Ein oft auftretendes Problem in Bezug auf das frühe (naturwissenschaftliche) Lernen ist eine Unterschätzung der Lernfähigkeit von Grundschulkindern (SODIAN, 2012; MÖLLER et al., 2002; BULLOCK & ZIEGLER, 1999). Deshalb ist es wichtig, dass der (Sach-)Unterricht die Schülerinnen und Schüler weder unter- noch überfordert. Das Lernen muss sowohl inhaltlich als auch methodisch so anspruchsvoll und an den Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler orientiert gestaltet werden, dass die Lernfähigkeit und -bereitschaft bereits im Grundschulalter genutzt wird (MÖLLER, 2015; LANGE & EWERHARDY, 2014; GIEST & WITTKOWSKA, 2008).

Die GDSU formuliert als Ziel des Sachunterrichts, „dass sich die Schülerinnen und Schüler [ausgehend von ihren Vorerfahrungen; Anmerkung der Verfasserin] zunehmend belastbare naturwissenschaftliche Konzepte und Vorstellungen und damit zusammenhängende Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen aneignen.“ (2013, S. 37) Wie auch im dargestellten Konzept einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, kommt den prozessbezogenen Kompetenzen (Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen) in einem kompetenzorientierten Sachunterricht eine wichtige Rolle zu. Dabei stehen im Sachunterricht Lerngegenstand (inhaltsbezogene Kompetenzen) und Lernhandlung (prozessbezogene Kompetenzen) in einer wechselseitigen Beziehung zueinander. Die Beschreibung der Ausrichtung sowie der Anliegen des Sachunterrichts in der

Grundschule findet in Form zu fördernder Kompetenzen und Kompetenzerwartungen statt. Dabei werden inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen (Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen) berücksichtigt und miteinander verknüpfend in Beziehung gesetzt (HARTINGER & GIEST, 2015). Mit dem Kompetenzbegriff ist die Fähigkeit gemeint, „in bestimmten Anforderungssituationen erfolgreich handeln zu können“ (HARTINGER & GIEST, 2015, S. 261). Kompetenzen sind „stets auf Handlungsgegenstände (Themenbereiche und Fragestellungen) sowie die Handlungen (Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen) selbst“ (HARTINGER & GIEST, 2015, S. 261) bezogen. Sie „formulieren strukturierte Zielhorizonte für sachunterrichtliches Lehren und Lernen“ (FISCHER, GIEST & MICHALIK, 2015, S. 11) und stellen „Leistungsdispositionen zur Bewältigung von Anforderungen [dar], die ihren Niederschlag in der Performanz und damit in der Fähigkeit des (kompetenten und verantwortungsvollen) Handelns (in variablen Situationen) finden“ (GDSU, 2013, S. 12). Damit sind nicht nur kognitive Aspekte und praktische Fähigkeiten sowie Fertigkeiten, sondern ebenfalls die motivationale, volitionale und soziale Bereitschaft und Fähigkeit gemeint (GDSU, 2013).

Unterschieden werden im sachunterrichtlichen Zusammenhang fachübergreifende (domänen- bzw. perspektivenübergreifende) und fachbezogene (domänenbezogene bzw. perspektivenbezogene) Methoden. Diese Methoden sind meist eingebettet in einen komplexen erkenntnisorientierten Handlungsrahmen, wie z. B. das Lösen eines Problems oder das Beantworten einer Frage, und müssen selbst Inhalt des Lernens im Sachunterricht sein (GIEST, 2015). Kennzeichen dieses wissenschaftsorientierten Lernens als Teil des Sachunterrichts sind das methodische Erschließen und das bewusste, reflektierte Erkenntnishandeln. Damit einher geht das für die Schülerinnen und Schüler teilweise anspruchsvolle Erlernen entsprechender wissenschaftlicher Methoden (Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen) (GIEST, 2015). Dabei ist das Ziel der Behandlung von Methoden im Sachunterricht nicht die Herstellung eines speziellen Produkts, sondern das Darstellen der Methoden als Möglichkeiten, Wege und Formen zur Untersuchung der Welt und zur Gewinnung (neuer) Erkenntnisse (KÖHNLEIN, 2015).

Zu den wissenschaftlichen Methoden zählen auf der **perspektivenübergreifenden** Ebene das sachorientierte bzw. objektive Untersuchen und Verstehen von Naturphänomenen. Auf Ebene der **perspektivenbezogenen** Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen sind beispielsweise das Beobachten, das Messen, das objektive Beschreiben sowie das Darstellen und das Experimentieren – im Sinne einer Methode zur Hypothesenprüfung (Falsifikation bzw. Verifikation einer Hypothese) zu nennen (GIEST, 2015). Diese Methoden sind sowohl aus fachdidaktischer Perspektive als auch im

Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung für den Sachunterricht und für das Lernen in den weiterführenden Schulen notwendig. Eine planvolle Einführung und Übung ist deshalb erforderlich.

Außerdem zählt **die Aneignung und Anwendung naturwissenschaftlicher Methoden** als Basis eines auf Erkenntnis gerichteten Handelns zum naturwissenschaftlichen Lernen des Sachunterrichts. Folglich können die Schülerinnen und Schüler „Untersuchungen sachorientiert (z.B. durch betrachten, beobachten, vergleichen, benennen, beschreiben ...) durchführen [...], diskursiv verabreden oder selbstständig festlegen, was untersucht werden soll und wie das am besten geschehen kann [... und] die Bedeutung von gezielter Parametervariation bei Versuchen verstehen und solche Variablenveränderungen selbstständig durchführen“ (GDSU, 2013, S. 40).

Die Bewertung und Reflexion naturwissenschaftlichen Lernens ist die letzte im Perspektivrahmen formulierte naturwissenschaftliche Denk-, Arbeits- und Handlungsweise. Gemeint ist damit die Fähigkeit zur Bewertung des eigenen Lernweges in Bezug auf das Ziel der Erkenntnis bzw. des Lernens und die klare sprachliche Darstellung und Argumentation der gewonnenen Erkenntnisse und Lernwege. Dies zeigt sich dadurch, dass die Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, „geeignete Informationsquellen aus[zu]wählen und sachgemäß [zu] nutzen, um Fragen zu klären (z.B. [...] Ausdenken eines geeigneten Versuchs) [...], Vorstellungen und Vermutungen [zu] entwickeln, sprachlich verständlich dar[zu]stellen und miteinander [zu] vergleichen; dabei auswählen, begründen und argumentieren, was besonders überzeugt und warum [... und] ihren Lernprozess in größeren Einheiten zusammen[zu]fassen und dabei strukturierende Hilfen (Lernmodelle – z.B. in Form des Lernhandelns geeignet orientierender Schrittfolgen wie etwa eines Algorithmus für das Experimentieren) [zu] nutzen“ (GDSU, 2013, S. 42)¹¹.

Zu betonen ist an dieser Stelle, dass es im naturwissenschaftlichen Sachunterricht nicht darum geht, möglichst alle Inhalte und Methoden nacheinander abzuarbeiten. Vielmehr geht es darum, „an exemplarischen Beispielen auf[zu]zeigen, wie sich Phänomene und Zusammenhänge so hinterfragen lassen, dass sie auf eine neue Weise verstanden werden können und so neue Handlungsoptionen möglich werden.“ (STOLTENBERG et al., 2013, S. 109)

Zusammengefasst sollten Schülerinnen und Schüler in der Grundschule basales Wissen und wesentliche naturwissenschaftliche Inhalte sowie Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen erlernen, ein erstes Wissen über die Natur der Naturwissenschaften erwerben, Einstellungen und Interessen gegenüber Naturwissenschaften und Technik

¹¹Siehe hierzu ebenfalls das Kapitel 2.4.3.1 ab S. 39.

ausbilden und Selbstvertrauen in Bezug auf naturwissenschaftliches Lernen entwickeln (MÖLLER, 2006). So verfolgt der naturwissenschaftliche „Sachunterricht insgesamt eine Zielstellung, die sich mit der internationalen Vorstellung von ‚Literacy‘ trifft.“ (PRENZEL et al., 2003, S. 149)

2.4 Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle als ein Ziel naturwissenschaftlichen Lehrens und Lernens im Sachunterricht

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit fokussierte Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im Kontext des Experimentierens ist sowohl mit Blick auf das Erlernen naturwissenschaftlicher Methoden im Sinne einer *Scientific Inquiry* als Teil einer international geforderten naturwissenschaftlichen Grundbildung, die es bereits im Sachunterricht der Grundschule anzubahnen gilt, als auch aus fachdidaktischer Perspektive, aus der es im Sachunterricht um die Förderung inhalts- und prozessbezogener Kompetenzen geht, eine wichtige Aufgabe eines aktuellen naturwissenschaftlichen Lernens im Sachunterricht. Deshalb stellt sich die Frage, wie das Verständnis der Variablenkontrolle bei Schülerinnen und Schülern in der Grundschule gefördert werden kann. Zunächst werden allgemeine Gelingensbedingungen von Unterricht dargestellt, um im nächsten Schritt auf den Sachunterricht konkreter einzugehen. Das Lernen im Sachunterricht wird anschließend spezifiziert, damit Ansatzmöglichkeiten von Fördermaßnahmen verdeutlicht werden können. Schließlich werden zwei Maßnahmen zur Förderung des Experimentierens konkretisiert.

2.4.1 Das Angebots-Nutzungs-Modell – konzeptuelle Grundlage der Unterrichtsforschung

Die Untersuchung der Wirksamkeit verschieden gestalteter Lernumgebungen ist eines der Kernanliegen der (aktuellen) Unterrichtsforschung. Dies liegt z. B. darin begründet, dass sich das Verständnis des Lehrens und Lernens seit ungefähr Mitte des 20. Jahrhunderts von der Vermittlung des Wissens durch die Lehrperson hin zu einer aktiven Konstruktion des Wissens durch die oder den Lernenden verändert hat (s. Kapitel 2.4.2 ab S. 33), aber auch darin, dass sich die Anforderungen an das (naturwissenschaftliche) Lernen stets verändern (s. Kapitel 2.1 ab S. 6). Nicht zuletzt sind die sog. *Large Scale Assessments*, wie z. B. PISA, ein Grund dafür, dass die Wirksamkeit von Unterricht immer stärker in den Fokus der Forschung rückt.

Die Gestaltung und Wirksamkeit (naturwissenschaftlicher) Lernumgebungen ist dabei von vielen verschiedenen Faktoren abhängig, wie Abbildung 2.7 verdeutlicht.

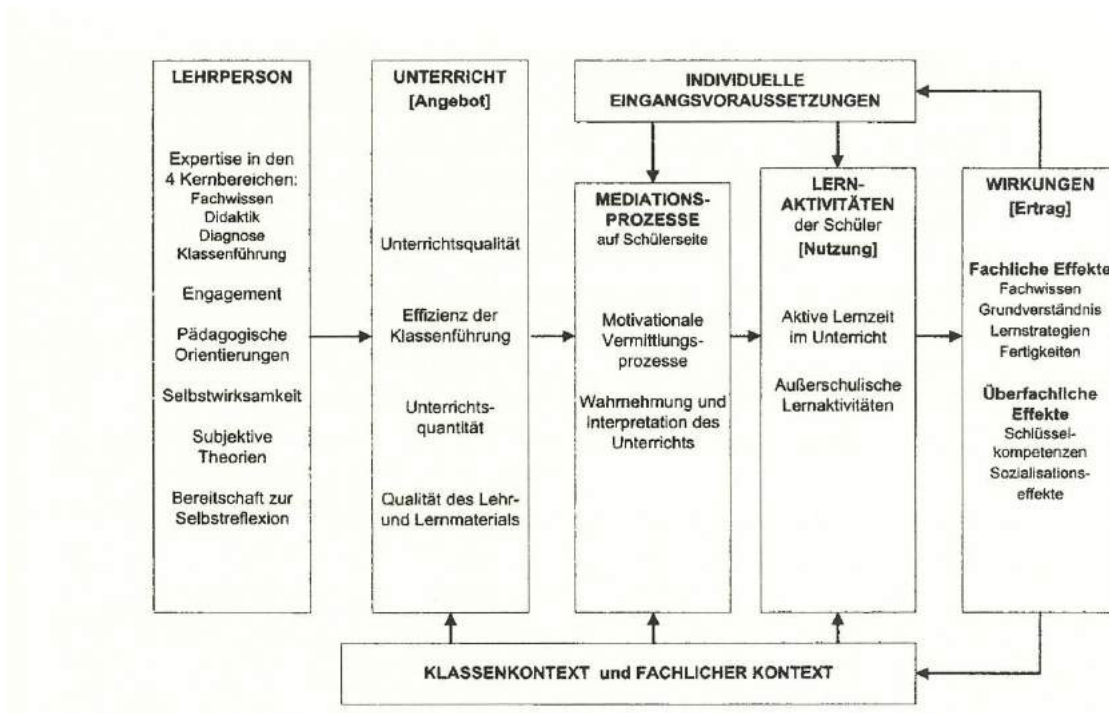


Abbildung 2.7: Rahmenmodell zur Wirkungsweise von Unterricht (HELMKE, 2009)

Im sog. *Angebots-Nutzungs-Modell* (s. Abbildung 2.7) werden Lehrer-Personmerkmale (*presage*), Kontextmerkmale (*context*), Merkmale des Unterrichtsprozesses (*process*), Mediationsprozesse, Lernprozesse und Ergebnisvariablen (*product*) berücksichtigt. Dabei wird Unterricht als *Angebot* verstanden, dessen *Nutzung* als Lernprozess durch die Lernenden von vielen Faktoren abhängt. Von der Nutzung durch die Lernenden hängt ebenfalls ab, ob das Unterrichtsangebot letztlich zu den gewünschten *Outcomes* führt. (HELMKE, 2009) „Unterricht ist nur *eines* [Hervorhebung im Original] von mehreren Bündeln von Wirkfaktoren, die auf Schülerseite den Aufbau von Wissen, Verständnis und Schlüsselkompetenzen erklären“ (HELMKE, 2009, S. 45). Gerade in dem heterogenen Umfeld der Grundschule kommt den soziokulturellen Rahmenbedingungen und individuellen Eingangsvoraussetzungen eine wichtige Bedeutung zu, die sich auf das gesamte Bedingungsgefüge auswirken. „Daraus folgt, dass bei heterogenen Lernvoraussetzungen innerhalb einer Klasse ein und derselbe Unterrichtsstil bei verschiedenen Schülergruppen unterschiedliche, ggf. sogar gegenläufige Effekte ausüben kann (Wechselwirkung zwischen Lehrmethode und Schülermerkmalen) (engl. *aptitude-treatment-interaction*, *ATI* [Hervorhebung im Original]).“ (HELMKE, 2009, S. 48) Die individuellen Eingangsvoraussetzungen beinhalten kognitive (z. B.

Vorwissen, Intelligenz) sowie metakognitive bzw. affektive Kompetenzen (z. B. Motivation, Selbstvertrauen) (HELMKE, 2007). Diese Lernvoraussetzungen gilt es sowohl bei der Gestaltung als auch, wie in der vorliegenden Arbeit, bei der Untersuchung der Wirksamkeit von naturwissenschaftlichen Lernumgebungen im Blick zu behalten (s. Kapitel 6.5.1 ab S. 182 und Kapitel 6.5.3.2 ab S. 195).

Unterricht ist dann gut, wenn dadurch der Erwerb von Kompetenzen (intelligentes und anwendungsfähiges Wissen, variabel anwendbare Schlüsselqualifikationen, wie z. B. Strategien) bei den Lernenden bestmöglich (durch die Lehrperson) unterstützt wird. Dabei ist eine Herausforderung, multikriteriale Ziele zu erreichen (DITTON, 2009). Diesem Anspruch gerecht zu werden, ist formuliertes Ziel des in der vorliegenden Arbeit untersuchten Lernsettings, und diesen Anspruch zu prüfen, ist Aufgabe der in vorliegenden Arbeit durchgeführten Studie.

2.4.2 Lernen als Veränderung von Vorstellungen

I'm reminded of the profound effect that Richard Feynman's father had on his development as a scientist. One summer, in the Catskills Mountains of New York when Feynman was a boy, another boy asked him, 'See that bird. What kind of bird is that?' Feynman answered, 'I haven't a slightest idea.' The other boy replied, 'Your father doesn't teach you anything!' But his father had taught Feynman about the bird – though in his own way. As Feynman recalls his father's words: 'See that bird? It's a Spencer's warbler. [...] You can know the name of that bird in all the languages of the world, but when you're finished, you'll know absolutely nothing whatever about the bird. You'll only know about humans in different places and what they call the bird. So let's look at the bird and see what it's doing – that's what counts. (NRC, 2008, S. XIII f.)

Dieses Zitat verdeutlicht ein Verständnis des Lernens¹², das über das (Auswendig-) Lernen von Begriffen hinausgeht. So geht es beim Lernen nicht darum, den Kindern Inhalte oder Begriffe zu „vermitteln“, sondern darum, gemeinsam mit ihnen Wissen zu konstruieren.

Lernen als aktive Konstruktion von Wissen

Bis zu den 1960-er Jahren wurde die Kindheit als eine Phase des Wachsen- und Reifenlassens gesehen. Die zu der Zeit vorherrschende Lerntheorie war die des Behaviorismus. Dabei galt der Lernprozess selbst als eine Black Box. Lernen folgte nach dieser Ansicht in einer eher passiven Form einem Reiz-Reaktions-Muster und

¹²Die Begriffe *Wissenserwerb* und *Lernen* werden in der vorliegenden Arbeit synonym verwendet.

fand nur dann statt, „wenn Verhalten durch die Umwelt positiv oder negativ verstärkt“ (KÜNSTING, 2007, S. 8) wurde. Eine in diesem Kontext häufig anzutreffende Beschreibung des Lernens ist das Bild des *Nürnberger Trichters*¹³ (GIEST, 2015).

Eine Art „Durchbruch“ gelang durch das Gutachten der Bildungskommission des Deutschen Bildungsrats „Begabung und Lernen“ von ROTH (1968). Das Besondere an diesem Gutachten war die Betrachtung der angeborenen Begabung (Anlage und Reifung) eines Individuums als lediglich einen Faktor der Bildungsfähigkeit und die Zurückführung kognitiver Leistungen hauptsächlich auf die Qualität vorangegangener Lernerfahrungen (GRYGIER, 2008; LESCHINSKY, 2005; ROTH, 1968). Hinzu kam eine der wohl wichtigsten, zur gleichen Zeit aufkommenden und sich gegenüber den Reifungstheorien und den behavioristischen Ansätzen auszeichnende Perspektive der Entwicklungspsychologie auf die kognitive Entwicklung – der u. a. von PIAGET begründete Konstruktivismus (GIEST, 2015)¹⁴. Innerhalb konstruktivistischer (und kognitivistischer¹⁵) Theorien wird die geistige Entwicklung als Prozess aktiver Wissenskonstruktion beschrieben. Diese Sichtweise prägt die Didaktik des Sachunterrichts seit den 1980-er Jahren. PIAGET stellt die Interaktion des Individuums mit seiner Umwelt in den Fokus aller Betrachtungen. Dabei spielen zwei Prozesse eine wichtige Rolle – die Assimilation und die Akkommodation. Als *Assimilation* wird „die Integration von Neuem in bestehende mentale Strukturen“ (SODIAN, THOERMER & KOERBER, 2008, S. 437) bezeichnet. Unter der „Anpassung bestehender mentaler Strukturen als Reaktion auf Umweltanforderungen“ (SODIAN, THOERMER & KOERBER, 2008, S. 437) hingegen wird die *Akkommodation* verstanden. Diese beiden Prozesse finden aufgrund „eines natürlichen Strebens nach einem Gleichgewicht zwischen Subjekt und Objekt (Prozess der *Äquilibration* [Hervorhebung durch Verfasserin])“ (GREINSTETTER, 2007, S. 21) statt.

Steht bei PIAGET das Individuum und seine individuelle Konstruktion des Wissens im Fokus, betont WYGOTSKY den sozialen Aspekt bei der aktiven Konstruktion von Wissen im Individuum. Dabei betont WYGOTSKY sowohl andere kompetentere Lernende oder Lehrende als auch die Sprache als Medium zur Förderung von Lern-

¹³Für einen zusammenfassenden geschichtlichen Überblick über die verschiedenen Lerntheorien s. KLAUER & LEUTNER, 2012.

¹⁴Für weitere Informationen zur Entwicklungstheorie von PIAGET s. im Original PIAGET, 1967 und zusammenfassend sowie durch aktuelle entwicklungspsychologische Erkenntnisse ergänzt SODIAN, 2012 oder SODIAN, 2008.

¹⁵Im Rahmen der sog. *Kognitiven Wende* wurde die bis dato vorherrschende Lerntheorie des Behaviorismus vom Kognitivismus abgelöst. Wie auch beim Konstruktivismus wird im Kognitivismus „die Bedeutung der Aktivität des Individuums für seine kognitive Entwicklung“ (GIEST, 2015, S. 324) betont. Ein Unterschied liegt jedoch darin, dass das Individuum im Kognitivismus auf die Verarbeitung von Informationen reduziert wird und somit die kognitive Entwicklung nicht als individuelle Konstruktion der Persönlichkeit, sondern eher als reine Informationsverarbeitung aufgefasst wird (GIEST, 2015).

prozessen (BLISS, 1996). So folgt bei WYGOTSKY die kognitive Entwicklung einer durch verschiedene Entwicklungszonen gekennzeichneten Entwicklungslogik. Ausgehend von der sog. *Zone der aktuellen Entwicklung* (damit sind Fähigkeiten gemeint, über die die oder der Lernende bereits verfügt) verläuft die Entwicklung hin zur sog. *Zone der nächsten Entwicklung*, womit Anforderungen gemeint sind, die an die Lernende oder den Lernenden gestellt werden und die sie oder er allein nicht, aber mit anderen kompetenteren Partnerinnen oder Partnern in der Lage ist, zu bewältigen. „Im Abschluss dieses Aneignungsprozesses wird die Zone der nächsten Entwicklung zur neuen Zone der aktuellen (nun aber höheren) Leistung, auf deren Basis ein weiterer Entwicklungszyklus beginnen kann.“ (GIEST, 2015, S. 326) Dadurch kommt dem Unterricht als „*Prozeß der Wissensk Konstruktion im sozialen Kontext* [Hervorhebung im Original]“ (KÖHNLEIN, 1998, S. 82) eine entscheidende Rolle bei der kognitiven Entwicklung eines Kindes zu.

Die heutigen Ansätze zur Gestaltung von Lehr-Lernumgebungen sind stark beeinflusst von konstruktivistischen¹⁶ Lerntheorien. Wichtig ist an dieser Stelle zu betonen, dass anders als beispielsweise bei **radikal-konstruktivistischen** Erkenntnistheorien der konstruktivistische Aspekt bei den Lerntheorien „nicht zur Konsequenz führt, eine Realität außerhalb von uns zu leugnen.“ (GRYGIER, GÜNTHER & KIRCHER, 2007, S. 28) So hat z. B. die Arbeitsgruppe um MANDL basierend auf einem **moderat-konstruktivistischen** Ansatz in ihre lerntheoretischen Überlegungen Ideen **sozial-konstruktivistischer** Theorien miteinbezogen (GERSTENMAIER & MANDL, 1995). Demnach wird der Prozess des Lernens „als eigenaktiv und konstruktiv angesehen, der jedoch durch geeignete Unterstützung durch den Lehrenden angeregt, gefördert und verbessert werden kann.“ (REINMANN-ROTHMEIER & MANDL, 2004, S. 31)

Die Ausführungen verdeutlichen, dass Lernen als aktive Konstruktion von Wissen ein fortlaufender Prozess ist, der durch die vorhandenen Wissensstrukturen der Lernenden beeinflusst wird (ESHACH, 2006) und gleichzeitig „durch kooperative Prozesse sowie Reflexionsprozesse und Interaktionen mit der Umwelt angeregt werden“ (JONEN, HARDY & MÖLLER, 2003, S. 94) kann. Vorhandene Vorstellungen sind somit für das Lernen bestimmend. Deshalb wird nun folgend das Lernen als Veränderung vorhandener Vorstellungen genauer betrachtet.

¹⁶In Anlehnung an FENG (1996) können radikal-konstruktivistische von moderat-konstruktivistischen Auffassungen unterschieden werden. Radikal-konstruktivistische Theorien besagen, dass es kein objektives Abbild der Realität gebe und Lernende somit ihr ganz individuelles Abbild der Realität konstruieren. Moderat-konstruktivistische Theorien gehen davon aus, dass Menschen in der Sichtweise der Realität durchaus übereinstimmen, es jedoch ebenfalls genug Freiraum für subjektiv-individuelle Konstruktionen gebe.

Lernen im Sinne des *Conceptual Change*

Die Lernenden treten mit durch Alltags- oder informelle Lernsituationen erworbenen und häufig nicht mit wissenschaftlichen Konzepten zu vereinbarenden Vorstellungen in den Unterricht ein. Der für solche Vorstellungen gebräuchlichste Begriff ist *Präkonzepte*. Dieser „ist am weitesten gefasst, verzichtet auf implizite theoretische Konnotationen und bezeichnet die *vor* [Hervorhebung im Original] dem Unterricht vorhandenen Konzepte.“ (MÖLLER, 2015, S. 244)

Basierend auf Piagets Äquilibrationstheorie wird Lernen als aktives Umstrukturieren und Verändern bereits vorhandener Konzepte verstanden. Dieser Prozess wird als *Conceptual Change* bezeichnet (POSNER et al., 1982). Der Begriff *Concept* meint dabei Begriffe, gedankliche Vorstellungen, Ideen und Konzepte und der Begriff *Change* Entwicklung oder Veränderung. Heutzutage ist man dazu übergegangen, „eher von **graduellen und häufig langwierigen** [und individuellen; Anmerkung der Verfasserin] **Umstrukturierungsprozessen** [Hervorhebung im Original]“ (LANGE & EWERHARDY, 2014, S. 42) zu sprechen und sie als *Konzeptveränderungen*, *konzeptuelle Rekonstruktion* oder *konzeptuelle Entwicklungen* zu bezeichnen (MÖLLER, 2015; LABUDDE & MÖLLER, 2012; MÖLLER, 2007). Ziel solcher Umstrukturierungsprozesse ist die Integration neuen Wissens in bereits bestehende Wissensstrukturen, was eine Erweiterung, Differenzierung oder ggf. sogar Aufgabe und Ersetzen bereits vorhandener Konzepte durch adäquate Konzepte erfordert. Im ersten Fall, also wenn Erweiterungen oder geringfügige Differenzierungen des Wissens und somit eine Assimilation notwendig sind, wird von einem *weak Conceptual Change* bzw. *weak restructuring* (CAREY, 1986; POSNER et al., 1982) gesprochen. Unter der Aufgabe nicht belastbarer und dem Neuaufbau adäquaterer Konzepte als Akkommodation werden Prozesse eines *radical Conceptual Change* bzw. *radical restructuring* (CAREY, 1986; POSNER et al., 1982) verstanden. Dabei gibt es beim Lernen immer ein Wechselspiel zwischen kontinuierlichen (*weak Conceptual Change*) und diskontinuierlichen (*radical Conceptual Change*) Lernwegen.

Eine für die Fachdidaktik wichtige Frage ist die Frage, „unter welchen Umständen Lernenden der Übergang von einer (Alltags-)Vorstellung zu einem wissenschaftlichen Konzept gelingt.“ (LANGE & EWERHARDY, 2014, S. 42) Da sich die Vorstellungen der Lernenden in vielen Alltagssituationen bewährt haben, ist es nicht einfach, diese zu verändern. Aus diesem Grund formulieren POSNER et al. für radikale bzw. harte Konzeptveränderungen im Sinne einer Akkommodation vier Bedingungen:

1. *“There must be dissatisfaction with existing conceptions.*
2. *A new conception must be intelligible.*

3. *A new conception must appear initially plausible.*
4. *A new conception should suggest the possibility of a fruitful research program."*

[Hervorhebung im Original] (1982, S. 214)

Diese vier Bedingungen stellen in vielen Untersuchungen sowie in neuen Ansätzen zur Unterrichtsgestaltung einen nützlichen Orientierungsrahmen dar (GRYGIER, GÜNTHER & KIRCHER, 2007).

Bei Grundschülerinnen und -schülern begünstigen nach JONEN, MÖLLER & HARDY (2003) folgende Merkmale den Konzeptwechsel:

- Aufgreifen von Vorerfahrungen, Vorkenntnissen und Erklärungen der Kinder,
- eigenständiges und selbsttätiges Arbeiten mit Materialien und Experimentieren,
- Anregung zum intensiven Austausch und Diskussion zur gemeinsamen Aushandlung von Erklärungen geben,
- Auswahl von Materialien und Impulsen zur Aufdeckung kognitiver Konflikte und Übertragung der entwickelten Erklärungen auf andere (lebensweltnahe) Kontexte,
- Anregung zum Begründen, Weiterdenken, Vergleichen, Anwenden sowie Zusammenfassen,
- Ermöglichen verschiedener individueller Lernwege und Förderung der Motivation durch ein hohes Maß an Selbststeuerung,
- Behandlung von für die Lernenden bedeutsamen Fragen,
- Möglichkeit zum Erleben von Kompetenz bieten und
- Ermutigung bei anstrengenden Lernprozessen.

In Anlehnung an sozial-konstruktivistische Ansätze, wie z. B. WYGOTSKYS Theorie, wird zunehmend der soziale Aspekt von *Conceptual Change*-Prozessen betont (MÖLLER, 2015). Bezogen auf den Sachunterricht ist die aktive Umstrukturierung vorhandener Vorstellungen zu wissenschaftlich adäquateren Vorstellungen das Ziel naturwissenschaftlichen Lernens. „Die Förderung der kognitiven Aktivität der Lernenden ist deshalb ein wichtiges Unterrichtsprinzip [...] des Conceptual Change-orientierten Unterrichts.“ (MÖLLER, 2015, S. 246)

2.4.3 Lehren als Förderung von *Conceptual Change*-Prozessen

“Saying that learners construct their own knowledge does not imply that they do so alone.“ (NRC, 2008, S. 119) Zur Gestaltung naturwissenschaftlicher Lernumgebungen, denen ein konstruktivistisches Verständnis zum Lernen zugrunde liegt, gibt es vor allem im englischsprachigen Raum verschiedene Ansätze.

The continuum is bordered on one side by traditional, direct instruction in which students are told the answers they are expected to learn by their teacher. At the other end of the continuum, students design and conduct their own investigations into phenomena that are not known to the teacher in what can be called open-ended scientific inquiry. [...] Thus, science instruction often takes place somewhere between the extremes, where students are guided, through a process of scientific investigation, to particular answers that are known to the teacher. (FURTAK, 2006, S. 454)

Die verschiedenen Ansätze unterscheiden sich in ihrem Grad der Strukturierung (s. Abbildung 2.8).

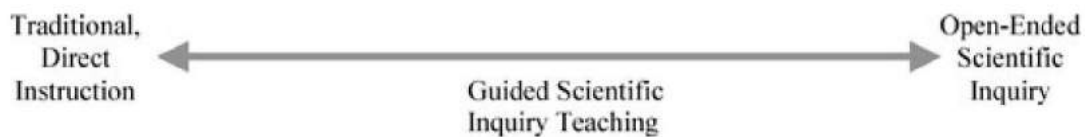


Abbildung 2.8: Continuum representing forms of science instruction (FURTAK, 2006)

Es gibt Ansätze im Sinne einer *Traditional, Direct Instruction* auf der einen Seite und *Open-Ended Scientific Inquiry* auf der anderen Seite. Ein zwischen diesen beiden Polen befindlicher Ansatz, der sich in seinem Maße der Strukturierung je nach Ausgestaltung zwischen den beiden Extremen bewegt, ist das *Guided Scientific Inquiry Teaching*.

Ähnliche Ansätze lassen sich auch in der deutschen fachdidaktischen Forschung ausmachen. So finden sich sowohl Befürwortende der stärker strukturierten Unterrichtsformen als auch der offenen. Die Unterstützung der oder des Lehrenden spielt eine wichtige Rolle beim Lernen; Lernumgebungen, in denen die Lernenden nicht angemessen unterstützt werden, seien ineffektiv in Bezug auf das naturwissenschaftliche Lernen (KIRSCHNER, SWELLER & CLARK, 2006). Demgegenüber stehen Befürwortende offener Unterrichtsformen – vor allem im Bereich von Experimentierumgebungen. So hänge die Möglichkeit zur aktiven Wissenskonstruktion im Bereich des Experimentierens stark von der Offenheit der Experimentierumgebungen ab. Die

Entwicklung, Planung und Durchführung von Experimenten „lässt sich nur durch eine Öffnung der Experimentalumgebung für die Fragen der Kinder und die gemeinsame, kommunikative Planung von Vorgehensweisen umsetzen.“ (PESCHEL, 2009, S. 269)

Beiden Ansätzen gemein ist die Annahme, dass Lernen ein aktiver und konstruktiver Prozess des Erwerbs von Wissen bzw. Konzepten in einem sozialen Gefüge ist. Dies gilt auch beim Erwerb des Verständnisses der Variablenkontrolle. Den Lernenden muss angemessene Unterstützung zur Verfügung gestellt werden, damit sie entsprechend ihren individuellen Lernvoraussetzungen ein Verständnis der Variablenkontrolle sowohl handelnd als auch reflexiv aufbauen können. Wie eine solche Unterstützung aussehen kann, ist Inhalt der folgenden beiden Kapitel. Dazu werden beide Unterrichtsformen – stärker strukturiert vs. offen gestaltet – genauer betrachtet.

2.4.3.1 *Scaffolding* – eine Maßnahme zur Förderung von *Conceptual-Change*-Prozessen

In Anlehnung an die von WYGOTSKY begründete Theorie der Zone der nächsten Entwicklung und der damit einhergehend notwendigen sozialen Unterstützung der Lernenden, zur Erreichung dieser Zone, kommt der instruktionalen Unterstützung von Lernprozessen eine zentrale Bedeutung zu. Im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts hat sich gezeigt, dass das „aktive[] und selbstständige[] Konstruieren von Wissen zwar wichtig für die Weiterentwicklung komplexer sachunterrichtlicher Konzepte ist, dass jedoch auch angemessene instruktionale^[17] Strukturierungen zu ergänzen sind“ (MARTSCHINKE & HARTINGER, 2015, S. 415). „Das so beschriebene Verhältnis zwischen Konstruktion und Instruktion lässt sich durch die Kurzformel ‚Konstruktion DURCH Instruktion‘ beschreiben, womit betont wird, dass auf der Seite der Lernenden Konstruktionsprozesse stattfinden müssen, auf der Seite der Lehrenden es dagegen um eine passende, Konstruktionsprozesse fördernde Instruktion geht.“ (MÖLLER, 2012, S. 43) Eine solche Konstruktionsprozesse fördernde Instruktion ist das *Scaffolding*.

Der Begriff *Scaffolding* geht zurück auf eine Veröffentlichung der Psychologen WOOD, BRUNER & ROSS (1976) und bezeichnet im ursprünglichen Sinn die Interaktion zwi-

¹⁷Instruktion wird an dieser Stelle nicht als rezeptive Position des Lernens verstanden, sondern als anregend, unterstützend, beratend, anleitend, anbietend und erklärend für Konstruktionsprozesse auf Seiten der Lernenden (GREINSTETTER, 2007). Aktuelle Positionen der Sachunterrichtsdidaktik sehen in der Instruktion sogar ein Mittel, um den Lernenden Konstruktion überhaupt zu ermöglichen.

schen Eltern und Kind oder zwischen Lehrenden (im Sinne einer Tutorin bzw. eines Tutors) und Lernenden (SHERIN, REISER & EDELSON, 2004). Wörtlich übersetzt steht das Wort *Scaffolding* für ein Baugerüst. Die Verwendung der Metapher zum Baugerüst impliziert zwei Aspekte: Zum einen ermöglicht *Scaffolding* Lernenden, ein Problem zu lösen, eine Aufgabe zu bewältigen oder ein Ziel zu erreichen, das sie ohne diese Unterstützung nicht erreichen könnten (WOOD, BRUNER & ROSS, 1976). Zum anderen ist die Unterstützung – im Sinne eines Gerüsts – leicht wieder abbaubar, wenn sie nicht mehr notwendig ist (PUNTAMBEKAR & HÜBSCHER, 2005).

Die dem *Scaffolding* zugrunde liegende Idee ist folglich, dass es einen Unterschied zwischen dem gibt, was die Lernenden wissen bzw. können und dem, was die Lernenden nur durch Unterstützung – oder nur mit Schwierigkeiten – in der Lage sind, zu wissen bzw. zu können. Diese Differenz findet sich in der Theorie der Zone der nächsten bzw. der proximalen Entwicklung (ZPD¹⁸) von WYGOTSKY¹⁹ wieder (PEA, 2004; HOGAN & PRESSLEY, 1997). Eine angemessene Unterstützung in der Zone der proximalen Entwicklung erfordert das Abschätzen, ob die neuen bzw. weiteren kognitiven Aktivitäten zur Problemlösung in der Reichweite der Lernenden liegen und welche Unterstützungsmaßnahmen dabei notwendig sind (EINSIEDLER & HARDY, 2010).

Übertragen auf den unterrichtlichen Kontext wird mit *Scaffolding* nicht mehr nur die Interaktion zwischen zwei Individuen bezeichnet, sondern ebenfalls die Unterstützung innerhalb von Lernumgebungen durch die Lehrperson, aber auch zwischen den Lernenden bezogen auf den Klassenkontext (PUNTAMBEKAR & HÜBSCHER, 2005). Gemeint ist damit die Unterstützung der individuellen Wissenskonstruktion durch gezielte Hilfen (EINSIEDLER & HARDY, 2010).

Seit den letzten Jahrzehnten ist das Konstrukt des *Scaffoldings* immer mehr in den Fokus der Unterrichtsforschung geraten (VAN DE POL, VOLMAN & BEISHUIZEN, 2010). In ihrer Forschung kommen VAN DE POL, VOLMAN & BEISHUIZEN zu der Schlussfolgerung, dass der Begriff zwar nicht eindeutig definiert wird, es allerdings einen breiten Konsens über drei Kernmerkmale gibt: *Contingency*, *Fading* und *Transfer of Responsibility* (2010; s. dazu auch Abbildung 2.9 auf S. 41). Die Abbildung zeigt die Interaktion zwischen Lehrendem und Lernendem oder Lernenden zu zwei verschiedenen Zeitpunkten des *Scaffolding*-Prozesses.

¹⁸Dabei steht ZPD für **Z**one of **P**roximal **D**evelopment.

¹⁹WYGOTSKY hat den Begriff des *Scaffoldings* selbst nicht verwendet.

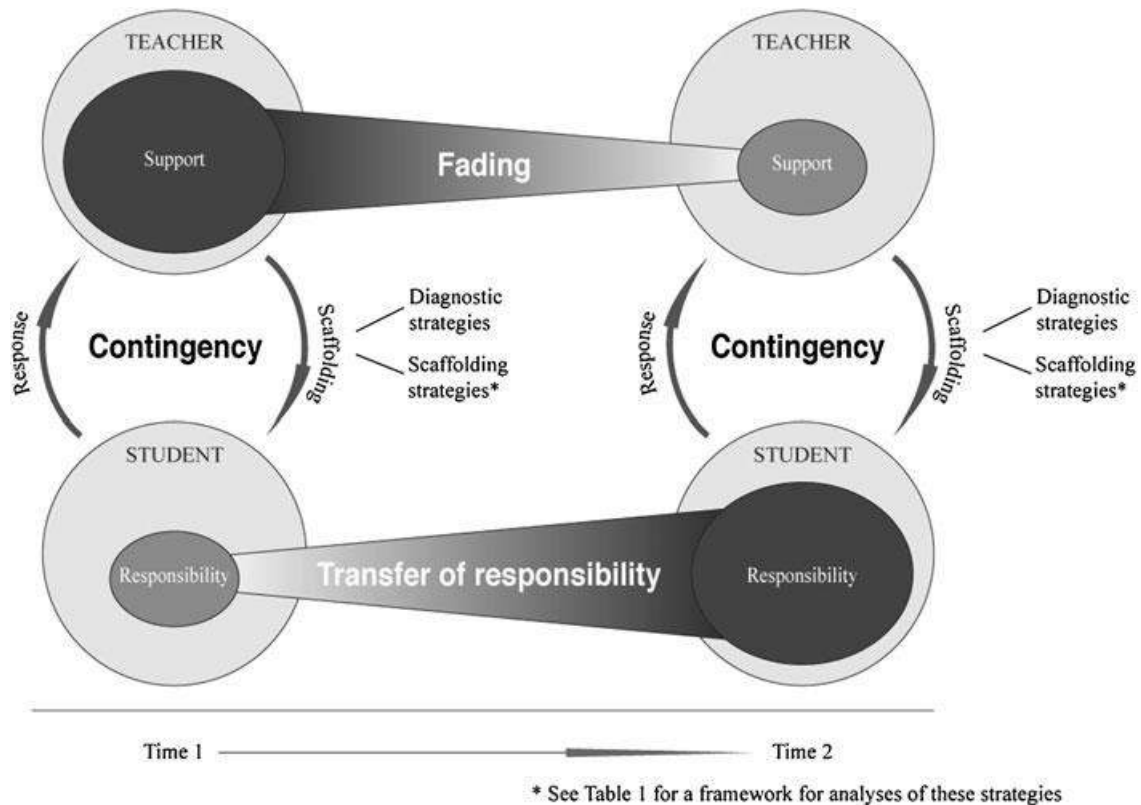


Abbildung 2.9: Conceptual model of Scaffolding (VAN DE POL, VOLMAN & BEISHUIZEN, 2010)

Das Merkmal *Contingency* beinhaltet das auf die Lernende oder den Lernenden zugeschnittene Unterstützungsangebot auf Basis einer kontinuierlichen Diagnose des Lernstands und ist eng verknüpft mit dem zweiten Merkmal *Fading*. Je weiter die oder der Lernende im Prozess voranschreitet, desto mehr wird die Unterstützung durch die Lehrende oder den Lehrenden zurückgenommen. (VAN DE POL, VOLMAN & BEISHUIZEN, 2010; PUNTAMBEKAR & HÜBSCHER, 2005) Dadurch nimmt die Unterstützung auf Seiten der oder des Lehrenden ab, während die Verantwortung auf Seiten der oder des Lernenden zunimmt (*Transfer of Responsibility*). Die Verantwortung für den Lernprozess wird allerdings, wie die Abbildung zeigt, nicht komplett an die Lernende oder den Lernenden abgegeben, was der ursprünglichen Beschreibung des *Scaffoldings* entspricht (WOOD, BRUNER & ROSS, 1976). Zusammengefasst: “[S]caffolding is construed as support given by a teacher to a student when performing a task that the student might otherwise not be able to accomplish.“ (VAN DE POL, VOLMAN & BEISHUIZEN, 2010, S. 274)

PEA unterscheidet beim *Scaffolding* zwei grundlegende Funktionen – die Funktion der Aufmerksamkeitslenkung durch *Channeling* bzw. *Focusing* sowie die Funktion des Modellierens durch *Modeling*. Beim *Channeling* und *Focusing* wird der Schwier-

rigkeitsgrad einer Aufgabe dadurch reduziert, dass die Aufmerksamkeit der Lernenden bewusst auf relevante Aspekte der zu bewältigenden Aufgabe gelenkt wird. Beim *Modeling* präsentiert die Lehrperson den Lernenden einen fortgeschrittenen Lösungsansatz, der eine Idealisierung des Vorgehens und Erläuterungen beinhaltet. (PEA, 2004; WOOD, BRUNER & ROSS, 1976)

Insbesondere im Kontext des Experimentierens scheint ein Vorgehen im Sinne des *Modelings* sinnvoll zu sein. So kann die Lehrperson den Lernenden das ideale Vorgehen beim Experimentieren unter Berücksichtigung der Variablenkontrolle mit Hilfe konkreter Materialien zeigen und das Vorgehen mit den Lernenden besprechen, reflektieren, kritisch hinterfragen und ihnen die Möglichkeit geben, sich am Vorgehen der Lehrperson zu orientieren. Außerdem scheint, wie die empirischen Befunde (s. Kapitel 3.2 ab S. 57) zeigen werden, dem *Modeling* als eine *Scaffolding*maßnahme im Kontext der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle eine wichtige Funktion zuzukommen.

2.4.3.2 Offenes Experimentieren – eine Maßnahme zur Förderung der Experimentierfähigkeit

„Angeregt durch englische Curricula, verbreiteten sich aufgrund dieser Kritik [gemeint ist eine Kritik an der Vorstellung eines wissenschaftsbestimmten Sachunterrichts, der mit einer Stofffülle, einem hohen Leistungsdruck und einer Überforderung der Schülerinnen und Schüler einhergeht; Anmerkung der Verfasserin], grundschulpädagogischen Zielsetzungen entsprechend, eher sog. offene, schülerorientierte Ansätze.“ (MÖLLER, 2006, S. 109) Ein solcher Ansatz ist das Offene Experimentieren. Der Begriff des *Offenen Experimentierens* (PESCHEL, 2009) wird zwar in der didaktischen Forschung häufig verwendet, jedoch ohne ihn genau zu definieren oder differenziert zu betrachten. Dabei bezieht sich die Offenheit auf die **Mit**bestimmung der Lernenden, was allerdings nicht als ein vollkommen plan- und zielloses Vorgehen verstanden werden darf. So liegen auch beim Offenen Experimentieren bestimmte Einschränkungen und klare Ziele vor (PRIEMER, 2011). Im englischsprachigen Raum kann die Idee des Offenen Experimentierens den sog. *instructional programs using minimal guidance* zugeordnet werden. Demzugrunde liegt die Annahme, dass sich Wissen am besten durch eigenes erfahrungsbasiertes Durchführen naturwissenschaftlicher Methoden entwickelt. (KIRSCHNER, SWELLER & CLARK, 2006)

„Eine einheitliche oder allgemein gültige Definition von Offenheit beim Experimentieren wird es [...] selbstverständlich nicht geben [...], es können aber Variationen und Abstufungen von Öffnung bzw. Öffnungsgrade angegeben werden [...]. Öffnung wird

übergreifend als Öffnung hin zu den selbst konstruierten Erkenntnissen der Kinder verstanden und als Abwendung von der Zielfokussierung des Lehrers.“ (PESCHEL, 2009, S. 268) Beim Offenen Experimentieren geht es darum, „zunehmend eigene Lernwege der Schüler, selbstständiges Arbeiten oder Freiheit beim experimentellen Zugang [... zuzulassen. Es] ist ein Weg, auf dem Kinder durch selbsttätiges Handeln und Experimentieren möglicherweise zu eigenen Lösungen und Erklärungen gelangen“ (PESCHEL, 2009, S. 268 f.) und richtet sich vor allem gegen „vorgefertigte Experimentierumgebungen und durchstrukturierte Aufgaben“ (PESCHEL, 2009, S. 269).

PRIEMER (2011) und PESCHEL (2009) fordern aufgrund der fehlenden Definition Offenen Experimentierens, dass deutlich herausgestellt werden muss, an welcher Stelle des Experimentierprozesses eine Öffnung und wo eine Lenkung stattfindet. Nur „so kann zum einen zur angemessenen Klärung des Wertes des Offenen Experimentierens beigetragen werden. Zum anderen können darauf aufbauend viel spezifischer auf die Unterrichtspraxis zugeschnittene Empfehlungen gegeben werden“ (PRIEMER, 2011, S. 334). So folgt auch das „Offene[] Experimentieren [...] einer gewissen Struktur, deren Elemente dynamisch in einem ständigen Wechsel durchlaufen werden.“ (BRAUN, 2009, S. 34) Zur Verdeutlichung der Stellen, an denen beim Experimentieren geöffnet bzw. gelenkt wird, und der Struktur des Offenen Experimentierens wird nun in Anlehnung an REINHOLD (1996) und HÖTTECKE (2001) ein Offener Experimentierprozess mit seinen einzelnen Phasen dargestellt. So ist das Offene Experimentieren an sechs Phasen orientiert, wobei diese Phasen nicht durch die Schülerinnen und Schüler festgelegt, sondern durch die Lehrperson moderiert werden (HÖTTECKE, 2001).

Zusammenfassen lassen sich die sechs Phasen eines Offenen Experimentierprozesses folgendermaßen:

- 1. Schaffung einer erklärungsbedürftigen Situation durch Konfrontation der Lernenden mit einem irritierenden Ausgangsphänomen**

Die erste Phase beginnt mit der Vorführung eines Ausgangsphänomens, das die Schülerinnen und Schüler irritieren soll. Durch die Irritation entsteht für die Schülerinnen und Schüler eine erklärungsbedürftige Situation. Dazu geeignet sind nur Phänomene, „die einen Bruch zwischen [...] den] Erwartungen der SchülerInnen und dem beobachteten Phänomen ermöglichen.“ (HÖTTECKE, 2001, S. 125)

- 2. Explorationsphase zum Ausprobieren und Spekulieren erster Lösungsansätze im Rahmen individueller Erkenntnisprozesse**

Hier geht es darum, durch Ausprobieren Fragen und Vermutungen über Erklärungsansätze zum beobachteten Phänomen zu finden. Ab einem gewissen Punkt entstehen allerdings keine weiteren Ideen mehr, wodurch das Ausprobieren ineffektiv wird. Eine Systematisierung wird erforderlich und es schließt sich eine erste Reflexion an.

3. Reflexion der Explorationsphase zur Systematisierung mit dem Ziel eines geteilten Ausgangspunktes für das weitere Experimentieren

Ziel der Reflexion der Explorationsphase ist es, einen guten und für alle Lernenden gleichen Ausgangspunkt für die folgende Phase zu schaffen. Dies geschieht durch eine Reduzierung und Strukturierung des zunächst unstrukturiert und unüberschaubar wirkenden Systems.

4. Experimentieren als Suche einer Lösung des zu Beginn gemeinsam definierten Problems

In dieser Phase geht es um das systematische Beobachten und Messen. Dabei entwickeln die Lernenden experimentelle Strategien, mit denen sie die Untersuchungsziele verfolgen können.

5. Reflexion des Experimentierprozesses mit einer Auswertung und Interpretation der Ergebnisse

Ein Offener Experimentierprozess endet im schulischen Kontext mit der Auswertung und Interpretation der Ergebnisse.

6. Reflexion der Lerntätigkeit mit dem Ziel, die eigenen Tätigkeiten innerhalb des Lehr-Lernprozesses zu reflektieren und so didaktisches Wissen weiter auszubauen

In dieser Phase²⁰ geht es darum, die während der vorangegangenen systematischen Experimentierphase gewonnenen Erkenntnisse in einer weiteren Diskussionsrunde zu reflektieren – der Reflexion des Experimentierens. Dadurch können die Lernenden ihre Vorstellungen über das Experimentieren auf Basis ihrer eigenen Tätigkeiten erörtern.

Die oder der Lehrende übernimmt während des gesamten Prozesses eine beratende Rolle und gibt bei Bedarf Hilfestellungen.

²⁰“Diese Phase ist [...] primär der Lehramtsausbildung zugeordnet“ (HÖTTECKE, 2001, S. 126).

2.5 Zusammenfassung

Zusammengefasst wurden in Kapitel 2 die theoretischen Grundlagen für die weitere Arbeit erläutert. Dabei wurde zunächst auf eine naturwissenschaftliche Grundbildung im Sinne einer *Scientific Literacy* als Ziel des naturwissenschaftlichen Lernens eingegangen. Diese beinhaltet vier Wissensbereiche: a) ein Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte, b) den Einsatz und ein Verständnis naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen (*Scientific Inquiry*), c) ein Verständnis der Möglichkeiten und Grenzen der Naturwissenschaften (*Nature of Science*) und d) ein Verständnis der Beziehungen zwischen Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft (s. Kapitel 2.1 ab S. 6). Mit Fokus auf dem Erlernen naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden stand darauf hin die Variablenkontrolle beim Experimentieren im Zentrum der Betrachtung (s. Kapitel 2.2 ab S. 14). Dabei wurde gezeigt, dass sich Experimente vor allem durch einen planmäßigen Ablauf, eine Wiederholbarkeit und die Variablenkontrolle auszeichnen und ein Verständnis des Experimentierens als naturwissenschaftliche Denk-, Arbeits- und Handlungsweise über das einfache Durchführen von Versuchen hinausgeht. Der internationale Bildungsanspruch und die damit einhergehende Forderung nach der Behandlung naturwissenschaftlicher Methoden im Sinne einer *Scientific Inquiry* als Teil des naturwissenschaftlichen Lernens wurde anschließend mit den Inhalten und Zielen des frühen naturwissenschaftlichen Lernens im Sachunterricht verknüpft (s. Kapitel 2.3 ab S. 28). So wurde deutlich, dass die (eigenständige) Planung, Durchführung und Auswertung von (einfachen) Experimenten ein wichtiges Ziel und Inhalt des naturwissenschaftlichen Lernens bereits in der Grundschule ist. Dabei kommt dem Verständnis der Variablenkontrolle eine wichtige Bedeutung zu.

Anschließend wurde in Kapitel 2.4 zur Einbettung der Studie auf das Angebots-Nutzungs-Modell als Basis der aktuellen Lehr-Lernforschung eingegangen (s. Kapitel 2.4.1 ab S. 31). Das naturwissenschaftliche Lernen, das auf ein konzeptuelles, anwendungsfähiges und übertragbares Verständnis zielt, wurde als aktive Konstruktion von Wissen und als Veränderung von Vorstellungen definiert (s. Kapitel 2.4.2 ab S. 33). Auf der Basis konstruktivistischer Lerntheorien wurde die Vorstellung des Lernens im Sinne des *Conceptual Change*-Ansatzes präsentiert (s. Kapitel 2.4.3 ab S. 38). Dabei hat sich gezeigt, dass Lernende beim Lernen an ihre bereits vorhandenen Vorstellungen anknüpfen. Diese Vorstellungen werden modifiziert, ausgebaut oder durch neue Vorstellungen ersetzt. Unterstützt wird dieser Prozess durch das soziale Gefüge, in dem die Lernenden lernen – also sowohl durch andere Lernende als auch durch die Lehrperson (BYBEE, 2006). Lernen ist also die Veränderung von

Vorstellungen. Darauf aufbauend wurde die unterstützende Rolle der Lehrperson beim naturwissenschaftlichen Lernen in den Blick genommen (s. Kapitel 2.4.3 ab S. 38). Als ein Konstrukt, das in den vergangenen Jahrzehnten innerhalb der Unterrichtsforschung immer stärker in den Fokus gerückt ist, ist das *Scaffolding* als eine instruktionale Maßnahme zur Anregung von Lernprozessen definiert und unter Rückgriff auf die Theorie der Zone der proximalen Entwicklung nach WYGOTSKY fundiert worden (s. Kapitel 2.4.3.1 ab S. 39). Dies wurde lerntheoretisch (*Conceptual Change*-Ansatz, konstruktivistische Theorien, insbesondere Zone der nächsten Entwicklung) begründet. Zudem wurde gezeigt, dass sich in Anlehnung an PEA (2004) beim *Scaffolding* zwei wesentliche Funktionen unterscheiden lassen – die Funktion der Aufmerksamkeitslenkung (*Channeling* und *Focusing*) und die Funktion der Modellierung (*Modeling*). Ebenfalls basierend auf der konstruktivistischen Lerntheorie ist in Kapitel 2.4.3.2 ab S. 42 das Konzept des Offenen Experimentierens, bei dem das eigenständige Handeln der Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren im Vordergrund steht, umrissen und ein beispielhafter Offener Experimentierprozess dargestellt worden.

Im folgenden Kapitel werden nun empirische Befunde zum Verständnis der Variablenkontrolle (s. Kapitel 3.1 ab S. 47) sowie sowohl zur Gestaltung naturwissenschaftlicher Lernumgebungen als auch spezifisch auf die Gestaltung von Lernumgebungen zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle (s. Kapitel 3.2 ab S. 57) vorgestellt, um darauf aufbauend Implikationen für die Förderung und Untersuchung des Verständnisses der Variablenkontrolle abzuleiten (s. Kapitel 3.4 ab S. 79).

3 Forschungsstand und Implikationen für die weitere Forschung

Ein Verständnis der Variablenkontrolle als Teil einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ist bereits für den Sachunterricht in der Grundschule relevant. Es stellt sich die Frage, inwiefern Schülerinnen und Schüler in der Grundschule ein Verständnis der Variablenkontrolle haben. Dieser Frage wird im ersten Teil des vorliegenden Kapitels unter Rückgriff auf empirische Befunde zum Verständnis der Variablenkontrolle sowohl aus fachdidaktischer als auch aus entwicklungspsychologischer Perspektive nachgegangen (s. Kapitel 3.1 ab S. 47). Das Ziel des zweiten Teils des vorliegenden Kapitels ist es, forschungsbasierte Schlussfolgerungen abzuleiten, die eine Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle bei Grundschulkindern ermöglichen (s. Kapitel 3.2 ab S. 57). Dabei werden die Befunde in beiden Teilen zunächst nach Studien getrennt dargelegt und erst anschließend in einen Gesamtzusammenhang gebracht. Nach einer zusammenfassenden Betrachtung der präsentierten empirischen Befunde zu den beiden oben genannten Bereichen (Verständnis der Variablenkontrolle und Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle) (s. Kapitel 3.3 ab S. 73) folgt eine Ableitung wichtiger Implikationen für die weitere Forschung (s. Kapitel 3.4 ab S. 79) und eine Zusammenfassung des Kapitels (s. Kapitel 3.5 ab S. 82).

3.1 Empirische Befunde zum Verständnis der Variablenkontrolle aus fachdidaktischer und entwicklungspsychologischer Sicht

Das Verständnis der Variablenkontrolle wurde vor allem im Kontext der Fähigkeit zum Experimentieren in den vergangenen Jahren in einer Vielzahl von Forschungen untersucht. Ziel war es, Erkenntnisse über die Fähigkeiten und Entwicklung eines Verständnisses der Variablenkontrolle zu gewinnen. Welche Vorstellungen haben (Grund-)Schülerinnen und (Grund-)Schüler in Bezug auf das Experimentieren und in Bezug auf das Verständnis der Variablenkontrolle und welche Kompetenzen besitzen Schülerinnen und Schüler (in der Grundschule) bezüglich des Einsatzes der Variablenkontrollstrategie beim Experimentieren? Wo ist evtl. besondere Förderung

notwendig? Diesen Fragen wird in den Kapiteln 3.1.1 (ab S. 48) und 3.1.2 (ab S. 55) nachgegangen. Dabei wird sowohl auf ausgewählte Studien aus der Fachdidaktik als auch auf für die vorliegende Arbeit relevante Studien der Entwicklungspsychologie eingegangen, um ein möglichst umfassendes Bild der aktuellen Befundlage zu den soeben formulierten Fragen und darin angesprochenen Untersuchungsgegenständen zu erhalten.

3.1.1 Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zum Experimentieren und zum Verständnis der Variablenkontrolle

Bei der Untersuchung der Methode des Experimentierens im naturwissenschaftlichen Unterricht liegt der Fokus vieler Studien auf der Frage nach der Entwicklung experimenteller Problemlösefähigkeit¹ und den dazugehörigen Teilkompetenzen. Dabei wird experimentelle Problemlösefähigkeit meist dadurch charakterisiert, dass sie zum einen ein Verständnis der Bedeutung des Experiments im Gesamtkontext wissenschaftlicher Untersuchungen und zum anderen die Fähigkeit, selbst experimentieren zu können, beinhaltet (RIESS & ROBIN, 2012). Eine solche Studie legten z. B. DRIVER et al. im Jahr 1996 vor.

Altersvergleichende Interviewstudie von Driver et al. (1996) zu Schülervorstellungen zum Ziel und Wesen eines wissenschaftlichen Experiments

DRIVER et al. (1996) untersuchten in einer altersvergleichenden Interviewstudie, in der auch Schülerinnen und Schüler im Grundschulalter berücksichtigt wurden, die Entwicklung der Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu der Natur der Naturwissenschaften (*Nature of Science*). Ein im Kontext der Natur der Naturwissenschaften untersuchter Teilbereich ist das Experimentieren als eine naturwissenschaftliche Methode im Rahmen des Verständnisses der wissenschaftlichen Vorgehensweise – “*understanding the scientific approach to enquiry* [Hervorhebung durch Verfasserin]“ (DRIVER et al., 1996, S. 13).

Das **Ziel** war es, herauszufinden, welche Vorstellungen Schülerinnen und Schüler dazu haben, welches Ziel mit einem Experiment verfolgt wird – “What do students see as being the purpose of experimentation?” (DRIVER et al., 1996, S. 61) – und was ein wissenschaftliches Experiment ausmacht – “What do students see as characterizing the process of experimentation?” (DRIVER et al., 1996, S. 61)

¹Dieser Begriff geht zurück auf das kognitionspsychologische SDDS-Modell nach KLAHR (2000), nachdem „das Experimentieren als ein komplexer Prozess des Problemlösens aufgefasst werden“ (HAMMANN, 2004, S. 198) kann.

Die **Stichprobe** waren ungefähr 60 Schülerinnen und Schüler im Alter von 9, 12 und 16 Jahren, die in Situationen zu zweit – teilweise auch zu viert – interviewt wurden.

Den Versuchsteilnehmenden wurden in einer **Interviewsituation** Karten mit verschiedenen Aktivitäten in verschiedenen Kontexten (schulischer, wissenschaftlicher und alltäglicher Kontext) gezeigt. Die Aufgabe bestand darin, die auf den Karten abgebildeten Aktivitäten danach zu ordnen, ob es sich um ein Experiment handelt oder ob kein Experiment abgebildet ist und die Zuordnung zu begründen. Zudem gab es eine Kategorie für diejenigen Schülerinnen und Schüler, die sich nicht sicher waren.

Analysiert wurden die Begründungen der Zuordnung, indem sie vier verschiedenen Antwortmustern zugeordnet wurden: “(1) any practical activity; (2) making a phenomenon happen or finding something new; (3) relating cause and effect; and (4) evaluating a theory.“ (DRIVER et al., 1996, S. 87) Das erste Antwortmuster ist dadurch charakterisiert, dass irgendeine Art von Aktivität, wie das Messen oder Mischen, stattfindet. Das zweite Antwortmuster zeichnet sich durch ein Verständnis des Experimentierens als das Hervorbringen von Phänomenen und das Herausfinden von Neuem aus. Bei dem dritten Antwortmuster werden bereits Relationen zur Ursache und Wirkung hergestellt. Erst beim vierten Antwortmuster zeigt sich ein Verständnis des Experimentierens als ein Prozess des Überprüfens von Hypothesen bzw. Theorien.

Die **Ergebnisse der Untersuchung** deuten darauf hin, dass sich das Verständnis eines Experiments mit zunehmendem Alter bzw. zunehmender (Experimentier-)Erfahrung verbessert – von einem Experiment als bloße Aktivität (Antwortmuster 1) hin zu einer wissenschaftlich adäquateren Vorstellung von einem Experiment als Überprüfung einer Hypothese (Antwortmuster 4) (DRIVER et al., 1996).

Längsschnittstudie von Bullock & Sodian (2003) und Bullock & Ziegler (1999) zur Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens

Im Rahmen einer großangelegten Längsschnittstudie (LOGIK-Studie²) untersuchten BULLOCK & SODIAN (2003) sowie BULLOCK & ZIEGLER (1999) die Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens.

Die **Stichprobe** bestand aus ca. 200 Kindern ab dem Alter von 8 Jahren, ab der dritten Klasse, bis zu ihrem 21. Geburtstag. Genauer betrachtet werden die Ergebnisse der Studie in der Altersspanne zwischen 8 und 12 Jahren, von der dritten bis

²Münchner Longitudinalstudie zur Genese individueller Kompetenzen

zur sechsten Klasse, da sich diese auf das Ende der Grundschulzeit und den Übergang in die Sekundarschulzeit beziehen und somit von besonderer Relevanz für die vorliegende Arbeit sind.

Die **Anlage und Erhebungsverfahren** der LOGIK-Studie waren „so [...], dass im Grundschulalter ein breites Spektrum von Fähigkeiten erfasst wurde, von denen angenommen wurde, dass sie für späteres wissenschaftliches Denken bedeutsam seien“ (BULLOCK & SODIAN, 2003, S. 76). Aufgrund der Fokussierung in der vorliegenden Arbeit auf das Verständnis der Variablenkontrolle steht ein Kompetenzbereich des in der LOGIK-Studie untersuchten wissenschaftlichen Denkens im Vordergrund: die Fähigkeit zum systematischen Experimentieren und das Verständnis der Variablenkontrolle. Dieser Bereich wurde mit verschiedenen Aufgaben untersucht, denen das Konzept des kontrollierten Tests zugrunde lag. So wurde beispielsweise mit Hilfe der sog. *Flugzeugaufgabe* (BULLOCK & ZIEGLER, 1999) geprüft, ob Kinder in der Lage sind, ein Experiment mit Hilfe der Variablenkontrollstrategie zu produzieren und ob sie verstehen, wieso es notwendig ist, die Variablenkontrollstrategie anzuwenden. Im ersten Schritt wurden die Schülerinnen und Schüler dazu aufgefordert, spontan ein geeignetes Experiment vorzuschlagen, um zu überprüfen, „ob Variationen auf einer (der fokalen) Dimension (z.B. Höhenruder oben vs. unten) Effekte auf den Benzinverbrauch des Flugzeugs hatten.“ (BULLOCK & SODIAN, 2003, S. 77) Darauf folgend wurden den Schülerinnen und Schülern mehrere Experimentiervorschläge zur Wahl gestellt, von denen sie die zur Prüfung der Hypothese geeigneten aussuchen und ihre Auswahl begründen sollten. „Die Aufgaben der LOGIK-Studie erlaubten eine differenzierte Einschätzung der Kompetenzen der Kinder, da zwischen kontrastivem Test (Bedingungsvergleich durch Manipulation der fokalen Dimension) und kontrolliertem Experiment (Konstanthalten aller weiteren Variablen), sowie zwischen spontaner Produktion und Wahl eines geeigneten Experiments (choice-Aufgabe) unterschieden wurde.“ (BULLOCK & SODIAN, 2003, S. 80)

Die **Ergebnisse** zeigen, dass „nur sehr wenige Grundschulkinder und weniger als 40% der Fünft- und Sechstklässler [...] die fokale Dimension [manipulierten] und [...] Hervorhebung im Original] alle anderen Variablendimensionen konstant[hielten]“ (BULLOCK & SODIAN, 2003, S. 80). Hingegen „zeigte die Wahlaufgabe, dass schon die älteren Grundschüler mehrheitlich die Variablenkontrollstrategie erkennen konnten, wenn sie ihnen zur Wahl vorgelegt wurde, und ein kontrolliertes einem konfundierten Experiment vorzogen.“ (BULLOCK & SODIAN, 2003, S. 80) So gelang es, zu zeigen, dass mehr als 50 % der Kinder der vierten Klasse kontrollierte Experimente von konfundierten Experimenten unterscheiden können und bei der Auswahl aus verschiedenen vorgeschlagenen Experimenten ein kontrolliertes Experiment bevor-

zugen und ihre Auswahl mit der notwendigen Variablenkontrolle begründen können. Das Ergebnis deutet darauf hin, dass zwar Kinder ab einem Alter von ca. 10 Jahren bereits über ein Strategiewissen über das Experimentieren auf impliziter Ebene zu verfügen scheinen, jedoch nicht in der Lage zu sein scheinen, dieses Wissen in konkreten Experimentiersituationen spontan anzuwenden. Ein Verständnis der Merkmale eines guten Experiments scheint somit der Fähigkeit, selbst kontrollierte Experimente zu produzieren vorauszugehen. (BULLOCK & ZIEGLER, 1999) Die Daten der Längsschnittstudie deuten zudem darauf hin, dass es starke individuelle Unterschiede in Bezug auf das Verständnis der Variablenkontrolle – und andere Bereiche des wissenschaftlichen Denkens – gibt, die über die Dauer stabil blieben. Die

erheblichen individuellen Unterschiede im Zeitpunkt der Strategieentdeckung [sind] valide Hinweise auf Kompetenz (denn die überwiegende Mehrzahl der Kinder war im Strategiegebrauch konsistent – die einmal entdeckte Strategie wurde beibehalten) [...]. Die Produktion der Variablenkontrollstrategie scheint eine (von vielen) Komponenten des wissenschaftlichen Denkens zu sein, die für die Lösung einer spezifischen Klasse von Aufgaben notwendig ist, jedoch nicht als Indikator für ein globales Konstrukt der 'wissenschaftlichen Rationalität' im Piagetschen Sinne geeignet ist. (BULLOCK & SODIAN, 2003, S. 88)

Studie von Koerber et al. (2011) zur Formulierung und Prüfung eines Kompetenzmodells der Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens

KOERBER et al. (2011) untersuchten in einer Studie alterskorrelierte Veränderungen in den drei Kernkomponenten des wissenschaftlichen Denkens. Zu diesen Kernkomponenten gehören das Theorieverständnis, das Verständnis der experimentellen Methodik und die Interpretation von Daten.

Ziel war es, die Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens im Grundschulalter mit Hilfe eines dreistufigen Entwicklungsmodells (natur-)wissenschaftlicher Kompetenz – „von naiven Vorstellungen über teilweise adäquate Vorstellungen hin zu wissenschaftlich adäquaten Vorstellungen“ (KOERBER et al., 2011, S. 16) – zu formulieren und zu überprüfen.

Die **Stichprobe** bestand aus 73 Zweit- und Viertklässlerinnen und -klässlern.

Zu jeder der drei Kernkomponenten gab es eingebettet in eine **Gruppentestung** bearbeitete Aufgaben, deren Antwortalternativen im Multiple-Choice-Format den drei Kompetenzniveaus des Entwicklungsmodells entsprachen.

Als **Ergebnis** hat sich gezeigt, dass mit Hilfe dieser Aufgaben „signifikante Verbes-

serungen zwischen der zweiten und der vierten Klassenstufe demonstriert werden [konnten], die sich zusammenfassend im Sinne eines Übergangs vom Niveau der naiven Vorstellungen hin zum Niveau der Zwischenvorstellungen charakterisieren lassen.“ (KOERBER et al., 2011, S. 20) Für den Bereich des Verständnisses der experimentellen Methode lassen sich „ein beginnendes Verständnis der Experimentierstrategien im späten Grundschulalter feststellen [...] und [...] darüber hinaus Evidenz für Fehlvorstellungen im frühen Grundschulalter.“ (KOERBER et al., 2011, S. 20) Antwortete die Mehrheit der Kinder in der zweiten Klasse noch auf einem naiven Niveau, waren die Antworten der Mehrheit der Kinder in der vierten Klasse dem Niveau der Zwischenvorstellungen zuzuordnen. Erst ab der vierten Klasse unterschieden Kinder konstant zwischen konklusiven und inkonklusiven Tests, wählten jedoch überwiegend noch keine kontrollierten Experimente. Dabei ist das Abschneiden der Kinder in den Testaufgaben von dem Kontext der jeweiligen Aufgabe abhängig. Ein Unterschied zwischen den Geschlechtern konnte nicht festgestellt werden. (KOERBER et al., 2011)

Interviewstudie von Sodian, Zaitchik & Carey (1991) zur Fähigkeit zwischen konklusiven und inkonklusiven Tests unterscheiden zu können

Zu einem Verständnis der Variablenkontrolle gehört neben der Fähigkeit, die Variablenkontrollstrategie beim Experimentieren anzuwenden, auch die Fähigkeit, zwischen konfundierten und unkonfundierten Experimenten zu unterscheiden (s. Kapitel 2.2.5 ab S. 25). Diese Fähigkeit untersuchten SODIAN, ZAITCHIK & CAREY im Jahr 1991. Dazu führten sie zwei Studien mit jungen Grundschulkindern durch.

Ziel der ersten Studie war es, herauszufinden, ob Grundschülerinnen und -schüler eine Vorstellung dazu haben, dass es einen Unterschied zwischen der Testung einer Hypothese und der Produktion eines Effekts gibt. In der zweiten Studie ging es darum, zu erfassen, ob Schülerinnen und Schüler der Grundschule in der Lage sind, zwischen konklusiven und inkonklusiven Experimenten, insbesondere der Hypothesentestung und der Effektproduktion zu unterscheiden.

Mündlich befragt mit bildlicher Unterstützung wurden 34 Kinder aus ersten und zweiten Grundschulklassen mit Hilfe der sog. *Maus-Aufgabe* (SODIAN, ZAITCHIK & CAREY, 1991). Unterschieden wurden dabei zwei Arten von Fragen – *Feed question* (“Which box should they use if they want to make sure the mouse will be able to get the food, whether it’s a big mouse or a little mouse?” (SODIAN, ZAITCHIK & CAREY, 1991, S. 757) und *Find Out question* (“Which box should they put the food into if they want to find out if the mouse is a big mouse or a baby mouse?

Why?“ (SODIAN, ZAITCHIK & CAREY, 1991, S. 757)

Ergebnis der ersten Studie war, dass über die Hälfte der Erstklässlerinnen und -klässler sowie eine große Mehrheit der Zweitklässlerinnen und -klässler in der Lage waren, die *Find Out question* korrekt zu beantworten. Darauf folgte Studie 2 mit den gleichen Schülerinnen und Schülern, die die Aufgabe hatten, einen Test zu entwickeln, mit dem sie herausfinden können, ob ein Tier einen guten oder einen schlechten Geruchssinn habe. “Here an indirect experimental test is the only way to decide between alternative hypotheses since the animal’s sense of smell is not observable.“ (SODIAN, ZAITCHIK & CAREY, 1991, S. 760) Die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler entwarfen einen konklusiven Test, um diese Hypothese zu überprüfen. So konnten Evidenzen dafür gefunden werden, dass bereits Erst- und Zweitklässlerinnen und -klässler in der Lage sind, zwischen konklusiven und inkonklusiven Tests, in diesem Fall zwischen dem Testen einer Hypothese und dem Produzieren eines Effekts, zu unterscheiden. (SODIAN, ZAITCHIK & CAREY, 1991)

Prä-Post-Follow-up-Studie von Sodian et al. (2006) zum Zusammenhang zwischen Experimentierfähigkeiten und Erwerb inhaltlichen Wissens

Ein weiterer wichtiger Punkt, der in Untersuchungen zum Experimentieren – eingebettet in den Kontext des wissenschaftlichen Denkens, „d.h. die Fähigkeit, durch systematische Strategien der Hypothesenprüfung zu wissenschaftlicher Erkenntnis zu kommen und den Prozess der Wissenskonstruktion zu reflektieren“ (SODIAN et al., 2006, S. 147) – häufig im Fokus der Betrachtung liegt, ist der Zusammenhang zwischen den Fähigkeiten zum Experimentieren und dem Erwerb inhaltlichen naturwissenschaftlichen Wissens. Dem zugrunde liegt die Annahme, dass „das Wissenschaftsverständnis von Schülern[...] für die Naturwissenschaftsdidaktiken [zentral ist], gilt doch ein defizitäres Verständnis der Wissenskonstruktion als domänenübergreifendes Hindernis beim Erwerb von naturwissenschaftlichem Wissen.“ (SODIAN et al., 2006, S. 147)

Mit dem **Ziel**, den Zusammenhang zwischen Wissenschaftsverständnis und inhaltlichem Lernen zu analysieren, untersuchten SODIAN et al. (2006) basierend auf der oben beschriebenen Annahme in ihrem Projekt *Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule* im Rahmen des BiQua-Schwerpunktprogramms in den Jahren von 2000 bis 2006 die Frage, wie „sich ein vertieftes Wissenschaftsverständnis förderlich auf das inhaltliche Lernen aus[wirkt]“ (SODIAN et al., 2006, S. 147).

Zur Untersuchung dieser Frage wurde eine **Prä-Post-Follow-up-Studie** mit 49 Viertklässlerinnen und -klässlern in zwei Gruppen – eine Trainingsgruppe und eine

Kontrollgruppe – durchgeführt. Die Trainingsgruppe erhielt einen 14 Doppelstunden umfassenden wissenschaftstheoretischen Unterricht und die Kontrollgruppe einen Unterricht ohne epistemologische Reflexion. Naturwissenschaftliche Inhalte dieser Unterrichtsreihen waren Schall, Licht und Schatten sowie Hefe als Backtriebmittel. Zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle wurden Teile des *Nature of Science-Interview* und die *Flugzeugaufgabe* von BULLOCK & ZIEGLER (1999) eingesetzt.

Ein **Vergleich der Trainings- mit der Kontrollklasse** im Hinblick auf den Wissenszuwachs in den physikalischen Inhaltsgebieten zeigte keine Unterschiede (SODIAN et al., 2006).

Befunde aus einer Vorläuferstudie von GRYGIER (2008) deuten „auf eine leichte Überlegenheit der Trainingsklasse im Langzeit Nachtest hin, was darauf hindeutet, dass Kinder mit besserem Wissenschaftsverständnis naturwissenschaftliche Inhalte möglicherweise besser behalten als Kinder mit naivem Wissenschaftsverständnis.“ (SODIAN et al., 2006, S. 157) GRYGIER interpretiert die Befunde unter Berücksichtigung des Experimentierens als wissenschaftliche Methode folgendermaßen:

Wird der Aufbau von Wissenschaftsverständnis unterstützt, ergeben sich weitere Vorteile. Das Wissen über die Naturwissenschaft kann helfen, die logische Abfolge einer naturwissenschaftlichen Unterrichtsstunde oder -sequenz besser zu verstehen, z. B. die Funktion eines durchgeführten Experimentes. (2008, S. 150)

Interviewstudie von Schauble (1996) zum Zusammenhang zwischen Inhaltswissen und Methodenkompetenz

Darüber hinaus existieren Untersuchungen in der Sekundarstufe, die sich mit der wechselseitigen Beziehung zwischen domänenspezifischem Inhaltswissen und domänenübergreifenden Methodenkompetenzen auseinandersetzen, wie z. B. die Studie von SCHAUBLE (1996).

Sie untersuchte eine **Stichprobe** von 10 Fünft-/Sechstklässlerinnen und -klässlern und 10 Erwachsenen, die materialgestützt in sechs Einheiten daran arbeiteten, durch Experimente herauszufinden, welchen Einfluss verschiedene Variablen auf eine nicht manipulierbare Variable haben, wie z. B. die Dauer, die ein Boot beim Passieren eines Kanals benötigt, wobei der Einfluss direkt beobachtbar war.

Dabei wurden die Versuchsteilnehmenden in **Einzelinterviews** befragt. Zu Beginn wurden die Materialien und die Aufgabenstellung detailliert erläutert.

Als **Ergebnis** zeigten sowohl die Erwachsenen als auch die Kinder Veränderungen in ihrem domänenspezifischen Inhaltswissen und ihrer domänenübergreifenden Vorgehensweise, Evidenz zu generieren und zu interpretieren, wobei beobachtet werden konnte, dass die Erwachsenen systematischer vorgehen als die Kinder. Den gefundenen Zusammenhang fasst SCHAUBLE wie folgt zusammen:

These findings suggest that both strategic and knowledge-specific changes play a role in the development of scientific reasoning. These changes appear to bootstrap each other, so that appropriate knowledge supports the selection of appropriate experimentation strategies, and systematic and valid experimentation strategies support the development of more accurate and complete knowledge (1996, S. 118).

Neben diesen positiven Ergebnissen decken verschiedene Studien allerdings auch Probleme beim Experimentieren auf.

3.1.2 Schwierigkeiten in Bezug auf das Verständnis der Variablenkontrolle

Für die Fachdidaktik gelten Forschungsergebnisse als besonders relevant, die Schwierigkeiten der Lernenden in Bezug auf den Umgang mit Variablen beim Experimentieren aufdecken, wie die folgende Untersuchung von SODIAN & THOERMER (2002).

Interviewstudie von Sodian & Thoermer (2002) zum Wissenschaftsverständnis

Zur differenzierten Aufdeckung solcher Schwierigkeiten führten SODIAN & THOERMER (2002) ein Interview zum Wissenschaftsverständnis mit Grundschülerinnen und -schülern der vierten Klassen durch. Dabei konzentrierten sie sich auf die Fähigkeit zur Koordination von Theorie und Evidenz als wichtigstes Merkmal des Verständnisses von Wissenschaft (SODIAN & THOERMER, 2002). Geprüft wurde in diesem Kontext u. a. die für die vorliegende Arbeit relevante Frage, „ob die Probanden die Logik der Konstruktion der Experimente“ (SODIAN & THOERMER, 2002, S. 108) verstehen.

Stichprobe: Interviewt wurden 27 Kinder in Einzelsituationen.

„Die **Kodierung der Antworten** [Hervorhebung durch Verfasserin] erfolgte nach einem Kodiersystem, das [...] eine differenzierte qualitative Analyse verschiedener Typen von Antworten“ (SODIAN & THOERMER, 2002, S. 109) erlaubte.

Die Analyse der Antworten zeigte als **Ergebnis**, dass „[d]ie Mehrheit der Probanden (60%) [...] Möglichkeiten zur Gewinnung relevanter empirischer Daten zur Hypothe-

senprüfung vorschlagen [konnten], jedoch [...] nur eine Minderheit (14%) spontan einen kontrastiven Test³; Anmerkung durch Verfasserin]“ (SODIAN & THOERMER, 2002, S. 109 f.) nannten. Besonders bedeutungsvoll im Kontext der vorliegenden Arbeit ist der Befund, dass zwar 60 % der untersuchten Kinder richtig angaben, dass es notwendig sei, dass zwei Gruppen untersucht würden, „[d]ie Begründungen für diese Antwort [...] allerdings bei 60% dieser Kinder ein Missverständnis“ (SODIAN & THOERMER, 2002, S. 110) offenbarte. So fehlte den Kindern ein Verständnis, dass die Kontrollgruppe zum Vergleich dient – und nicht dazu, weitere Informationen zu erhalten bzw. die Daten auf breiterer Basis zu testen (SODIAN & THOERMER, 2002). Jeweils nur ein Kind der Stichprobe gab an, dass eine Kontrollgruppe zum Vergleich diene, und „zeigte ein explizites Verständnis der Notwendigkeit der Variablenkontrolle.“ (SODIAN & THOERMER, 2002, S. 110) Die Autorinnen kommen zu dem Schluss, dass Grundschülerinnen und -schüler der vierten Klasse „ein oberflächliches Verständnis des Experimentierens“ (SODIAN & THOERMER, 2002, S. 110) haben.

Überblick von Hammann et al. (2006) zu Fehlern bei der Bearbeitung experimenteller Aufgaben

Im Überblicksartikel von HAMMANN et al. (2006) werden bezogen auf den Sekundarbereich „Fehler der Bearbeitung experimenteller Aufgaben dargestellt, die auf Schülervorstellungen über die experimentelle Methode beruhen“ (HAMMANN et al., 2006, S. 292).

HAMMANN et al. (2006) decken durch eine **Analyse verschiedener Untersuchungen** zu Fehlerquellen beim Experimentieren Schwierigkeiten auf, die im Kontext des Experimentierens in der Sekundarstufe auftreten (können).

Sie kommen zu dem **Ergebnis**, dass eines der Kernprobleme beim Experimentieren die Konstanthaltung der Kontrollvariablen ist. So kommt es häufig zu einer unsystematischen Veränderung von Variablen. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass die „Unterscheidung zwischen Testvariablen und zu kontrollierenden Variablen [...] nicht immer ganz leicht [fällt] und [...] eine wichtige Ursache konfundierter Experimente dar[stellt].“ (HAMMANN et al., 2006, S. 293) Der unsystematische Umgang mit Variablen ist folglich eine der wichtigsten Quellen für Fehler beim Experimentieren. Ein Extremfall dieses Verstoßes ist die gleichzeitige Veränderung aller Variablen. „Zur Planung eines Experiments gehört die Wahl eines aussagekräftigen Kontrollan-

³„Ein *kontrastiver Test* [Hervorhebung im Original] liegt dann vor, wenn zwei Ausprägungen der in Frage stehenden unabhängigen Variable hinsichtlich ihrer Kovariation mit der abhängigen Variable verglichen werden [...]. Das *kontrollierte Experiment* [Hervorhebung im Original] setzt zusätzlich die Konstanthaltung aller anderen Variablen voraus.“ (SODIAN & THOERMER, 2002, S. 109)

satzes." (HAMMANN et al., 2006, S. 292) Nur so ist es möglich, die ggf. auftretende Wirkung auf die veränderte Variable zurückzuführen. Eine weitere beim Experimentieren auftretende Schwierigkeit, die sich im Bereich der Sekundarstufe gezeigt hat, ist das Fehlen aussagekräftiger (konklusiver) Tests und die Wahl falscher Kontrollansätze (inkonklusiver Tests). HAMMANN et al. kommen zu dem Schluss, dass „[d]iese wichtigen Fehlertypen [...] im experimentellen Unterricht Beachtung finden und für eine theoriegeleitete Förderung von Kompetenzen beim Experimentieren [...] genutzt werden“ (2006, S. 299) sollten.

Bis zu diesem Punkt wurden zentrale Befunde zum Verständnis der Variablenkontrolle von (Grund-)Schülerinnen und Schülern aus der fachdidaktischen und entwicklungspsychologischen Forschung präsentiert. Eine zusammenfassende Betrachtung findet – gemeinsam mit den Befunden zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle – in Kapitel 3.3 (ab S. 73) statt.

3.2 Empirische Befunde zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch naturwissenschaftlichen (Sach-)Unterricht

Die Forschung zum Lehren und Lernen naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen (meist unter dem Stichwort *Nature of Scientific Inquiry* anzutreffen) ist ein – vor allem in Deutschland – noch relativ neues Forschungsfeld (WALPUSKI, 2006). Aus dem englischsprachigen Raum hingegen liegen bereits Publikationen vor, die sich damit auseinandersetzen (NRC, 2008; KLAHR & NIGAM, 2004; BULLOCK & ZIEGLER, 1999; CHEN & KLAHR, 1999). Dabei wird die Entwicklung eines Verständnisses der *Nature of Scientific Inquiry* – und damit einhergehend auch ein Verständnis der Variablenkontrolle⁴ – nicht durch das (Auswendig-)Lernen von Begriffen oder das rezeptartige Lernen einer bestimmten naturwissenschaftlichen Vorgehensweise gefördert, sondern dadurch, dass die Lernenden bewusst und angeleitet in einen naturwissenschaftlichen Prozess einbezogen werden (NRC, 2008). Es stellt sich die Frage, wie genau die Lernenden sinnvoll und effektiv einbezogen werden können, um ein vertieftes Verständnis in diesem Bereich zu entwickeln (HOFSTEIN, 2009).

Wie sollten Lernumgebungen im naturwissenschaftlichen Kontext gestaltet sein, um den Lernenden die aktive Konstruktion von Wissen – im Sinne einer Veränderung vorhandener Vorstellungen – zu ermöglichen? Welche (Unterrichts-)Maßnahmen ha-

⁴Zum Zusammenhang zwischen diesen beiden Bereichen s. Kapitel 2.1 ab S. 6.

ben sich als lernförderlich erwiesen, wenn es darum geht, Grundschülerinnen und -schülern ein Verständnis der Variablenkontrolle näher zu bringen? Zur Beantwortung dieser Fragen werden in den folgenden Kapiteln zunächst empirische Befunde bzgl. der Gestaltung naturwissenschaftlicher Lernumgebungen – im Rahmen der vorliegenden Arbeit vor allem unter dem Fokus offene vs. strukturiert angelegte Lernumgebungen – dargelegt (s. Kapitel 3.2.1 ab S. 58), bevor Forschungsergebnisse speziell im Kontext der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle – in den meisten Studien ein innerer Teil des Wissenschaftsverständnisses bzw. der *Nature of Scientific Inquiry* mit untersucht – präsentiert werden (s. Kapitel 3.2.2 ab S. 62). Ein weiterer in der Forschung im Kontext des Erlernens naturwissenschaftlicher Methoden verorteter Untersuchungsgegenstand ist die Frage danach, ob methodisches Lernen eher implizit oder explizit angelegt sein sollte. Diese Frage ist Inhalt von Kapitel 3.2.3 (ab S. 68).

3.2.1 Gestaltung naturwissenschaftlicher Lernumgebungen

Die Ansätze zur Gestaltung naturwissenschaftlicher Experimentier- bzw. Lernumgebungen unterscheiden sich im Grad ihrer Strukturierung. Dabei können strukturierte Lernumgebungen – mit instruktiven Anteilen – von offen angelegten Experimentierumgebungen – im Sinne des Offenen Experimentierens – unterschieden werden.

Innerhalb der Unterrichtsforschung werden die Chancen des Offenen Experimentierens im Sinne eines offenen Unterrichts vor allem in der Entwicklung nicht-kognitiver Ziele (Selbstständigkeit, Kreativität, Sozialverhalten, Motivation oder Interesse) gesehen. Speziell auf den Sachunterricht bezogene Forschungsbefunde deuten darauf hin, dass eine wesentliche Voraussetzung für Interesse und Motivation auf Seiten der Lernenden das Empfinden von Selbstbestimmung sei und dieses Empfinden durch Formen der Öffnung des Unterrichts unterstützt werden kann (MARTSCHINKE & HARTINGER, 2015; WALDENMAIER et al., 2015).

Vergleichende Studie von Möller et al. (2002) zum Einfluss unterschiedlich stark strukturierter Lernumgebungen auf multikriteriale Zielerreichung

Eine vergleichende Untersuchung zur Analyse der Auswirkungen von Unterricht zum Thema „Schwimmen und Sinken“ auf das Verständnis physikalischer Basiskonzepte und den Erwerb inhaltsübergreifender Kompetenzen bei Grundschulkindern im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms „Bildungsqualität von Schule“ (BiQua) führten MÖLLER et al. durch.

Ziel war es, den Einfluss unterschiedlich starker Strukturierung in konstruktivistisch orientierten Lehr-Lernumgebungen auf eine multikriteriale Zielerreichung im Sachunterricht zu klären. Von besonderem Interesse waren dabei „generelle Effekte auf die leistungsheterogene Gesamtstichprobe der Untersuchung und [...] differentielle Effekte auf leistungsspezifische Subgruppen mit leistungsschwachen und leistungsstarken Kindern.“ (BLUMBERG, 2008, S. 107)

Basierend auf einem **quasi-experimentellen Vergleichsgruppendesign mit Basisgruppe** „wurden vor und nach der Durchführung des Treatments Fragebogenerhebungen zur Erfassung kognitiver sowie motivational-affektiver Dimensionen eingesetzt. Die Erhebungen wurden bei Konstanthaltung der Lehrperson bei einer **Stichprobe** [Hervorhebung durch Verfasserin] von sechs vergleichbaren dritten Klassen – mit einem N von insgesamt 149 – durchgeführt.[...] Zum **Vergleich** [Hervorhebung durch Verfasserin] erhielten dabei jeweils drei Klassen einen schülerorientierten Unterricht mit stärkerer bzw. mit geringerer Strukturierung.“ (BLUMBERG, 2008, S. 111 f.)

Auf Basis der **Ergebnisse** scheint es möglich, dass Grundschulkinder durch einen Unterricht mit stärkerer Strukturierung in einem anspruchsvollen und komplexen Themenbereich wissenschaftlich adäquate Vorstellungen nachhaltig auf- und naive Vorstellungen abbauen, ohne dabei überfordert zu werden. Bei der Bearbeitung der Transferaufgaben als Teil der Postbefragung zeigte sich, dass die stärker strukturierte Gruppe der weniger stark strukturiert unterrichteten Gruppe überlegen war – und beide Experimentalgruppen waren im Vergleich zur Basisgruppe im Gesamtsummenwert besser. (BLUMBERG, MÖLLER & HARDY, 2004; JONEN, MÖLLER & HARDY, 2003; MÖLLER et al., 2002) Zudem zeigte sich, dass die stärker strukturierte Lehr-Lernumgebung der geringer strukturierten Lehr-Lernumgebung bezüglich des Erreichens motivationaler und selbstbezogener Ziele nicht unterlegen war. In Bezug auf die gesamte Stichprobe zeigte sich ein Effekt zugunsten der stärker strukturierten Gruppe (BLUMBERG, MÖLLER & HARDY, 2004). Dabei hat sich eine unterstützende Gesprächsführung und eine Sequenzierung des Unterrichts förderlich gezeigt (MÖLLER, 2007; BLUMBERG, MÖLLER & HARDY, 2004). Innerhalb der Studie wurden anhand der Einschätzung der Klassenlehrperson zum problemlösenden Denken zwei Extremgruppen (leistungsschwacher und leistungsstarker Kinder) gebildet. Beide Gruppen wiesen nach der Intervention einen signifikanten Lernzuwachs auf. Allerdings profitierten die Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Lernvoraussetzungen in der stärker strukturierten Gruppe mehr von dem Unterricht als die leistungsschwachen Kinder in der Gruppe ohne die entsprechende Strukturierung. Kinder mit guten Lernvoraussetzungen hingegen profitierten in beiden Lernsettings

gleichermaßen.

Die Untersuchung liefert Evidenz für die Annahme, dass es möglich zu sein scheint, naturwissenschaftliche Lernumgebungen sowohl strukturiert als auch durch aktive, kooperative und konstruktive Lernmethoden schülerorientiert zu gestalten (BLUMBERG, MÖLLER & HARDY, 2004). Eine multikriteriale Zielerreichung scheint folglich durch einen strukturierten Unterricht möglich zu sein – ohne die Motivation der Schülerinnen und Schüler zu beeinträchtigen. Vor allem der Strukturierung scheint in naturwissenschaftlichen Lernumgebungen eine lernförderliche Rolle zuzukommen – insbesondere mit Blick auf leistungsschwache Schülerinnen und Schüler.

Ländervergleichsstudie PISA 2006 zur Bedeutung der Unterrichtsgestaltung für Kompetenzen und Interessen

Die Bedeutung verschiedener Formen der Unterrichtsgestaltung für die Kompetenzen und Interessen von fünfzehnjährigen Schülerinnen und Schülern in den Naturwissenschaften war im Rahmen des Ländervergleichs von PISA 2006 eine Fragestellung, der mit Hilfe einer Befragung einer **Stichprobe** von insgesamt ca. 40 000 Schülerinnen und Schülern (PRENZEL, 2008) nachgegangen wurde.

So wurde „der naturwissenschaftliche Unterricht in den Ländern Deutschlands aus der Perspektive der Schülerinnen und Schüler untersucht.“ (KOBARG et al., 2008, S. 265) Dazu wurden die **Einschätzungen der Schülerinnen und Schüler** in Bezug auf die Häufigkeit des Vorkommens naturwissenschaftlicher Aktivitäten in ihrem Unterricht, wie z. B. das Planen und Durchführen von Experimenten, mit Hilfe einer latenten Klassenanalyse untersucht.

Dadurch war es als **Ergebnis** möglich, zu zeigen, dass „sich für zentrale Aktivitäten des naturwissenschaftlichen Unterrichts zum Teil erhebliche Unterschiede innerhalb und zwischen den Ländern in Deutschland nachweisen“ (KOBARG et al., 2008, S. 281) lassen. So zeigte sich, „dass Schülerinnen und Schüler, die im Unterricht häufig Gelegenheiten zum eigenständigen Experimentieren und Forschen haben [...], ein hohes Interesse an naturwissenschaftlichen Themen erkennen lassen. Ähnlich hohe Interessenswerte finden sich [...] aber auch für die Schülerinnen und Schüler, die im Unterricht seltener Gelegenheit zum eigenständigen Planen und Durchführen von Experimenten erhalten, aber häufig Schlüsse ziehen, eigene Ideen erklären und Alltagsbezüge herstellen können“ (KOBARG et al., 2008, S. 287). KOBARG et al. (2008) kommen zu dem Schluss, dass die Ergebnisse systematische Zusammenhänge zwischen dem im Unterricht umgesetzten naturwissenschaftlichen Arbeiten und den Kompetenzen und Interessen auf Seiten der Schülerinnen und Schüler andeuten.

Schülerinnen und Schüler, die in ihrem Unterricht alle Aktivitäten des naturwissenschaftlichen Forschens und Experimentierens sehr häufig durchführen, weisen die geringsten Kompetenzwerte in den Naturwissenschaften auf. Liegt der Schwerpunkt im Unterricht hingegen vor allem auf naturwissenschaftlichen Denkprozessen, lassen sich für die Schülerinnen und Schüler die höchsten Kompetenzen in den Naturwissenschaften nachweisen. Ein traditioneller Unterricht, in dem Aktivitäten des naturwissenschaftlichen Experimentierens und Forschens generell selten zu finden sind, geht mit mittleren Kompetenzen für die Schülerinnen und Schüler einher. (KOBARG et al., 2008, S. 292)

Obwohl die Anlage von PISA keine kausalen Rückschlüsse erlaubt, ist dieser Befund eine Evidenz dafür, dass eine gezielte Fokussierung kognitiver Prozesse im naturwissenschaftlichen Unterricht, sich lernförderlich auf den Aufbau naturwissenschaftlicher Kompetenzen auswirkt „ohne dabei notwendigerweise ein vermindertes Interesse an naturwissenschaftlichen Themen zu haben.“ (KOBARG et al., 2008, S. 293)

Prä-Post-Follow-up-Studie von Hof (2011) zu instruktionalen Bedingungen im Kontext des Forschenden Lernens

In einer Studie von HOF (2011) wurden mit dem **Ziel** der Untersuchung, unter welchen instruktionalen Bedingungen Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe 1 durch das offene Konzept des Forschenden Lernens Kompetenzen des Experimentierens erwerben können, drei Gruppen (offen vs. geleitet vs. fragend-entwickelnd) miteinander verglichen.

Die Studie wurde in einem **Prä-Post-Follow-up-Design** in der siebten Jahrgangsstufe durchgeführt.

Die **Stichprobe** von ca. 250 Schülerinnen und Schülern der siebten Klasse erhielten eine Intervention, die aus acht experimentellen Sequenzen im thematischen Kontext der Fotosynthese bestand.

Mit Hilfe von **Kompetenzmessungen beim Experimentieren und einem Wissenstest** im Bereich der Fotosynthese wurde gezeigt, dass die Lernenden zwar im offenen und im geleiteten Unterricht einen Lernzuwachs zeigten, dieser jedoch im geleiteten Unterricht größer ist. Beim Vergleich der beiden Gruppen mit der Gruppe mit fragend-entwickelndem Unterricht schneiden beide Gruppen (offen und geleitet) besser ab.

Die **Befunde** legen die Vermutung nahe, dass eine Lenkung durch die Lehrperson zu größerem Lernerfolg zu führen scheint als offener Unterricht ohne diese Lenkung.

Prä-Post-Studie von Stolz & Erb (2011) zum Einfluss unterschiedlicher Experimentierumgebungen auf den Leistungserwerb und die Motivation

STOLZ & ERB (2011) untersuchten den Einfluss unterschiedlich gestalteter Experimentierumgebungen u. a. auf den Leistungserwerb und die Motivation von Schülerinnen und Schülern.

Die **Stichprobe** bestand aus vier achten Klassen (insgesamt 99 Schülerinnen und Schüler). „Die Schülerinnen und Schüler jeder Klasse wurden dabei zufällig und gleichmäßig auf zwei der vier Treatments verteilt“ (STOLZ & ERB, 2011, S. 2).

Die **vier Treatments** im Kontext des elektrischen Stroms unterschieden sich dabei sowohl im Grad ihrer Offenheit (offener Untersuchungsauftrag vs. Experimentieranleitung) als auch durch die zur Verfügung gestellten Materialien (reales Experimentiermaterial vs. Computersimulation).

Zur Untersuchung des Lernzuwachses wurde ein **Fachwissenstest** vor und nach den Treatments eingesetzt. „Während der Intervention wurden die Schülerinnen und Schüler [mit Hilfe eines **Fragebogens**; Anmerkung der Verfasserin; Hervorhebung durch Verfasserin] zu ihrer Motivation befragt, zum einen direkt vor der eigentlichen Experimentierphase, um ihre aktuelle Motivation [...] zu erfassen, und zum anderen nach dem Experimentieren, um ihre intrinsische Motivation [...] während der Experimente feststellen zu können.“ (STOLZ & ERB, 2011, S. 4)

Als **Ergebnis** fanden STOLZ & ERB heraus, dass „offene Experimentiersituationen zu einem höheren Lernzuwachs führen.“ (2011, S. 5) Dies galt insbesondere für leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler – gemessen an ihrer Leistung im Prä-Fachwissenstest. „Im Hinblick auf die Motivation konnte[] sich die Vermutung[, dass die offene Experimentiersituation einen positiven Einfluss auf die Motivation aller Schülerinnen und Schüler hat; Anmerkung der Verfasserin] nicht bestätigen lassen.“ (2011, S. 6)

Nachdem nun die Studien zur Gestaltung von Lernumgebungen dargestellt wurden, soll im Weiteren der Blick auf unterrichtliche Interventionsmöglichkeiten gelenkt werden.

3.2.2 Einfluss von Interventionen

Im Fokus der vorliegenden Arbeit steht die Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Deshalb stellt sich die Frage, wie die Gestaltung von Lernumgebungen aussieht, die zum Ziel haben, ein Verständnis der Variablenkontrolle zu fördern.

Prä-Post-Studie von Sodian et al. (2002) zu Effekten eines wissenschaftsorientierten Curriculums

Dass eine Verbesserung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch eine Intervention in der Grundschule möglich zu sein scheint, hat sich in einem Forschungsprojekt von SODIAN et al. (2002), dessen Verlauf sich in drei Teilstudien gliederte, gezeigt⁵.

In Studie 1 (**Interventionsstudie**) wurden insgesamt 35 Schülerinnen und Schüler vierter Klassen untersucht.

Ziel war es, das Wissenschaftsverständnis insgesamt, aber auch das Verständnis der Variablenkontrolle beim Experimentieren als einen Teil des Wissenschaftsverständnisses, zu beschreiben und die Effekte eines wissenschaftstheoretischen Curriculums zu prüfen.

Dazu wurden die Kinder auf zwei Gruppen aufgeteilt – eine Trainings- und eine Kontrollklasse (SODIAN et al., 2002). Es handelte sich bei der Studie um ein **Prä-Post-Design**. „In beiden Gruppen wurden im Vor- und Nachtest ein Interview [eine an die Grundschule adaptierte Version des sog. *Nature of Science-Interviews*; Anmerkung der Verfasserin] zum Wissenschaftsverständnis sowie eine Experimentieraufgabe [die sog. *Flugzeugaufgabe* nach BULLOCK & ZIEGLER (1999); Anmerkung der Verfasserin] durchgeführt [...]. Die Trainingsgruppe erhielt im Sachunterricht eine spezielle Unterrichtseinheit über Wissenschaftsverständnis [...], während die Kontrollgruppe in dieser Zeit von ihrem Klassenlehrer entsprechend dem Lehrplan dieser Jahrgangstufe [*sic*] unterrichtet wurde, d.h. ohne eine gezielte Thematisierung von Wissenschaftsverständnis.“ (SODIAN et al., 2002, S. 197) Mit Hilfe der Flugzeugaufgabe wurde das Verständnis der Logik des kontrollierten Experiments mit Variablenkontrolle erfasst. Sie bestand aus drei Teilen (spontaner Vorschlag eines Experiments, Bau von Flugzeugen mit Hilfe von Folien und eine Wahlaufgabe). In der Intervention „wurde zum einen die Logik des Experimentierens, zum anderen auch der kumulativ-zyklische Charakter wissenschaftlichen Arbeitens verdeutlicht.“ (SODIAN et al., 2002, S. 199)

Als **Ergebnis** bzgl. des methodischen Vorgehens hat die Studie 1 zum einen gezeigt, „dass es möglich ist, ein ausführliches halbstandardisiertes Interview zum Wissenschaftsverständnis schon bei älteren Grundschulern einzusetzen.“ (SODIAN

⁵ Einzelne Ergebnisse dieser Studie wurden bereits in Kapitel 3.1.2 (ab S. 55) berichtet. Dabei lag der Schwerpunkt allerdings auf den durch das eingesetzte Interview aufgedeckten Schwierigkeiten im Kontext des Umgangs mit Variablen. In diesem Kapitel stehen die Interventionsstudien im Fokus, da es dabei um eine Intervention u. a. zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle geht.

& THOERMER, 2002, S. 112) Zum anderen konnte „[a]uf Grund der [...] gewonnenen Ergebnisse [...] ein Retest-Effekt des ‚Nature of Science‘-Interviews anhand der Kontrollgruppendaten ausgeschlossen werden“ (GRYGIER, 2008, S. 70). Dazu wurden die Veränderungen innerhalb der Trainingsgruppe über die Messzeitpunkte mit den Veränderungen der Kontrollgruppe verglichen. In der Kontrollgruppe zeigte sich keine Verbesserung. (SODIAN et al., 2002) „Der Anteil der Probanden der Trainingsklasse [...] stieg deutlich an: der Anteil von Niveau 1.5, stieg von ca 10% im Vortest auf 35–55% im Nachtest. [...]. In der Kontrollklasse zeigte sich keine Veränderung gegenüber dem Ausgangsniveau. [...] Dennoch profitierte n]ur etwa die Hälfte der Trainingsklasse [...] von diesem Unterricht; dabei lag die Verbesserung bei durchschnittlich einem halben Niveau.“ (SODIAN et al., 2002, S. 203 f.) Die überwiegende Mehrheit der Schülerinnen und Schüler antwortete im Vortest (Interview und Flugzeugaufgabe) so, dass sich zeigte, dass sie „Experimente [...] als konkrete Aktivitäten ohne Bezug zu einer Theorie, Idee oder Vermutung verstanden, das Sammeln von faktischer Information [...] ebenfalls als konkretes Ziel wissenschaftlicher Arbeit, das nicht in Bezug zur Erklärung von Phänomenen oder zur Prüfung von Hypothesen gebracht wird“ (SODIAN et al., 2002, S. 203), erschien.

Bei einem **Vergleich der Prä- und Postdaten** „zeigte sich ein besonders ausgeprägter Effekt des Unterrichts auf das Verständnis der Logik des Testens“ (SODIAN et al., 2002, S. 204). Dies wurde vor allem dadurch deutlich, dass sich die Trainingsklasse in der Wahl eines kontrollierten Experiments verbesserte. „Auf die Fähigkeit zur ungestützten (spontanen) Produktion eines kontrollierten Experiments“ (SODIAN et al., 2002, S. 204) zeigten sich keine Effekte. SODIAN et al. interpretierten ihre Ergebnisse dahingehend und hoben an ihrer Studie vor allem heraus, dass eine Intervention, die kein spezifisches Strategietraining war, „bereits im Grundschulalter inhaltsunabhängige Effekte auf das Verständnis des Experimentierens zeigt.“ (2002 2002, S. 204)

„In Studie 2 [**Interventionsstudie**; Anmerkung der Verfasserin] wurde das Design modifiziert, um zu überprüfen, ob die neuen physikalischen und biologischen Inhalte und die Einbindung zahlreicher Experimente in den Unterricht bereits einen positiven Effekt auf das epistemologische Verständnis der Schüler haben.“ (GRYGIER, 2008, S. 70) Die in der Kontrollklasse unterrichteten Themen wurden an den erweiterten Unterricht der Trainingsklasse angepasst. Die Kontrollgruppe erhielt weiterhin einen Unterricht ohne „explizite Vermittlung erkenntnis- und wissenschaftstheoretischer Inhalte“, also auch ohne eine Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle.

„In der sich daran anschließenden Studie 3 [**Interventions- und Transferstudie**; Hervorhebung durch Verfasserin] sollten die Vortestergebnisse nach Möglichkeit ein weiteres Mal repliziert und die Ergebnisse der Tests nach den zwei Unterrichtseinheiten erstmals validiert werden. Durch die zusätzlich angehängte Transfereinheit konnten außerdem Daten für die [...] Forschungsfrage erhoben werden, ob ein reflektiertes epistemologisches Verständnis den Erwerb fachinhaltlichen Wissens erleichtert.“ (GRYGIER, 2008, S. 71)

Das **Design der Studie** wurde ergänzt um einen dritten Messzeitpunkt (Prä-Post-Follow-up-Design).

In allen drei Studien zeigte sich das **Ergebnis**, dass sich die Experimentierfähigkeit der Kontrollklasse über die Zeit hinweg nicht verbesserte, wobei die Trainingsklasse vom Prä- zum Posttest eine deutliche Verbesserung zeigte, die im Follow-up-Test erhalten blieb. „Dass dies nicht schlicht auf die Wiederholung strukturell gleicher Aufgaben zurück zu führen war, zeigten die Ergebnisse der Kontrollklasse, bei der nach wie vor der Großteil der Kinder diese Unterscheidung nicht treffen konnte.“ (SODIAN, THOERMER & KOERBER, 2008, S. 34) Eine Analyse von Teilergebnissen aus dem Interview zeigte, dass sich die Leistungen der Schülerinnen und Schüler der Kontrollklasse, also der Gruppe ohne explizite Reflexion der Aktivitäten und Ergebnisse im Unterricht, in den auf das Verständnis des Experiments ausgerichteten Teilen ähnlich verbesserten, wie die der Trainingsklasse. Dieses Ergebnis kann als ein Hinweis darauf gedeutet werden, dass Grundschülerinnen und -schüler ein Verständnis des Experimentierens zwar eigenständig konstruieren zu können scheinen, sie jedoch keine Vorstellung von der Rolle des Experiments im gesamten Forschungsprozess zu entwickeln scheinen (SODIAN et al., 2006). Die Schülerinnen und Schüler der Trainingsgruppe zeigten „im Nachtest vor allem in der *Logik des Testens* [Hervorhebung im Original; deutliche Fortschritte], was sich auch in der *verbesserten Wahl eines kontrollierten Experimentes* [Hervorhebung im Original] bei der Flugzeugaufgabe zeigte.“ (GRYGIER, GÜNTHER & KIRCHER, 2007, S. 7) Sie produzierten nach der Intervention deutlich häufiger ein kontrastives oder kontrolliertes Experiment als die Kinder der Kontrollgruppe (GRYGIER, GÜNTHER & KIRCHER, 2007). Schon relativ kurze Interventionen (in der beschriebenen Studie 1 z. B. fünf (z. T. Doppel-)Stunden) scheinen positive Effekte auf das Verständnis der Variablenkontrolle der Schülerinnen und Schüler zu haben (GRYGIER, 2008).

Interviewstudie von Klahr & Nigam (2004) zur Wirksamkeit direkter Instruktion auf den Erwerb der Variablenkontrollstrategie

KLAHR & NIGAM (2004) führten eine Untersuchung mit dem **Ziel** durch, herauszufinden, ob direkte Instruktion den Erwerb der Variablenkontrollstrategie bei den Lernenden in dritten und vierten Klassen wirksamer fördert als die häufig praktizierte Methode des forschend-entdeckenden Lernens. Dabei stand nicht nur die Anwendung der Variablenkontrollstrategie bei der Entwicklung von Experimenten im Fokus, sondern auch die Bewertung experimenteller Designs.

Untersucht wurde eine **Stichprobe** bestehend aus 112 Dritt- und Viertklässlerinnen und -klässlern.

Die **Erhebungen** fanden zu zwei verschiedenen Zeitpunkten des Lernprozesses – zu Beginn des Wissenserwerbs über den Prozess des Entwickelns und Interpretierens einfacher, unkonfundierter Experimente und während der Übertragung dieses Wissens auf komplexere Kontexte statt.

Es gab insgesamt zwei verschiedene **Bedingungen**. Die Schülerinnen und Schüler wurden zufällig auf zwei Gruppen verteilt – “the direct-instruction condition or the discovery-learning condition“ (KLAHR & NIGAM, 2004, S. 662). Beide Gruppen erhielten eine Einführung in die Experimentieraufgabe (Herausfinden des Einflusses verschiedener Eigenschaften auf die Rollweite einer Kugel) und die dazu notwendigen Materialien. Anschließend fokussierten sich beide Gruppen auf den Einfluss der Steilheit einer Rampe auf die Länge der durch die Kugel zurückgelegten Strecke.

Children in the direct-instruction condition observed as the experimenter designed several additional experiments—some confounded, and some unconfounded [... They were asked] whether or not they thought the design would allow them to ‘tell for sure’ whether a variable had an effect on the outcome. Then the instructor explained why each of the unconfounded experiments uniquely identified the factor that affected the outcome, and why each confounded experiment did not. Children in the discovery condition instead continued to design their own experiments, focused on the same two variables that the direct-instruction children were focusing on, but without any instruction on CVS or any feedback from the experimenter. (KLAHR & NIGAM, 2004, S. 663)

Die direkte Instruktion bestand folglich in der Präsentation gelungener und nicht gelungener Beispiele des Variablenkontrollstrategieeinsatzes und der Erklärung dieser Strategie. Im Sinne des *Scaffoldings* entspricht dieses Vorgehen einem *Modeling*. Diese Instruktion fehlte in der Gruppe des forschend-entdeckenden Lernens.

Anschließend hatten alle Schülerinnen und Schüler die Aufgabe, weitere Experimen-

te zu entwickeln. Zur Untersuchung der Fähigkeit zur Bewertung experimenteller Designs “[a] different experimenter (blind to training condition) asked all children to evaluate two science-fair posters (based on real posters generated by sixth graders from another school) by making comments and suggestions that would help to make the poster ‘good enough to enter in a state-level science fair’.” (KLAHR & NIGAM, 2004, S. 663) In **Einzelinterviews** wurden die Schülerinnen und Schüler dazu aufgefordert, zu den Postern bzgl. der experimentellen Vorgehensweise kritisch Stellung zu beziehen.

Folgende **Ergebnisse** fanden KLAHR & NIGAM (2004) heraus: Die Kinder in der Gruppe mit direkter Instruktion wendeten signifikant häufiger die Variablenkontrollstrategie korrekt an als die Kinder in der forschend-entdeckenden Gruppe und waren in der Entwicklung unkonfundierter Experimente in einfachen Kontexten den Schülerinnen und Schülern der forschend-entdeckenden Gruppe überlegen. In Bezug auf die Transferleistungen (Bewertung der Poster) zeigten die Schülerinnen und Schüler keine Unterschiede.

Beobachtungsstudie von Dean & Kuhn (2006) zum Vergleich zweier Fördersettings

DEAN & KUHN veröffentlichten im Jahr 2006 eine an die Untersuchung von KLAHR & NIGAM (2004) angelehnte Studie zum Vergleich der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch direkte Instruktion mit einer auf eigenes Entdecken ausgelegten Lernumgebung.

Ziel war es zum einen, herauszufinden, wie sich das praktische Handeln – mit oder ohne direkte Instruktion – von der direkten Instruktion ohne praktisches Handeln unterscheidet, und zum anderen, ob sich Unterschiede im Laufe der Zeit bzgl. des Verständnisses der Variablenkontrolle bei den Schülerinnen und Schülern zeigen.

44 Viertklässlerinnen und -klässlern bildeten die untersuchte **Stichprobe**.

Das **methodische Vorgehen** bestand darin, dass sie drei Gruppen über einen Zeitraum von insgesamt zehn Wochen bei der Bearbeitung von Aufgaben im Kontext der Variablenkontrolle nach der jeweiligen Intervention beobachteten. Eine Analyse des Vorwissens anhand eines Prä-Tests fand nicht statt. Die Interventionen unterschieden sich darin, dass eine Gruppe (*practice condition* – eigenes Entdecken) Aufgaben erhielt, bei denen die Variablenkontrollstrategie zur Lösung eingesetzt werden musste, eine weitere Gruppe erhielt eine direkte Instruktion zur Variablenkontrollstrategie (*direct instruction*) und eine dritte Gruppe erhielt als Treatment eine Kombination der beiden anderen Gruppen (*direct instruction plus practice*). Die Befragungen fan-

den zu insgesamt vier verschiedenen Zeitpunkten computerbasiert statt (eine Woche nach der Intervention zwei Zeitpunkte (Post- und Transfer-Test) sowie sieben Wochen nach der Intervention zwei weitere Erhebungen (weiterer Post- und weiterer Transfer-Test)).

“The present **results** [Hervorhebung durch Verfasserin] replicate Klahr and Nigam’s (2004) finding that among children of this age, brief direct instruction is capable of producing a significant level of correct performance with respect to the control of variables strategy, immediately following instruction.“ (DEAN & KUHN, 2006, S. 394) Die Auswertung der Transfertestes zeigte, dass “[e]xamined over a longer time frame, however, our results indicate that direct instruction is neither necessary nor sufficient to accomplish this goal. [...] DI [direct instruction; Anmerkung der Verfasserin], then, has yielded no long-term advantage. The modest improvement over time shown by the DI group suggests that, rather than DI, it is the engagement with the assessment tasks that functions as a form of practice that contributes to improvement of performance“ (DEAN & KUHN, 2006, S. 394 f.). Zu bedenken ist bei diesen Befunden jedoch, dass “[s]tudents in the two practice conditions spent much greater ‘time on task’ than those in the direct instruction condition.“ (DEAN & KUHN, 2006, S. 395)

Im Folgenden soll spezieller verglichen werden, welche unterrichtliche Erarbeitungsart für Schülerinnen und Schüler besonders gewinnbringend sein kann.

3.2.3 Implizite vs. explizite Erarbeitung naturwissenschaftlicher Methoden im Sachunterricht

Eine besonders im Bereich des Erwerbs und Verständnisses naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen geführte Diskussion bezieht sich auf die explizite vs. implizite Behandlung ebendieser Methoden. Deshalb wird an dieser Stelle kurz erläutert, was genau mit den beiden Begriffen (implizit und explizit) gemeint ist. So können die im Folgenden präsentierten Befunde besser eingeordnet werden.

Mit der Forderung nach einer Wissenschaftsorientierung in der Grundschule sind bereits in den 1970-er Jahren immer mehr Curricula (z. B. SCIS – **S**cience **C**urriculum **I**mprovement **S**tudy und S-APA – **S**cience – **A** **P**rocess **A**pproach⁶), entstanden, die auf der Annahme basieren, dass Lernende ein Verständnis naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen dann entwickeln, wenn sie die Methoden durchführen (*doing science* bzw. sog. *hands-on-activities*). Wissenschafts- und Me-

⁶Beide amerikanischen Ansätze dienten als Anregungen für im deutschen Raum entwickelte Curricula (THOMAS, 2015; TÜTKEN, 1979; TÜTKEN, 1977; SPRECKELSEN, 1971).

thodenverständnis wird als eine Art „Einstellung [...] gegenüber Wissenschaft [...] aufgefasst, die] erworben [wird], indem man sich mit Wissenschaft beschäftigt und wissenschaftliche Arbeitsweisen ausführt. So kann man durch eigene Erfahrungen ein ‚Gefühl‘ für die Natur der Naturwissenschaften entwickeln.“ (GÜNTHER, 2006, S. 92) Dieser Ansatz wird als *implizit* bezeichnet, weil davon ausgegangen wird, dass allein die Einbindung von Lernenden in naturwissenschaftliche Vorgehensweisen, also das Durchführen naturwissenschaftlicher Methoden, dazu führt, dass die Lernenden ein konzeptuelles Verständnis dieser Vorgehensweisen entwickeln. Entstanden ist dieser Ansatz als Reaktion auf die bis dato weit verbreitete traditionelle naturwissenschaftliche Instruktion, die stark an Schulbüchern orientiert war und häufig als *cook book-lesson* bezeichnet wird. „Interventionen sind dann als implizit zu bezeichnen, wenn nicht oder nur in geringem Umfang durch gezielte Wissensvermittlung oder in Diskussionen auf Aspekte von Wissenschaftsverständnis eingegangen wird.“ (GÜNTHER, 2006, S. 90)

Neben dem impliziten Ansatz gibt es einen *expliziten* Ansatz zur Förderung eines Verständnisses naturwissenschaftlicher Methoden. “It is important to note that ‘explicit’ is not synonymous with ‘direct’ instruction. In this sense, ‘explicit’ refers to instructional approaches that make aspects of nature of science visible in the classroom.” (LEDERMAN, 2006, S. 5) „Aus der Sichtweise *expliziter* [Hervorhebung im Original] Wissensvermittlung ist ein adäquates Wissenschaftsverständnis [...] als Lernleistung [...] zu bewerten [...] und] muss aus dieser Sicht explizit als theoretisches Hintergrundwissen erlernt werden.“ (GÜNTHER, 2006, S. 92 f.) CHEN & KLAHR beschreiben in ihrer Studie die beiden Ansätze zusammengefasst wie folgt:

explicit [Hervorhebung im Original] training (using examples and direct instruction to teach the general strategy) and *implicit* [Hervorhebung im Original] training via probes (providing systematic questions following children’s activities) in hands-on experimentation in which extensive and repeated opportunities to use the strategy were provided. (1999, S. 1099)

Trainingsstudie von Chen & Klahr (1999) zur Förderung der Variablenkontrollstrategie

Eine für den Grundschulbereich relevante Studie zum Vergleich impliziter mit expliziter Förderung führten CHEN & KLAHR (1999) durch. Dabei lag der Fokus auf der Förderung der Anwendung und Übertragung der Variablenkontrollstrategie auf andere Kontexte. Untersucht wurde eine **Stichprobe** von 87 Schülerinnen und Schülern im Alter von 7 bis 10 Jahren.

Die durchgeführte **Studie** bestand aus zwei Teilen. In der ersten Teilstudie ging es um das Entwickeln von Experimenten mit Hilfe der Variablenkontrollstrategie zur Überprüfung des Einflusses verschiedener Variablen (*Hands-On Study*), z. B. der Einfluss des Untergrunds (glatt oder rauh) auf die Rollweite einer Kugel, in verschiedenen Kontexten, z. B. Reibung. Der zweite Teil bestand aus einer schriftlichen Befragung sieben Monate nach der ersten Teilstudie, in der es um die Übertragung der Variablenkontrollstrategie auf andere Experimente ging. Die Aufgaben unterschieden sich in wesentlichen Aspekten, einschließlich kontextabhängiger Unterschiede (“different ‘experimenters’ and different settings in which tests were administered [...], different formats: hands-on versus pencil and paper; strategy generating versus evaluating and different content: mechanical versus other types of problems“ (CHEN & KLAHR, 1999, S. 1101)). Die Schülerinnen und Schüler wurden in drei Gruppen eingeteilt und erhielten je nach Gruppenzugehörigkeit verschiedene Trainings bzgl. der Variablenkontrollstrategie.

Conditions differed in whether children received explicit instruction in CVS⁷; [Anmerkung der Verfasserin], and whether they received systematic probe questions concerning why they designed the tests as they did and what they learned from the tests. [...] In the no Training-Probe condition, children received no explicit training, but they did receive the same series of probe questions surrounding each comparison as were used in the Training-Probe condition. Children in the No Training-No Probe condition received neither training nor probes. (CHEN & KLAHR, 1999, S. 1101)

Die **Ergebnisse** dieser Trainingsstudie haben gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler der dritten und vierten Klasse beim Experimentieren bessere Leistungen zeigen als Schülerinnen und Schüler der ersten und zweiten Klasse. Für die positive Entwicklung in den Experimentierfähigkeiten war ein Treatment notwendig, das genau diese Fähigkeiten explizit gefördert hat. Ein explizites Training der Variablenkontrollstrategie beim Experimentieren scheint zwar effektiv, aber die Schülerinnen und Schüler entwickelten ein Verständnis der Variablenkontrolle nur allmählich und griffen in manchen Situationen auf ineffektive Experimentierstrategien zurück. Eine explizite Instruktion bei dieser Studie in Form eines Strategietrainings (*skill training*) unterstützte die beständige Verwendung der Variablenkontrollstrategie beim Experimentieren – im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen ohne explizites Training.

⁷CVS steht für **control-of-variables strategy**.

Forschungsüberblick von Klahr, Zimmerman & Jirout (2011) zu Interventionsstudien zum wissenschaftlichen Denken

KLAHR, ZIMMERMAN & JIROUT legten 2011 einen Überblick über die aktuelle Forschungslage zu Interventionsstudien zur Förderung des wissenschaftlichen Denkens von Kindern vor.

Ihr **Ziel** war es, u. a. aktuelle Untersuchungen zu betrachten, um herauszufinden, wie Kinder vom Kindergartenalter bis zur Sekundarstufe 1 durch Unterricht im Verständnis der Variablenkontrolle gefördert werden können.

Sie kamen in ihrem Überblick zu dem **Ergebnis**, dass ein wesentliches Merkmal zum erfolgreichen Lernen der Variablenkontrollstrategie umfangreiches *Scaffolding* im Sinne eines *guided instruction*-Ansatzes zu sein scheint. Kinder in offen angelegten Lernumgebungen – ohne explizite Instruktion – benötigen mehr Zeit beim Erlernen der Variablenkontrollstrategie und sind Kindern aus Lernsettings mit expliziter Instruktion in Bezug auf ihre Transferleistung unterlegen. (KLAHR, ZIMMERMAN & JIROUT, 2011)

Metaanalyse von Schwartz & Crawford (2006) zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle

Darüber hinaus gibt es für den Sekundarbereich Studien, die untersuchen, wie die Förderung des Verständnisses naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen (*Nature of Scientific Inquiry* als Teil einer *Nature of Science*) gelingen kann. Über diese Studien existieren mehrere Überblicksartikel bzw. Analysen zur Identifikation besonders geeigneter Elemente. Auf einzelne Aspekte, die für die vorliegende Arbeit, in der der Fokus auf der Grundschule liegt, relevant sind, wird an dieser Stelle genauer eingegangen.

Ein Vergleich der beiden Positionen – implizit vs. explizit –, wie ihn z. B. SCHWARTZ & CRAWFORD (2006) in ihrer Analyse der aktuellen Literatur bzgl. der Forschungen zur Förderung des Verständnisses der *Nature of Science* und der *Nature of Scientific Inquiry* **zur Identifikation relevanter Elemente** für die erfolgreiche Förderung in diesem Bereich vorlegten, deutet darauf hin, dass beide Ansätze nicht besonders gut geeignet scheinen, Lernende bei der Entwicklung eines konzeptuellen Verständnisses naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen zu unterstützen.

SCHWARTZ & CRAWFORD kommen zu dem **Schluss**, dass “[i]n fact, neither approach was particularly effective in enhancing students’ views. [... T]he solution isn’t as simple as inquiry-based vs. cook-book style.” (SCHWARTZ & CRAWFORD,

2006, S. 334) Basierend auf ihrer Analyse lassen sich laut SCHWARTZ & CRAWFORD (2006) zusammenfassend folgende Elemente auflisten, die für die Effektivität naturwissenschaftlicher Lernumgebungen zur Förderung eines Verständnisses der *Nature of Science* und der *Nature of Scientific Inquiry* – hier unter dem Fokus auf naturwissenschaftliche Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen –, relevant zu sein scheinen:

1. Naturwissenschaftliche Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen sollten wie ein Inhalt behandelt werden. Dabei reicht es nicht aus, den Lernenden handelnd Erfahrungen in diesem Bereich, z. B. durch die Durchführung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen, zu ermöglichen. Erst durch die explizite und reflektierende Behandlung können die Lernenden wissenschaftlich adäquate Vorstellungen aufbauen bzw. (weiter-)entwickeln.
2. Die Lehrpersonen sollten die Schülerinnen und Schüler bei der Reflexion unterstützen. Dabei stellt das Reflektieren eine metakognitive Handlung und Fähigkeit dar, die den Lernenden dabei hilft, Vorstellungen zu entwickeln und ein tieferes Verständnis aufzubauen. Dazu gehört ein durch die Lehrperson angeregter reflektierender Blick auf die im Unterricht durchgeführten Handlungen.
3. Es sollte ein Verständnis, dass naturwissenschaftliche Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen nicht einfach nur durchgeführt werden oder Mittel zum Zweck sind, gefördert werden. Es geht bei der Förderung des Verständnisses naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen um ein Gesamtverständnis dieser Handlungen im Kontext der Naturwissenschaften.

Review von Abd-El-Khalick & Lederman (2000) zu Trainingsstudien im Bereich *Nature of Science* und *Nature of Scientific Inquiry*

ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN (2000) kommen in ihrem **Review verschiedener Trainingsstudien**, die sich auf die Vorstellungen von angehenden Lehrerinnen und Lehrern im Bereich *Nature of Science* sowie *Nature of Scientific Inquiry* und deren Entwicklung durch Interventionen (implizit vs. explizit) beziehen, zu der Schlussfolgerung, dass explizite Ansätze aufgrund der größeren produzierten Effekte effektiver zu sein scheinen.

Der Artikel von ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN (2000) wird häufig als Grundlage zur eigenen Untersuchung der Förderung eines Verständnisses der Natur der Naturwissenschaften sowie eines Verständnisses naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen angeführt. So auch bei GÜNTHER (2006). Aus der Analyse von ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN (2000) zieht GÜNTHER folgenden Schluss: Die **Ergebnisse** der meisten Studien seien nicht eindeutig interpretierbar, da „kein

adäquates Wissens [*sic*] über die Natur der Naturwissenschaften vermittelt wurde. [...] Aus ihrer Sicht ist somit die Integration beider Ansätze grundlegend für eine erfolgreiche Vermittlung von Wissenschaftsverständnis.“ (2006, S. 93) Dabei bezieht sich das Konzept „Wissenschaftsverständnis“ ebenfalls auf ein Verständnis naturwissenschaftlicher Methoden, wie z. B. dem Experiment.

3.3 Zusammenfassende Betrachtung der empirischen Befunde zum Verständnis der Variablenkontrolle und zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle

Insgesamt weisen die präsentierten Befunde⁸ darauf hin, dass die bislang stark an der Piaget’schen Tradition zur Entwicklung des Denkens von Kindern orientierte eher pessimistische Sichtweise heute revidiert werden muss. „Zieht man die neuere entwicklungspsychologische Literatur zu den Vorläufern des wissenschaftlichen Denkens im Grundschulalter heran [...], so zeigt sich [...], dass in unterstützenden Aufgaben-Kontexten bereits ältere Grundschüler [...] ein Grundverständnis der Logik der Hypothesenprüfung zeigen.“ (GÜNTHER, 2006, S. 52) „Insgesamt deuten die Befunde [...] darauf hin, dass Kinder die Logik der Hypothesenprüfung weit früher verstehen können als traditionell angenommen wurde, dass sie jedoch Strategien des Testens, deren Nutzen sie verstehen können, spontan nicht anwenden. Eine mögliche Ursache für dieses ‚Produktionsdefizit‘ liegt in mangelndem metatheoretischem Verständnis des wissenschaftlichen Erkenntnisprozess.“ (BULLOCK & SODIAN, 2003, S. 81) Solche Defizite scheinen jedoch – anders als bisher angenommen – nicht auf entwicklungspsychologischen Einschränkungen zu beruhen, sondern darauf, dass sich ein Verständnis der experimentellen Methode erst entwickelt (HAMMANN, 2004). Bereits im Grundschulalter verfügen Kinder über wichtige Einsichten in Bezug auf das Experimentieren (SODIAN, THOERMER & KOERBER, 2008).

Die Ergebnisse⁹ von KOERBER et al. (2011), CHEN & KLAHR (1999), DRIVER et al. (1996) und SCHAUBLE (1996) zeigen, dass sich das Verständnis eines Experiments bzw. der Variablenkontrolle mit zunehmendem Alter bzw. Experimentier-Erfahrung verbessert, wobei die individuellen Unterschiede konstant bleiben. KOERBER et al. (2011) konnten Evidenz dafür finden, dass sich zum Ende der Grundschulzeit bei den Schülerinnen und Schülern ein beginnendes Verständnis des Experimentierens

⁸Eine Zusammenfassung der empirischen Befunde zum Verständnis der Variablenkontrolle kann der Tabelle (s. Anlage A.1 im Anhang ab S. 263) entnommen werden.

⁹Die empirischen Befunde zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle können zusammengefasst der Tabelle (s. Anlage A.2 ab S. 268) entnommen werden.

zeigt. Dies deckt sich mit dem Ergebnis von SODIAN & THOERMER (2002), dass Schülerinnen und Schüler der vierten Klasse ein oberflächliches Verständnis eines Experiments haben. So hat sich – anders als lange Zeit angenommen – herauskristallisiert, dass bereits Grundschülerinnen und -schüler in der Lage sind, wesentliche Merkmale des Experimentierens zu verstehen. Gleichzeitig hat sich gezeigt, dass Grundschulkinder ein teilweise inadäquates Verständnis der Variablenkontrolle aufweisen, was (fälschlicherweise) dazu geführt haben könnte, dass ihre Fähigkeiten in diesem Bereich viele Jahre systematisch unterschätzt wurden. Folglich scheint es sinnvoll zu sein, mit der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle, wie in der vorliegenden Arbeit durchgeführt, in der dritten Klasse zu beginnen, da das Verständnis der Variablenkontrolle in diesem Zeitraum innerhalb der Zone der nächsten Entwicklung (s. Kapitel 2.4.2 ab S. 33) zu liegen scheint.

Insgesamt deuten die präsentierten Ergebnisse darauf hin, dass das Verständnis der Variablenkontrolle bereits in der Grundschule durch gezielte, kurze Interventionen gefördert werden kann (GRYGIER, 2008; DEAN & KUHN, 2006; SODIAN et al., 2002). Eine positive Entwicklung in dieser Fähigkeit setzt laut CHEN & KLAHR (1999) ein explizites Treatment zur Förderung der Variablenkontrollstrategie voraus. So unterstützt eine Instruktion in Form eines Strategietrainings die beständige Verwendung der Variablenkontrollstrategie beim Experimentieren (CHEN & KLAHR, 1999).

Die Ergebnisse, dass nicht nur reine Strategietrainings, sondern auch Interventionen eingebettet in einen thematischen Kontext, ein inhaltsunabhängiges Verständnis der Variablenkontrolle ab der dritten Klasse fördern können (GRYGIER, GÜNTHER & KIRCHER, 2007; SODIAN et al., 2002; SCHAUBLE, 1996), sind ein Hinweis darauf, dass das prozess- und inhaltsbezogene Lernen im Sachunterricht miteinander verknüpft werden können. Aus beiden Studien gibt es Hinweise darauf, dass der Erwerb domänenübergreifender Methodenkompetenzen, wie es beim Verständnis der Variablenkontrolle der Fall ist, den Erwerb domänenspezifischen naturwissenschaftlichen Wissens erleichtern kann, was gleichzeitig auf die wichtige Bedeutung der Behandlung des Verständnisses der Variablenkontrolle im Rahmen des naturwissenschaftlichen Lernens hindeutet.

Die Ergebnisse von SODIAN et al. (2006) deuten jedoch – anders als die Ergebnisse von SCHAUBLE (1996) – darauf hin, dass das Wissenschaftsverständnis, was auch das Wissen über naturwissenschaftliche Methoden einschließt, keinen Einfluss auf inhaltliches Wissen zu haben scheint. In Bezug auf langfristiges inhaltliches Lernen scheint ein Aufbau des Wissenschaftsverständnisses wiederum Vorteile zu haben (SODIAN et al., 2006).

Im Fokus der vorliegenden Arbeit ist das Verständnis der Variablenkontrolle als ein Teil der naturwissenschaftlichen Denk-, Arbeits- und Handlungsweise des Experimentierens bzw. als ein Teil einer *Nature of Scientific Inquiry*. Inhaltliches Lernen zum Thema „Magnetismus“ findet zwar in der Intervention durch die Einbettung der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle in diesen Kontext statt, wird allerdings in der vorliegenden Arbeit nicht weiter berücksichtigt. Dennoch scheint eine inhaltliche Einbettung – in Abgrenzung zu einem reinen Strategietraining – vor allem vor dem Hintergrund der Ergebnisse von SODIAN et al. (2006) und SCHAU-
BLE (1996) sinnvoll zu sein, um neben dem Verständnis der Variablenkontrolle das langfristige inhaltliche Lernen im naturwissenschaftlichen Bereich zu fördern.

Eine Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle erfordert eine Berücksichtigung der individuellen Vorstellungen und Lernvoraussetzungen der Lernenden. Dazu gehört zum einen, dass davon ausgegangen werden kann, dass bereits Erst- und Zweitklässlerinnen und -klässler zwischen konklusiven und inkonklusiven Tests – insbesondere der Hypothesenprüfung und Effektproduktion – unterscheiden können (SODIAN, ZAITCHIK & CAREY, 1991). Außerdem fällt Grundschulkindern die spontane Produktion von kontrollierten Experimenten schwer und die Fähigkeit, Experimente zu bewerten, scheint der Fähigkeit, selbst (spontan) kontrollierte Experimente zu entwickeln vorzuzugehen (BULLOCK & SODIAN, 2003; BULLOCK & ZIEGLER, 1999). All diese Aspekte sind bei der Konzeptualisierung des Verständnisses der Variablenkontrolle, die der vorliegenden Arbeit zugrunde liegt (s. Kapitel 2.2.5 ab S. 25), und der Entwicklung des Paper-Pencil-Tests (s. Kapitel 5.3 ab S. 102) berücksichtigt worden. Zum anderen beinhaltet eine Berücksichtigung der individuellen Vorstellungen und Lernvoraussetzungen ein Wissen darum, dass der unsystematische Umgang mit Variablen eine der wichtigsten Fehlerquellen beim Experimentieren ist und insbesondere die Konstanthaltung der Kontrollvariablen Schülerinnen und Schülern schwerfällt (HAMMANN et al., 2006). Dies deckt sich mit dem Ergebnis von SODIAN & THOERMER (2002), die zeigen konnten, dass Schülerinnen und Schüler der vierten Klasse zwar bereits ein oberflächliches Verständnis eines Experiments haben und um die Notwendigkeit einer Kontrollgruppe wissen, ihnen allerdings das Verständnis fehlt, dass eine Kontrollgruppe zum Vergleich dient und dass die Variablenkontrolle bei einem Experiment notwendig ist. Der systematische Umgang mit Variablen und die Konstanthaltung der Kontrollvariablen muss folglich gefördert werden.

Ein wesentliches Merkmal zum erfolgreichen Lernen der Variablenkontrollstrategie scheinen lernunterstützende Maßnahmen im Sinne des *Scaffoldings* zu sein. Dies deuten die Ergebnisse von KLAHR, ZIMMERMAN & JIROUT (2011) und HOF (2011;

BLUMBERG, 2008; KOBARG et al., 2008; PRENZEL, 2008; BLUMBERG, MÖLLER & HARDY, 2004; JONEN, MÖLLER & HARDY, 2003; MÖLLER et al., 2002) an. Beim nachhaltigen Aufbau wissenschaftlich adäquater Vorstellungen und Abbau naiver Vorstellungen bei Grundschulkindern hat sich eine unterstützende Gesprächsführung förderlich gezeigt – besonders bei Schülerinnen und Schülern mit ungünstigen Lernvoraussetzungen. Sie konnten außerdem zeigen, dass eine Lenkung durch die Lehrperson zu größerem Lernerfolg führt und dass unsystematische Gelegenheiten zum Experimentieren im Unterricht nicht unbedingt die naturwissenschaftlichen Kompetenzen fördern. Stärker kognitiv fokussierender Unterricht hingegen scheint zu einem effektiveren Kompetenzaufbau zu führen. Auf der anderen Seite zeigt sich in den Untersuchungen von STOLZ & ERB (2011) und SCHWARTZ & CRAWFORD (2006), dass kein in den Studien durchgeführter Ansatz als besonders lernförderlich – im Vergleich zu den anderen Ansätzen – angesehen werden kann und offene Experimentiersituationen zu einem höheren inhaltlichen Lernzuwachs, insbesondere für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler zu führen scheinen. Somit stellt sich die Frage, was innerhalb der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle ein lernförderliches Merkmal ist. Die Schülerinnen und Schüler scheinen erst durch die explizite und reflektierende Behandlung naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen im Unterricht wissenschaftlich adäquate Vorstellungen in diesem Bereich aufbauen bzw. (weiter-)entwickeln zu können. Die Unterstützung reflexiver Prozesse durch die Lehrperson und die Förderung eines Verständnisses der naturwissenschaftlichen Methoden im Gesamtkontext der Naturwissenschaften scheinen wichtig zu sein (SCHWARTZ & CRAWFORD, 2006).

Befunde deuten auf eine hohe Wirksamkeit eines durch die Lehrperson geleiteten Unterrichts hin, der jedoch keinesfalls mit monotonem Frontalunterricht gleichzusetzen ist. DITTON (2009) spricht hier von einem „kontrollintensiven Unterricht mit hoher Lehrstoffrelevanz und Verständlichkeit bei insgesamt reduzierten, aber durchaus vorhanden Freiheitsgraden für Eigenaktivitäten der Schüler.“ (DITTON, 2009, S. 181) Dabei ist die „Strukturierung einer Lernumgebung, welche vielfältige und individuelle Explorationsmöglichkeiten sowie Formen eines dialogischen Lernens ermöglicht, [...] also eine wichtige Voraussetzung für verstehensorientierte Lernprozesse“ (NIESSELER, 2015, S. 103).

In der deutschsprachigen Forschung herrscht innerhalb der Sachunterrichtsdidaktik basierend auf den präsentierten Ergebnissen noch Unklarheit darüber, welcher lernunterstützenden Maßnahme im Kontext des Verständnisses der Variablenkontrolle eine lernförderliche Wirkung zuzukommen scheint. Besonders die Studie von KLAHR & NIGAM (2004) legt die Vermutung nahe, dass im Bereich der Förderung

des Verständnisses der Variablenkontrolle dem *Modeling* eine Funktion zukommen könnte. Anders als bei KLAHR & NIGAM (2004), deren Ergebnisse zeigen, dass direkte Instruktion dazu führt, dass Schülerinnen und Schüler signifikant häufiger die Variablenkontrollstrategie korrekt anwenden als Kinder, die forschend-entdeckend unterrichtet wurden, scheint auf Basis der Befunde von DEAN & KUHN (2006) direkte Instruktion weder notwendig noch hinreichend für das Abschneiden von Schülerinnen und Schülern in Tests zum Verständnis der Variablenkontrolle nach einer Intervention zu sein. Dies gilt es aufgrund des aufgedeckten Forschungsdesiderats weiter zu untersuchen.

Das *Modeling* scheint außerdem besonders geeignet zu sein, ein Verständnis der Variablenkontrolle zu fördern, da Vorstellungen am besten durch explizite, reflexive Instruktion im Gegensatz zu impliziten Ansätzen, bei denen *doing science* im Vordergrund steht, gelernt werden zu scheinen (ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN, 2000). Zudem geht es beim *Modeling* darum, den Lernenden einen fortgeschrittenen Lösungsansatz zu präsentieren, der eine Idealisierung des Vorgehens und Erläuterungen beinhaltet und sie aber auch dazu anzuregen, dieses Vorgehen zu reflektieren und kritisch zu hinterfragen. Dies bietet sich vor allem im Kontext des Verständnisses der Variablenkontrolle an. So kann der systematische Umgang mit Variablen und insbesondere die Konstanthaltung der Kontrollvariablen bewusst thematisiert werden. Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Studie auf eine *Conceptual Change*-fördernde Maßnahme im Sinne des *Scaffoldings* fokussiert – und zwar die des *Modelings*. Dabei ist die Frage nach einem ausbalancierten Verhältnis zwischen Lernunterstützung (explizite Förderung) und selbstregulierten Prozessen der Lernenden (implizite Förderung), vor allem mit Blick auf die heterogenen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler und der heute geforderten multikriterialen Zielerreichung, ein aktuelles Forschungsgebiet (MÖLLER, HARDY & LANGE, 2012).

Beide Ansätze – implizite und explizite – scheinen wichtig zu sein. Aus dem Review von ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN (2000) kann ein Plädoyer dafür abgeleitet werden, dass es sinnvoll zu sein scheint, explizite und implizite Anteile zu kombinieren.

Die präsentierten Befunde decken sich sowohl mit der Diskussion zum *Guided Scientific Inquiry Teaching* (FURTAK, 2006), in der betont wird, dass Lernende beim Erproben naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen von einem höheren Ausmaß an Unterstützung durch die Lehrperson profitieren (KOBARG et al., 2008) als auch mit der für den Grundschulbereich besonders relevanten Diskussion in der Sachunterrichtsdidaktik, in der davon ausgegangen wird, dass es nicht per

se zielführend ist, dass die Lernenden möglichst aktiv am (naturwissenschaftlichen) Unterricht beteiligt werden. „Hands-on'-Aktivitäten reichen nicht aus, der Unterricht sollte zu ‚Minds-on'-Aktivitäten vorstoßen.“ (EINSIEDLER, 2015, S. 391) Die Förderung des Interesses durch das gelegentliche Erproben naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen scheint somit nicht unbedingt mit einem besseren Lernen einherzugehen.

Die Befunde in Bezug auf die Motivation sind uneindeutig. So fanden KOBARG et al. (2008) und PRENZEL (2008) heraus, dass unsystematische Gelegenheiten zum Experimentieren im Unterricht zwar das Interesse der Schülerinnen und Schüler fördern, jedoch nicht unbedingt die naturwissenschaftlichen Kompetenzen. Stärker kognitiv fokussierender Unterricht hingegen führt zu einem effektiveren Kompetenzaufbau, ohne das Interesse der Schülerinnen und Schüler negativ zu beeinflussen. Dieser Befund deckt sich nicht mit dem von MÖLLER et al. (2002), JONEN, MÖLLER & HARDY (2003), BLUMBERG, MÖLLER & HARDY (2004) und BLUMBERG (2008). In ihrer Untersuchung war die Motivation der Schülerinnen und Schüler in der stärker strukturiert unterrichteten Gruppe höher als die der Schülerinnen und Schüler in der weniger strukturiert unterrichteten Gruppe. In der Untersuchung von STOLZ & ERB (2011) hatte die offene Experimentiersituation keinen positiven Einfluss auf die Motivation der Schülerinnen und Schüler. Noch offen scheint also zu sein, ob eine multikriteriale Zielerreichung im Kontext des Verständnisses der Variablenkontrolle durch eine Förderung im Sinne des *Modelings* möglich ist.

Die präsentierten Befunde der Unterrichtsforschung beziehen sich alle auf die Gestaltung naturwissenschaftlicher Lernumgebungen ganz allgemein – sowohl im Primar- als auch im Sekundarbereich – und legen die Vermutung nahe, dass Lernumgebungen mit strukturierter Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Bereich sowohl im Primar- als auch im Sekundarbereich offen angelegten Lernumgebungen überlegen zu sein scheinen (MÖLLER et al., 2002; BLUMBERG, MÖLLER & HARDY, 2004; KOBARG et al., 2008; HOF, 2011) und sich diese Überlegenheit vor allem in den Ergebnissen der leistungsschwächeren Schülerinnen und Schüler zeigt (MÖLLER et al., 2002; BLUMBERG, MÖLLER & HARDY, 2004). Dabei geht die Lernunterstützung durch Strukturierung von Lernumgebungen – anders als häufig angenommen (STOLZ & ERB, 2011) – nicht mit einem negativen Einfluss auf die Motivation seitens der Schülerinnen und Schüler einher (BLUMBERG, MÖLLER & HARDY, 2004; KOBARG et al., 2008; STOLZ & ERB, 2011). Aufgrund der Befundlage, die sich in den meisten Fällen – eine Ausnahme bildet die Studie von MÖLLER et al. (2002), bei der der Fokus auf der strukturierten Lernunterstützung durch Sequenzierung der Lerninhalte liegt – auf Sekundarstufenschülerinnen und -schüler bezieht, wie es bei KOBARG

et al. (2008), HOF (2011) und STOLZ & ERB (2011) der Fall ist, ist nicht klar, inwieweit die präsentierten Ergebnisse auf Schülerinnen und Schüler der Grundschule zutreffen, sodass eine Untersuchung im Primarbereich mit dem Fokus auf eine lernunterstützende Maßnahme im Sinne des *Scaffoldings* – hier das *Modeling*¹⁰ – als sinnvoll und aufschlussreich eingeschätzt werden kann.

Neben den inhaltlichen Schlussfolgerungen gibt es weitere Implikationen für die eigene und weitere Forschung auf methodischer Ebene. Diese werden nun präsentiert.

3.4 Implikationen für die eigene Untersuchung

Die Forschung zur Gestaltung naturwissenschaftlicher Lernumgebungen zeigt, dass sowohl das methodische Vorgehen bei den Studien als auch die daraus resultierenden Ergebnisse sehr verschieden sind. Aus diesem Grund sollen aus den vorhandenen Untersuchungen Implikationen für die weitere Forschung abgeleitet werden, die sich vor allem auf die Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle beziehen. Die Erhebung des Verständnisses der Variablenkontrolle als eine wesentliche Kompetenz im Rahmen des Experimentierens stellt für die Entwicklung valider Testverfahren eine große Herausforderung dar.

KOERBER et al. (2011) haben herausgefunden, dass das Verständnis der Variablenkontrolle kontextabhängig ist. Aus diesem Grund wird das Verständnis der Variablenkontrolle im Paper-Pencil-Test in unterschiedlichen Kontexten erfasst.

SODIAN & THOERMER (2002) deckten in ihrer Studie durch die Einforderung von Begründungen der Schülerinnen und Schüler auf, dass sie zwar richtig angegeben haben, dass eine Kontrollgruppe bei einem Experiment notwendig ist, die Notwendigkeit allerdings dadurch begründet haben, dass sie mit einer Kontrollgruppe noch mehr Daten erfassen können – und nicht mit dem eigentlichen Sinn einer Kontrollgruppe. Aus diesem Grund werden in der vorliegenden Untersuchung von den Schülerinnen und Schülern im Paper-Pencil-Test Begründungen eingefordert, um Aufschlüsse darüber zu erhalten, welche Vorstellungen hinter den Antworten der Schülerinnen und Schüler liegen.

Ein Kritikpunkt an der Studie von DEAN & KUHN (2006) ist, dass sie *time on task* in den Gruppen nicht konstant gehalten haben. Zudem wurden keine Prä-Daten erfasst, sodass ein Vergleich von prä und post nicht möglich war. Diesen Punkten wird in der vorliegenden Studie dadurch begegnet, dass in der Intervention in beiden Gruppen *time on task* konstant gehalten wird und sowohl vor als auch nach der Intervention

¹⁰Eine Begründung dafür befindet sich in Kapitel 2.4.3.1 ab S. 39 und Kapitel 3.2.2 ab S. 62.

Daten mit Hilfe eines Paper-Pencil-Tests erfasst werden.

KLAHR & NIGAM (2004) fanden in ihrer Untersuchung keine Unterschiede im Bereich des Transfers, also der Bewertung anderer Experimente. In der Untersuchung von BLUMBERG, MÖLLER & HARDY (2004), JONEN, MÖLLER & HARDY (2003) und MÖLLER et al. (2002) hingegen zeigte sich, dass Schülerinnen und Schüler, die stärker strukturiert unterrichtet wurden, den Schülerinnen und Schülern, die weniger stark strukturiert unterrichtet wurden, überlegen waren, wobei beide Experimentalgruppen im Vergleich zur Basisgruppe (ohne Intervention) im Gesamtsummenwert im Transferteil besser abschnitten. Aufgrund der uneindeutigen Befundlage scheint es sinnvoll, die Transferfähigkeit der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf das Verständnis der Variablenkontrolle in den Blick zu nehmen.

ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN (2000) weisen bei Trainingsstudien im Kontext der Förderung einer *Nature of Science* und *Nature of Scientific Inquiry* darauf hin, dass vorliegende Ergebnisse nicht eindeutig interpretierbar zu sein scheinen, da in den Studien kein adäquates Wissen vermittelt wird. Dieser Kritik wird in der vorliegenden Arbeit dadurch begegnet, dass der durchgeführten Studie ein ganz klares Konstrukt zugrunde liegt. Dies betrifft zum einen die Konzeptualisierung des untersuchten Konstrukts des Verständnisses der Variablenkontrolle und zum anderen die Fokussierung in der Intervention auf ein als lernförderlich in Betracht kommendes Merkmal – das *Modeling*.

In der Studie von SODIAN et al. (2006) zeigte sich eine leichte Überlegenheit der Trainingsgruppe erst in einem Langzeittest. Es scheint somit angebracht zu sein, einen Follow-up-Test durchzuführen, um zum einen die Nachhaltigkeit des ggf. auftretenden Lernerfolges prüfen, aber auch ggf. erst später auftretende Langzeiteffekte der Intervention aufdecken zu können.

Die **Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle** ist ein stark diskutiertes Feld. Es können auf grundsätzlicher Ebene zwei Verfahren voneinander unterschieden werden – praktische Tests (auch bekannt als *practical tests* oder *laboratory performance tests*, hierzu werden auch Interviews gezählt), in denen die Schülerinnen und Schüler handelnd mit Materialien umgehen sowie schriftliche Tests im Sinne von Papier-Bleistift-Tests (auch als *Paper-Pencil-Tests* bezeichnet) (HAMMANN, PHAN & BAYRHUBER, 2007).

Eines der bekanntesten und in vielen Studien (GRYGIER, 2008; BULLOCK & ZIEGLER, 1999; SODIAN, ZAITCHIK & CAREY, 1991) – auch in der Grundschule – eingesetzte **Interviewverfahren** ist das *Nature of Science-Interview* von CAREY & EVANS (1989). Ein großer Kritikpunkt an Interviewverfahren und praktischen Ex-

perimentieraufgaben ist der hohe Aufwand und die Behauptung, dass „oft keine zusätzlichen Informationen gegenüber einem sorgfältig konstruierten Papier- und Bleistifttest“ (DUI, HÄUSSLER & PRENZEL, 2014, S. 181) geliefert würden. Dem sei allerdings entgegnet, dass gerade beim Experimentieren das Handeln lediglich mit handelnden Aufgaben geprüft werden könne (DUI, HÄUSSLER & PRENZEL, 2014). Aus diesem Grund weist HELMKE darauf hin, dass die Kombination von Paper-Pencil-Tests und praktischen Tests „eine Fülle zusätzlicher und vertiefter Erkenntnisse“ (2007, S. 216) liefert.

Die **schriftlichen Testverfahren** basieren häufig auf dem SDDS-Modell von KLAHR & DUNBAR (1988). So haben HAMMANN et al. (2008) zum Vergleich zwei verschiedene schriftliche Testverfahren für die Klassen fünf und sechs entwickelt – eines beinhaltete Aufgaben im offenen Antwortformat und eines Multiple-Choice-Aufgaben. Gerade Aufgaben im offenen Antwortformat bereiten Schülerinnen und Schülern häufig Schwierigkeiten, „weil die [...] sie] entweder schlichtweg überfordert oder zumindest nicht imstande waren, das auf Papier festzuhalten, was sie experimentell (zum Teil auch durch spielerisches Ausprobieren) herausgefunden hatten.“ (METZGER, 2009, S. 312)

Der **Vergleich von Interviewaufgaben mit Paper-Pencil-Tests** in der Grundschule, wie z. B. von POLLMEIER et al. (2011) zeigt, dass mit Hilfe von geschlossenen Aufgaben die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler nicht in ihrer gesamten Breite erfasst werden können. Außerdem findet „möglicherweise eine Überschätzung der Schülerleistungen bei geschlossenen, schriftlichen Antwortformaten oder eine Unterschätzung der Schülerkompetenzen bei den offenen Interviewformaten stattfinden.“ (POLLMEIER et al., 2011, S. 835) Die eigene Produktion von wissenschaftlich adäquaten Erklärungen scheint den Lernenden wesentlich schwerer zu fallen als das Erkennen einer wissenschaftlich adäquaten Vorstellung im Rahmen einer Multiple-Choice-Aufgabe. Deshalb ist es sinnvoll, auch bei geschlossenen Aufgabenformaten punktuell kurze Begründungen von den Schülerinnen und Schülern einzufordern, um ihre Leistungen nicht zu überschätzen (POLLMEIER et al., 2011). Ein klarer Vorteil von Paper-Pencil-Tests ist die Möglichkeit, sie bei größeren Stichproben einsetzen zu können (MAYER et al., 2014).

Im Rahmen einer Studie zum **Vergleich eines praktischen Leistungstests mit einem Multiple-Choice-Test**, fanden HAMMANN et al. (2008) Hinweise darauf, dass es einen wesentlichen Unterschied zwischen praktischen und schriftlichen Testverfahren im Bereich des Experimentierens zu geben scheint. RIESS & ROBIN fassen diesen Unterschied in ihrer Analyse folgendermaßen zusammen: „In schriftli-

chen Leistungstests stützen sich die Schüler/-innen beim Planen von Experimenten auf vorgegebene Experimente, während [in] praktischen Test[s] selbständiges Planen von Experimenten erfolgen muss.“ (2012, S. 140) Zu einem ähnlichen Schluss kommt auch das KONSORTIUM HARMOS NATURWISSENSCHAFTEN+: „Bereits bei der Entwicklung des Kompetenzmodells zeigte sich, dass wichtige Komponenten der Handlungsaspekte nicht ausschließlich in Form von Papier-und-Bleistift-Aufgaben (PB) überprüft werden können.“ (RAMSEIER, LABUDDE & ADAMINA, 2011, S. 11). Eine Analyse der Korrelationen zwischen den Ergebnissen der Paper-Pencil-Tests und den Ergebnissen der praktischen Tests legt die Vermutung nahe, dass die mit den beiden Verfahren erfassten Handlungsaspekte auf Seiten der Lernenden unterschiedlich sind (KONSORTIUM HARMOS NATURWISSENSCHAFTEN+, 2010).

Zudem weisen BLANCHARD et al. (2010) darauf hin, dass im Kontext der Untersuchung der Wirksamkeit vergleichender Lernsettings Studien im Sinne des *Mixed Methods*-Ansatzes besonders aufschlussreich seien. Dabei sollten qualitative Methoden mit standardisierten quantitativen Methoden im Sinne einer Methodentriangulation miteinander in Verbindung gebracht werden. Zusammenfassend betrachtet scheint es zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle sinnvoll, praktische und schriftliche Verfahren im Sinne eines Mixed-Methods-Ansatzes miteinander zu kombinieren.

3.5 Zusammenfassung

Basierend auf den theoretischen Ausführungen des Kapitels 2 ab S. 5 wurden zentrale Befunde aus der fachdidaktischen und entwicklungspsychologischen Forschung sowohl zum Verständnis der Variablenkontrolle (s. Kapitel 3.1 ab S. 47) als auch zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle (Kapitel 3.2 ab S. 57) präsentiert. Dabei hat sich gezeigt, dass Defizite im Bereich des Verständnisses der Variablenkontrolle nicht auf entwicklungspsychologischen Einschränkungen zu beruhen scheinen, sondern darauf, dass sich ein Verständnis der experimentellen Methode erst entwickeln muss (HAMMANN, 2004). Das bedeutet, dass das Verständnis der Variablenkontrolle in Anlehnung an Wygotskys Theorie in der Zone der nächsten Entwicklung liegen könnte.

Darüber hinaus wurde deutlich, dass das Verständnis der Variablenkontrolle bereits in der dritten Klasse durch einen Unterricht gefördert werden kann, der kein reines Strategietraining ist, sondern bei dem inhaltliches mit prozessbezogenem Lernen verknüpft wird. Besonders relevant scheint dabei das *Modeling* (explizit und implizit)

als eine *Scaffolding*maßnahme zu sein. Gleichzeitig hat sich bei der Beschäftigung mit dem Forschungsstand gezeigt, dass es nur wenige systematische Untersuchungen der Wirksamkeit von Lernsettings mit dem Ziel der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle bei Schülerinnen und Schülern in der dritten Klasse unter Berücksichtigung einer speziellen Fördermaßnahme, in der vorliegenden Arbeit das implizite und explizite *Modeling*, zu geben scheint. In bereits durchgeführten Untersuchungen (SODIAN et al., 2002; GRYGIER, 2008) ist das Verständnis der Variablenkontrolle nur ein Teil – eingebettet in eine Förderung des Wissenschaftsverständnisses. In anderen Studien, wie z. B. von KLAHR & NIGAM (2004) ist die Förderung zwar fokussiert auf das Verständnis der Variablenkontrolle, jedoch handelt es sich bei dieser Intervention um ein reines Strategietraining. Die ganz gezielte und fokussierte Untersuchung der Wirksamkeit der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle eingebettet in einen thematischen Kontext und mit Konzentration auf ein (lernförderliches) Merkmal des Unterrichts – in der vorliegenden Arbeit das *Modeling*, da es Evidenzen dafür gibt, die dieses als besonders geeignet herausstellen, um das Verständnis der Variablenkontrolle bei Grundschulkindern zu fördern – stellt folglich ein Forschungsdesiderat dar. Das *Modeling* besteht hier aus dem Demonstrieren verschiedener gelungener und nicht gelungener Beispiele des Einsatzes der Variablenkontrollstrategie sowie dem Erklären dieser Strategie. Dabei ist es notwendig, dass sowohl implizite als auch explizite Anteile enthalten sind.

Bis jetzt ist offen geblieben, ob die Vereinbarkeit kognitiver, motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen im Rahmen einer Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle als Teil des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts möglich ist. Dabei geht es nicht um einen einfachen Vergleich offener vs. strukturierter Lernumgebungen, sondern darum, Aufschlüsse darüber zu erzielen, welche Maßnahmen ein Unterricht zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle enthalten sollte. Dabei sind „eigentlich nur [...] experimentelle Studien (bei denen das Unterrichtsmerkmal *systematisch variiert* [Hervorhebung im Original] wird und andere Merkmale konstant gehalten werden [von großer Bedeutung; Anmerkung der Verfasserin] – nur dann sind mögliche Wirkungen eindeutig auf das variierte Merkmal zurückführbar).“ (HELMKE, 2007, S. 19) Insofern handelt es sich bei der Untersuchung der Wirksamkeit der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle um ein „praktische[s] Problem“ (LABUDDE et al., 2009, S. 357), welches innerhalb der Praxis – und nicht im Labor – untersucht wird, um „so Wissen zu generieren, das tatsächlich dazu beiträgt, die Praxis zu verbessern bzw. Qualität zu entwickeln und zu sichern.“ (LABUDDE et al., 2009, S. 357)

An dieser Stelle fügt sich die vorliegende Arbeit ein. So wird auf das Verständnis der

Variablenkontrolle beim Experimentieren als naturwissenschaftliche perspektivenbezogene Denk-, Arbeits- und Handlungsweise und als ein wesentlicher Bestandteil einer naturwissenschaftlichen Grundbildung fokussiert. Zum Experimentieren lässt sich festhalten, dass ein Konsens darüber herrscht, dass das (eigenständige) Planen, Durchführen und Auswerten (einfacher) Experimente ein wichtiges Ziel des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts ist, das verschiedene Kompetenzen beinhaltet. Eine Kompetenz ist dabei ein Verständnis der Variablenkontrolle (s. Kapitel 2.2.5 ab S. 25), das nicht nur die Anwendung der Variablenkontrollstrategie beim Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten meint, sondern auch die Fähigkeit, zwischen konklusiven und inkonklusiven Tests zu unterscheiden (s. Abbildung 2.6). Die oder der Lehrende hat bei der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle die Aufgabe, den Lernenden angemessene Unterstützung zur Verfügung zu stellen, damit sie entsprechend ihren individuellen Lernvoraussetzungen ein Verständnis der Variablenkontrolle aktiv aufbauen können.

Eine solche Studie wird im Rahmen der vorliegenden Dissertation durchgeführt. Die genaue Zielsetzung wird im folgenden Kapitel präsentiert – zusammen mit den für die vorliegende Arbeit relevanten Fragestellungen und Hypothesen (s. Kapitel 4 ab S. 85).

4 Zielsetzung, Fragestellungen und Hypothesen der Arbeit

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Überprüfung der Wirksamkeit einer Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch eine Intervention mit implizitem und explizitem *Modeling* (EG I MIT M; s. Kapitel 2.4.3.1 ab S. 39) im Vergleich zu einem am Offenen Experimentieren orientierten Unterricht (s. Kapitel 2.4.3.2 ab S. 42) ohne implizites und explizites *Modeling* (EG II OHNE M) in Bezug auf das Bewerten und Entwickeln experimenteller Designs bei Kindern in der dritten Klasse. Beide Lernumgebungen sind konstruktivistisch-orientiert (s. Kapitel 2.4.2 ab S. 33).

Die Variablenkontrolle spielt bei der Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten eine wichtige Rolle (s. Kapitel 2.2.5 ab S. 25) und hat einen prozessbezogenen und einen logischen Aspekt. Auf der prozessbezogenen Ebene geht es bei der Variablenkontrolle um eine Strategie zur Entwicklung von Experimenten, wobei nur eine Bedingung verändert wird, während alle anderen relevanten Bedingungen konstant gehalten werden. Auf der logischen Ebene geht es bei dem Verständnis der Variablenkontrolle um die Fähigkeit, konfundierte von unkonfundierten Experimenten unterscheiden zu können, insbesondere um die Unterscheidung zwischen Tests zur Hypothesenprüfung (konklusive Tests) und Tests zur Effektproduktion (inkonklusive Tests) (s. Kapitel 2.2.5 ab S. 25).

Von besonderem Interesse für die vorliegende Arbeit sind im Kontext der durchgeführten Studie zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle insgesamt sieben Forschungsfragen, die sich drei Bereichen (Auswertung des Paper-Pencil-Tests – Fragen 1.a, 1.b und 1.c –, Auswertung des Interviews¹ – Fragen 2.a, 2.b und 2.c – und Auswertung des Tests zu motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmalen – Frage 3) zuordnen lassen.

So geht es in der Frage 1.a um die Auswirkungen des Fördersettings auf das eigenständige Bewerten und Entwickeln von Experimenten und in der Frage 1.b darum, ob sich die auftretenden Effekte von einem Testwiederholungseffekt abgrenzen lassen. Die Transferfähigkeit bzgl. des Verständnisses der Variablenkontrolle ist im

¹Wenn im Rahmen der vorliegenden Arbeit von einem Interview gesprochen wird, ist das videographierte material- sowie leitfadengestützte Interview gemeint. Es wird darauf verzichtet, es immer als videographiertes leitfaden- und materialgestütztes Interview zu bezeichnen.

Fokus der Frage 1.c. Die Fragen 1.a, 1.b und 1.c werden mit Hilfe der durch einen entwickelten Paper-Pencil-Test (s. Kapitel 5.3 ab S. 102) und dem Transferteil des entwickelten Tests (s. Kapitel 5.5 ab S. 146) erhobenen Daten beantwortet.

Bei der Beantwortung der Fragen 2.a, 2.b und 2.c werden die durch das Interview (s. Kapitel 5.4.2 ab S. 143) erfassten Daten ausgewertet. Der Einfluss des Fördersettings auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente ist Inhalt der Frage 2.a. Ggf. auftretende differenzielle Effekte unter Berücksichtigung der individuellen Lernvoraussetzungen seitens der Schülerinnen und Schüler sind von besonderem Interesse bei der Frage 2.b. Bei der Frage 2.c steht die Qualität des erreichten Niveaus der entwickelten Experimente im Fokus.

Die Auswirkungen des Fördersettings auf die motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale – erfasst durch den sog. SIS-Fragebogen (s. Kapitel 5.6 ab S. 148) stehen bei der Frage 3 im Fokus der Betrachtung.

Im Folgenden werden die der quasi-experimentellen Studie zugrunde liegenden Fragestellungen und die dazu gehörigen Hypothesen unter Rückgriff auf die bereits dargestellte Theorie abgeleitet und detailliert präsentiert.

Frage 1.a: Auswirkungen des Fördersettings auf das eigenständige Bewerten und Entwickeln von Experimenten – Daten des Paper-Pencil-Tests

Wie wirkt sich die Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch eine Intervention mit implizitem und explizitem *Modeling* (EG I MIT M) im Vergleich zu einem am Offenen Experimentieren orientierten Unterricht ohne implizites und explizites *Modeling* (EG II OHNE M) auf das eigenständige Bewerten und Entwickeln von Experimenten bei Kindern in dritten Klassen aus?

$$UV^2\_Fördersetting \rightarrow AV^3\_eigenständiges\ Bewerten\ und\ Entwickeln\ von\ Experimenten?$$

Hypothese 1.a:

Sowohl die EG I MIT M als auch die EG II OHNE M erreichen nach der Intervention im schriftlichen Test höhere Punktzahlen als vor der Intervention, wobei die EG I MIT M der EG II OHNE M im Paper-Pencil-Test (s. Kapitel 5.3 ab S. 102) zum zweiten Messzeitpunkt überlegen ist.

²UV steht für unabhängige Variable und ist diejenige Variable, die bewusst verändert wird.

³AV steht für abhängige Variable und ist diejenige Variable, die gemessen wird.

eigenständiges Bewerten und Entwickeln von Experimenten:

$EG\ I_{prä}\ MIT\ M^4 < EG\ I_{post}\ MIT\ M$ und $EG\ II_{prä}\ OHNE\ M < EG\ II_{post}\ OHNE\ M$,
wobei $EG\ I_{post}\ MIT\ M > EG\ II_{post}\ OHNE\ M$

Begründung:

Die positive Entwicklung beider Experimentalgruppen wird erwartet, da die empirischen Befunde eine Verbesserung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch (kurzfristige) Interventionen belegen (GRYGIER, 2008; DEAN & KUHN, 2006; SODIAN et al., 2002; CHEN & KLAHR, 1999). Insbesondere der Befund, dass die Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch direkte Instruktion im Sinne eines *Modelings* innerhalb eines Strategietrainings bei Dritt- und Viertklässlerinnen und -klässlern gelingen kann (KLAHR & NIGAM, 2004), lässt erwarten, dass eine Lernumgebung, die implizites und explizites *Modeling* enthält, bei Schülerinnen und Schülern der dritten Klasse das Verständnis der Variablenkontrolle stärker verbessert als eine Lernumgebung ohne implizites und explizites *Modeling*.

Basierend auf der ersten Frage ergibt sich eine weitere Frage:

Frage 1.b: Abgrenzung des Effekts von einem Testwiederholungseffekt – Daten des Paper-Pencil-Tests

Lässt sich der Effekt der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle gemessen mit Hilfe des Paper-Pencil-Tests von einem Testwiederholungseffekt abgrenzen?

Hypothese 1.b:

Die Entwicklung des Verständnisses der Variablenkontrolle in den beiden Experimentalgruppen (EG – gemeint sind in diesem Fall die EG I MIT M und die EG II OHNE M zusammengefasst) unterscheidet sich von der Entwicklung des Verständnisses der Variablenkontrolle in der Baseline (BL) zugunsten der beiden Experimentalgruppen, erfasst durch das Abschneiden im schriftlichen Test zu den drei Messzeitpunkten (prä, post und follow-up).

$$BL_{prä} = EG_{prä}$$

$$BL_{post} < EG_{post}$$

$$BL_{follow-up} < EG_{follow-up}$$

⁴M steht für die *Scaffolding*maßnahme *Modeling*. MIT M beschreibt die Experimentalgruppe, die eine Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit implizitem und explizitem *Modeling*, und OHNE M diejenige Experimentalgruppe, die eine Förderung ohne implizites und explizites *Modeling* in Anlehnung an das Offene Experimentieren erhalten hat.

Begründung:

Dass die Verbesserung des Verständnisses der Variablenkontrolle einer auf diesen Bereich bezogenen Förderung bedarf, hat sich in mehreren Studien gezeigt (GRYGIER, 2008; SODIAN et al., 2002; CHEN & KLAHR, 1999). Dabei hat sich herausgestellt, dass sich die Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern, die keine Intervention erhalten, aber dennoch an den Prä- und Post-Tests teilgenommen haben, z. B. im Bereich des Wissenschaftsverständnisses, verbessern, allerdings nicht in dem Ausmaß wie die der Trainingsgruppe (GRYGIER, 2008). In anderen Studien hat sich der Trainingseffekt „gegen einen Testwiederholungseffekt absichern“ (SODIAN et al., 2002, S. 203) oder „nicht schlicht auf die Wiederholung strukturell gleicher Aufgaben zurück[führen]“ (SODIAN, THOERMER & KOERBER, 2008, S. 34) lassen.

Frage 1.c: Unterschiede bzgl. der Transferfähigkeit – Daten des Paper-Pencil-Tests

Unterscheidet sich die Transferfähigkeit zugunsten der Schülerinnen und Schüler, die eine Förderung erhalten haben (EG I MIT M und EG II OHNE M), von der der Schülerinnen und Schüler, die keine Förderung (BL) erhalten haben, – gemessen anhand der erreichten Punkte im Transferteil des Paper-Pencil-Tests zum zweiten und zum dritten Messzeitpunkt? Bleibt die Transferfähigkeit in der EG I MIT M über die beiden Messzeitpunkte stabil?

$$(EG I_{\text{post}} \text{ MIT M und } EG II_{\text{post}} \text{ OHNE M}) > BL_{\text{post}}?$$

$$(EG I_{\text{follow-up}} \text{ MIT M und } EG II_{\text{follow-up}} \text{ OHNE M}) > BL_{\text{follow-up}}?$$

$$EG I_{\text{post}} \text{ MIT M} = EG I_{\text{follow-up}}?$$

Hypothese 1.c:

Durch die Förderung entwickeln die Schülerinnen und Schüler ein transferierbares Verständnis der Variablenkontrolle. Daher ist anzunehmen, dass die Schülerinnen und Schüler der beiden Experimentalgruppen (EG I MIT M und EG II OHNE M) beim Lösen der Transferaufgaben zum zweiten (post) und dritten Messzeitpunkt (follow-up) der BL überlegen sind. Das implizite und explizite *Modeling* ermöglicht den Schülerinnen und Schülern der EG I MIT M ein stabiles und gut integriertes Verständnis, sodass sie zum dritten Messzeitpunkt ein Niveau erreichen, das sich nicht signifikant vom Niveau zum zweiten Messzeitpunkt unterscheidet, während sich die Leistung der anderen beiden Gruppen (EG II OHNE M und BL) im Transfertest signifikant verschlechtert.

$$\begin{aligned}
 & (EG\ I_{\text{post}}\ \text{MIT}\ M\ \text{und}\ EG\ II_{\text{post}}\ \text{OHNE}\ M) > BL_{\text{post}} \\
 & (EG\ I_{\text{follow-up}}\ \text{MIT}\ M\ \text{und}\ EG\ II_{\text{follow-up}}\ \text{OHNE}\ M) > BL_{\text{follow-up}} \\
 & \text{und} \\
 & EG\ I_{\text{post}}\ \text{MIT}\ M \leq EG\ I_{\text{follow-up}}\ \text{MIT}\ M \\
 & EG\ II_{\text{post}}\ \text{OHNE}\ M > EG\ II_{\text{follow-up}}\ \text{OHNE}\ M \\
 & BL_{\text{post}} > BL_{\text{follow-up}}
 \end{aligned}$$

Begründung:

Gerade im Kontext eines Verständnisses des Experimentierens konnten CHEN & KLAHR (1999) zeigen, dass sich ein solches Verständnis allmählich entwickelt und Schülerinnen und Schüler in manchen Situationen in ihr vorheriges Verständnis zurückfallen. Als relevant für die Transferfähigkeit in Bezug auf das Verständnis der Variablenkontrolle von Kindern hat sich eine Instruktion herausgestellt (KLAHR, ZIMMERMAN & JIROUT, 2011). Auch in anderen Inhaltsgebieten hat sich ein Unterricht mit kognitiv aktivierender Gesprächsführung als förderlich für die Fähigkeit zum Transfer des Wissens erwiesen (MÖLLER et al., 2002). So zeigte sich in Bezug auf Aufgaben zum Transfer, dass Schülerinnen und Schüler, die stark strukturiert unterrichtet wurden, den Schülerinnen und Schülern, die weniger stark strukturiert unterrichtet wurden, überlegen waren, wobei beide Experimentalgruppen im Vergleich zur Basisgruppe (ohne Intervention) im Gesamtsummenwert im Transferteil besser abschnitten (BLUMBERG, MÖLLER & HARDY, 2004; JONEN, MÖLLER & HARDY, 2003; MÖLLER et al., 2002). Es wird davon ausgegangen, dass das implizite und explizite *Modeling* in der EG I MIT M den Schülerinnen und Schülern ein stabiles und gut integriertes Verständnis der Variablenkontrolle ermöglicht. Es ist eine Entwicklung der Gruppen (EG I MIT M, EG II OHNE M und BL) dahingehend anzunehmen, dass die Schülerinnen und Schüler der EG I MIT M und der EG II OHNE M der BL beim Lösen der Transferaufgaben zum zweiten (post) und dritten Messzeitpunkt (follow-up) überlegen sind, da beide Gruppen eine Förderung erhalten haben. Die erzielten Punktwerte in der EG I MIT M sich jedoch vom zweiten zum dritten Messzeitpunkt (follow-up) stabil zeigen – der Lernerfolg aufgrund des *Modelings* somit langfristiger ist –, wohingegen sich die Leistungen der Schülerinnen und Schüler der EG II OHNE M und der BL vom zweiten zum dritten Messzeitpunkt verschlechtern.

Frage 2.a: Einfluss des Fördersettings auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente – Daten des Interviews

Beeinflusst die Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch eine strukturierte Intervention mit implizitem und explizitem *Modeling* (EG I MIT M) im Vergleich zu einem am Offenen Experimentieren orientierten Unterricht ohne implizites und explizites *Modeling* (EG II OHNE M) die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente?

UV_Fördersetting → AV_Entwicklung, Durchführung und Bewertung eigener Experimente?

Hypothese 2.a:

Die EG I MIT M ist der EG II OHNE M hinsichtlich der Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente überlegen.

Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente:

EG I MIT M > EG II OHNE M

Begründung:

Die Überlegenheit der EG I MIT M gegenüber der EG II OHNE M wird erwartet, da empirische Evidenzen dafür vorliegen, dass Grundschulkinder durch Unterstützung, z. B. im Sinne eines *Modelings*, dazu in der Lage sind, Experimente mit Hilfe der Variablenkontrollstrategie zu entwickeln und zu bewerten (KLAHR, ZIMMERMAN & JIROUT, 2011; GRYGIER, GÜNTHER & KIRCHER, 2007; KLAHR & NIGAM, 2004; CHEN & KLAHR, 1999). Somit wird erwartet, dass ein Fördersetting, das *Modeling* enthält – im Vergleich zu einer Lernumgebung, die kein *Modeling* umfasst – bei Schülerinnen und Schülern der dritten Klasse dazu führt, dass sie eine bessere Fähigkeit zur Entwicklung, Durchführung und Bewertung eigener Experimente in realen Experimentiersituationen zeigen.

Vor diesem Hintergrund ergeben sich zwei ergänzende Fragen:

Frage 2.b: Differenzielle Auswirkungen des Fördersettings auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente unter Berücksichtigung der individuellen Lernvoraussetzungen – Daten des Interviews

Gibt es differenzielle Auswirkungen der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch eine Intervention mit implizitem und explizitem *Modeling* (EG I

MIT M) im Vergleich zu einem am Offenen Experimentieren orientierten Unterricht ohne implizites und explizites *Modeling* (EG II OHNE M) auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente unter Berücksichtigung der individuellen kognitiven Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler?

UV_Fördersetting unter Berücksichtigung individueller Lernvoraussetzungen →
AV_Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente?

Hypothese 2.bI:

Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Lernvoraussetzungen in der EG I MIT M sind hinsichtlich der Entwicklung, Durchführung und Bewertung ihrer eigenen Experimente den Schülerinnen und Schülern mit ungünstigen Lernvoraussetzungen in der EG II OHNE M überlegen.

Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente:

$$\text{SuS}^5(-\text{LV}^6)_{\text{EG I MIT M}} > \text{SuS}(-\text{LV})_{\text{EG II OHNE M}}$$

Begründung:

Es gibt aus der Forschung Hinweise darauf, dass ein Unterricht ohne angemessene Lernunterstützung im Sinne des *Scaffoldings* die Gefahr der Überforderung leistungsschwächerer Lernender birgt (MÖLLER, 2006). Da die in der vorliegenden Arbeit durchgeführte Förderung zum Verständnis der Variablenkontrolle lernunterstützende Maßnahmen in Form impliziten und expliziten *Modelings* enthält, ist ein Unterschied in der Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente durch Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Lernvoraussetzungen je nach erhaltener Intervention (EG I MIT M, EG II OHNE M) denkbar.

Hypothese 2.bII:

Bei den Schülerinnen und Schülern mit günstigen Lernvoraussetzungen gibt es zwischen den beiden Experimentalgruppen in Bezug auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung ihrer eigenen Experimente keine Unterschiede.

Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente:

$$\text{SuS}(+^7\text{LV})_{\text{EG I MIT M}} = \text{SuS}(+ \text{LV})_{\text{EG II OHNE M}}$$

⁵*SuS* steht an dieser Stelle für Schülerinnen und Schüler.

⁶Das - an dieser Stelle steht für ungünstig und *LV* für Lernvoraussetzungen.

⁷Das + an dieser Stelle steht für günstig.

Begründung:

Es gibt empirische Hinweise darauf, dass – anders als bei Kindern mit ungünstigen Lernvoraussetzungen – Kinder mit guten Lernvoraussetzungen von offen gestalteten Lernsettings und strukturiert gestalteten Lernsettings gleichermaßen profitieren (MÖLLER et al., 2002). Laut STOLZ & ERB (2011) profitieren gute Schülerinnen und Schüler sogar eher von offenen Experimentiersituationen. Allerdings bezieht sich dieses Ergebnis von STOLZ & ERB auf Schülerinnen und Schüler der achten Jahrgangsstufe, wohingegen sich Ergebnisse von BLUMBERG (2008) sowie MÖLLER et al. (2002) auf Grundschülerinnen und -schüler beziehen. Insofern wird kein Unterschied zwischen der Fähigkeit zur Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente bei Schülerinnen und Schülern mit günstigen Lernvoraussetzungen der EG I MIT M und der EG II OHNE M erwartet.

Frage 2.c: Qualität bzgl. des erreichten Niveaus der entwickelten Experimente – Daten des Interviews

Welche Qualität bzgl. des erreichten Niveaus weisen die Experimente, die die Schülerinnen und Schüler der jeweiligen Experimentalgruppe, also mit und ohne *Modeling*, entwickeln, durchführen und bewerten, auf⁸? Handelt es sich bei den Experimenten eher um konfundierte Experimente im Sinne einer naiven Vorstellung, um kontrastive Tests im Sinne einer Zwischenvorstellung oder um kontrollierte Experimente im Sinne einer wissenschaftlich adäquaten Vorstellung handelt (s. Kapitel 5.3.2 ab S. 106)?

Begründung:

Auf Basis des empirischen Befundes von GRYGIER, GÜNTHER & KIRCHER (2007) kann davon ausgegangen werden, dass die Schülerinnen und Schüler der EG I MIT M im Vergleich zur EG II OHNE M wesentlich häufiger Experimente entwickeln, die dem Niveau der Zwischenvorstellungen (kontrastiver Test) oder dem wissenschaftlich adäquaten Niveau (kontrolliertes Experiment) entsprechen. Erfasst wurde dieses Ergebnis allerdings mit Hilfe standardisierter Test- bzw. Interviewaufgaben – und nicht anhand real von den Schülerinnen und Schülern entwickelter Experimente. So bleibt noch offen, wie Experimente der Drittklässlerinnen und -klässler in Realsituationen gestaltet sind.

In Anlehnung an BLANCHARD et al. sind Mixed-Methods-Studien zur vergleichenden Untersuchung der Wirksamkeit verschiedener Lernsettings, insbesondere wenn

⁸Da es sich hierbei um eine explorative Frage handelt, kann an dieser Stelle sinnvoll keine Hypothese abgeleitet werden.

sie sich auf eine prozessbezogene Kompetenz, wie in der vorliegenden Arbeit auf das Experimentieren, beziehen, aufschlussreicher als Studien ohne Handlungsaufgaben zum Experimentieren⁹. Qualitative Methoden sollten mit standardisierten quantitativen Methoden im Sinne einer Methodentriangulation miteinander in Verbindung gebracht werden (BLANCHARD et al., 2010). In der vorliegenden Studie wird ein Mixed-Methods-Ansatz umgesetzt, indem das Verständnis der Variablenkontrolle sowohl durch einen Paper-Pencil-Test (s. Kapitel 5.3 ab S. 102) als auch durch ein Interview (s. Kapitel 5.4.2 ab S. 143) erfasst wird. So ist es möglich, die von den Schülerinnen und Schülern in Realsituationen entwickelten Experimente zusätzlich zu ihren im schriftlichen Test gezeigten Vorstellungen bzgl. des Verständnisses der Variablenkontrolle differenziert zu analysieren und dabei Aussagen über die Qualität der Experimente bzgl. des jeweiligen Vorstellungsniveaus (naive Vorstellung – konfundiertes Experiment –, Zwischenvorstellung – kontrastiver Test – und wissenschaftlich adäquate Vorstellung – kontrolliertes Experiment) treffen zu können.

Frage 3: Auswirkungen des Fördersettings auf motivationale und selbstbezogene Schülermerkmale – Daten des SIS-Fragebogens

Welche Auswirkungen hat die Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit implizitem und explizitem *Modeling* in der EG I MIT M – im Vergleich zu einer am Offenen Experimentieren orientierten Förderung ohne implizites und explizites *Modeling* in der EG II OHNE M – auf die motivationalen und selbstbezogenen Merkmale der Schülerinnen und Schüler¹⁰ im Sinne der im (naturwissenschaftlichen) Sachunterricht geforderten multikriterialen Zielerreichung¹¹?

UV_Fördersetting → AV_motivationale und selbstbezogene Schülermerkmale?

Hypothese 3:

Die Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit implizitem und explizitem *Modeling* in der EG I MIT M und die Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch einen am Offenen Experimentieren orientierten Unterricht ohne implizites und explizites *Modeling* in der EG II OHNE M sind gleichermaßen förderlich bzgl. der motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale.

⁹Zur Notwendigkeit der Kombination schriftlicher und praktischer Aufgaben im Kontext des Experimentierens s. auch RAMSEIER, LABUDDE & ADAMINA (2011) und KONSORTIUM HARMOS NATURWISSENSCHAFTEN+ (2010). Einige Informationen dazu befinden sich auch in Kapitel 7.9.1 ab S. 225 der vorliegenden Arbeit.

¹⁰Für weitere Erläuterungen zu diesen Merkmalen s. Kapitel 5.6 ab S. 148.

¹¹Weitere Ausführungen hierzu sind in Kapitel 2.3 ab S. 28 dargestellt.

motivationale und selbstbezogene Schülermerkmale:

EG I MIT M = EG II OHNE M

Begründung:

Auf der einen Seite kommt dem Empfinden von Selbstbestimmung durch offene Lernformen im Unterricht als eine wesentliche Voraussetzung für Interesse und Motivation bei den Schülerinnen und Schülern im Sachunterricht eine bedeutende Rolle zu (MARTSCHINKE & HARTINGER, 2015; WALDENMAIER et al., 2015). Befunde aus PISA 2006 deuten an, dass ein handlungsintensiver naturwissenschaftlicher Unterricht, in dem die Schülerinnen und Schüler oft und unsystematisch Gelegenheiten haben, zu experimentieren, das Interesse seitens der Schülerinnen und Schüler an naturwissenschaftlichen Themen zu fördern scheint (KOBARG et al., 2008). Auf der anderen Seite hat sich gezeigt, dass stärker strukturierte Lernsettings in Bezug auf das Erreichen motivationaler und selbstbezogener Ziele offenen Unterrichtsformen nicht unterlegen (STOLZ & ERB, 2011) – teilweise sogar überlegen – sind (BLUMBERG, MÖLLER & HARDY, 2004; BLUMBERG et al., 2001). Ein Grund dafür scheint darin zu liegen, dass offene Lernformen – gerade im Bereich des Experimentierens – die Schülerinnen und Schüler teilweise zu überfordern scheinen und dies zu Frustrationen führt. Da durch das in der vorliegenden Untersuchung eingesetzte *Modeling* die Schülerinnen und Schüler zwar stärker gelenkt werden als ohne *Modeling*, sie aber gleichzeitig dazu angeregt werden, weiterzudenken, eigenständig zu experimentieren und die Experimentiermethode produktiv zu hinterfragen, beide Lernumgebungen konstruktivistisch orientiert sind und einen hohen Anteil des aktiven Lernens seitens der Schülerinnen und Schüler enthalten, wird erwartet, dass die Lernzufriedenheit der Schülerinnen und Schüler beider Experimentalgruppen (EG I MIT M und EG II OHNE M) bzgl. der motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale gleichermaßen ausgeprägt ist.

Zusammengefasst haben sich insgesamt sieben Fragen ergeben, die in der vorliegenden Arbeit von besonderem Interesse sind und sich anhand der Auswertung der zugrunde liegenden Daten strukturieren lassen:

- Daten des Paper-Pencil-Tests
 - Frage 1.a: Auswirkungen des Fördersettings auf das eigenständige Bewerten und Entwickeln von Experimenten
 - Frage 1.b: Abgrenzung des Effekts von einem Testwiederholungseffekt
 - Frage 1.c: Unterschiede bzgl. der Transferfähigkeit

- Daten des Interviews
 - Frage 2.a: Einfluss des Fördersettings auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente
 - Frage 2.b: Differenzielle Auswirkungen des Fördersettings auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente unter Berücksichtigung der individuellen Lernvoraussetzungen
 - Frage 2.c: Qualität bzgl. des erreichten Niveaus der entwickelten Experimente
- Daten des SIS-Fragebogens
 - Frage 3: Auswirkungen des Fördersettings auf motivationale und selbst-bezogene Schülermerkmale

Eine detaillierte Beschreibung der Methodik und der Anlage der Studie zur Beantwortung dieser Fragen erfolgt im folgenden Kapitel (s. Kapitel 5 ab S. 97).

5 Studie zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle

Im Folgenden wird die Anlage der Studie vorgestellt. Dazu werden das Design der Studie (s. Kapitel 5.1 ab S. 97) und die Stichprobe (s. Kapitel 5.2 ab S. 100) beschrieben. Es folgt die Beschreibung der Entwicklung des in der Studie zum Einsatz kommenden schriftlichen Paper-Pencil-Tests zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle bei Grundschülerinnen und -schülern (s. Kapitel 5.3 ab S. 102). Anschließend werden die verschiedenen zum Einsatz kommenden Instrumente dargestellt – sowohl bezogen auf die Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle (s. Kapitel 5.4 ab S. 142), der Transferfähigkeit (s. Kapitel 5.5 ab S. 146) als auch bezogen auf die Erfassung motivationaler und selbstbezogener Schülermerkmale (s. Kapitel 5.6 ab S. 148) sowie relevanter Kontrollvariablen (s. Kapitel 5.7 ab S. 149). Anschließend wird die Intervention zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle präsentiert (s. Kapitel 5.8 ab S. 153). Beendet wird das Kapitel mit einem zusammenfassenden Überblick über die durchgeführte Studie (s. Kapitel 5.8.2 ab S. 162).

5.1 Design der Studie zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle

Die in Kapitel 4 (ab S. 85) formulierten Fragestellungen und Hypothesen wurden im Rahmen einer quasi-experimentellen Studie überprüft. „Quasi-experimentelle Designs unterscheiden sich [...] von bloßen Gruppenvergleichen und Erhebungen im Querschnitt und Längsschnitt [...] dadurch, dass sie mit bestimmten Zielsetzungen geplant sind und möglichst viele Bedingungen zu kontrollieren versuchen.“ (OERTER & MONTADA, 2008, S. 970) Nach KLAUER (2005) steht es, da es im Feld stattfindet, in enger Beziehung zum Feldexperiment. Jedoch ist keine vollständige Kontrolle der Versuchsbedingungen möglich. So fehlt es an der zufälligen Zuordnung der Versuchspersonen zu den Experimentalbedingungen. Damit ein Experiment intern valide ist, ist es notwendig, dass die Versuchspersonen zufällig (randomisiert) den experimentellen Bedingungen zugewiesen werden. Auf diese Weise wird eine Gleich-

verteilung aller Personenmerkmale, die einen Einfluss auf die abhängige Variable haben könnten, angestrebt (KÖLLER, 2009). Bei Experimenten im schulischen Kontext auf Klassenebene ist dies nur schwer zu realisieren. Dem wurde im Rahmen der vorliegenden Studie durch eine Parallelisierung der Experimentalgruppen begegnet. Auf diese Weise ist es möglich, etwaige Klasseneffekte zu berücksichtigen. Die Klassenlehrpersonen wurden gebeten, ihre Klassen in zwei möglichst leistungshomogene Gruppen in Bezug auf ihre schulischen und sachunterrichtsbezogenen Leistungen einzuteilen. Die so entstandene Zuteilung der Kinder einer Klasse zu den beiden Experimentalgruppen wurde als Grundlage genommen. Mit Hilfe von *t*-Tests für unabhängige Stichproben der vor der Intervention erfassten Kontrollvariablen (Intelligenz, Inhibitions-, Problemlösefähigkeit, Leseverständnis und Vorwissen im Bereich des Verständnisses der Variablenkontrolle) sowie unter Berücksichtigung von ggf. auftretenden Extremwerten innerhalb der gebildeten Gruppen wurde anschließend die Vergleichbarkeit der beiden Gruppen geprüft und an einzelnen Stellen von der Versuchsleitung nachgesteuert, sodass es vor der Intervention keine signifikanten Unterschiede in den genannten Kontrollvariablen zwischen den beiden Experimentalgruppen gab. So wurden aus jeder Klasse zwei Halbklassen gebildet, die in ihren Lernvoraussetzungen vergleichbar waren. Auch die Vergleichbarkeit zu der Baseline wurde mit Hilfe der Kontrollvariablen sichergestellt.

Die Testungen – bis auf das Interview, das in Einzelsituationen stattfand – wurden in einer Klassensituation durchgeführt. Der Unterricht wird im Rahmen von Halbklassen durchgeführt, wobei eine Hälfte der Klasse der EG I MIT M zugeordnet wurde und die andere Hälfte der EG II OHNE M. Dies sorgt für eine dem natürlichen Unterricht ähnliche Situation bei gleichzeitiger Möglichkeit der Kontrolle der Lerngruppenzusammensetzung für die Experimentalbedingungen. In der Zeit, in der einzelne Kinder interviewt wurden und keine Intervention erhielten, nahmen sie am regulären Unterricht teil.

Der durchgeführten Untersuchung liegt ein Prä-Post-Follow-up-Design zugrunde. Dementsprechend wurden vor der Intervention das Vorwissen zum Verständnis der Variablenkontrolle sowie weitere kognitive Lernvoraussetzungen erhoben. Während der Intervention wurden die Schülerinnen und Schüler im Rahmen eines leitfaden- und materialgestützten Interviews zu ihren entwickelten Experimenten befragt. Die Interviews wurden videographiert. Einen Tag nach der Intervention wurde ein schriftlicher Post-Test zum Verständnis der Variablenkontrolle und ein Test zur Erfassung von motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmalen durchgeführt. Zusätzlich erfolgte ein Follow-up-Test zum Verständnis der Variablenkontrolle nach sechs Wochen. Ein zusammenfassendes Schema zum Design der vorliegenden Studie stellt

die Tabelle 5.1 dar.

Tabelle 5.1: Übersicht über die Hauptstudie

MZP	1. MZP (prä)	Intervention, Interview	2. MZP (post)	3. MZP (follow-up)
Zeitraum	2 bis 4 Wochen vor Intervention		1 Tag nach Interven- tion	6 Wochen nach In- tervention
Dauer	2 Termine	2 Doppelstunden, 1 Einzelstunde	1 Termin	1 Termin
Inhalt	Kontrollvariablen, Verständnis VK	entwickelte Expe- rimente	Verständnis VK, Transfer, Motivation	Verständnis VK, Transfer

Anmerkung: Die Baseline (BL) erhielt keine Intervention. Sie nahm nur an den drei Messzeitpunkten (prä, post und follow-up) in den gleichen Abständen wie die beiden Experimentalgruppen teil und erhielt in der Zwischenzeit regulären Unterricht.

Wie der Tabelle 5.1 entnommen werden kann, fand der erste Messzeitpunkt (MZP) zwei bis vier Wochen vor der Intervention statt. Er gliederte sich in zwei Termine. Am ersten Termin wurden die Intelligenz, die Inhibitionsfähigkeit und das Leseverständnis erfasst¹. An einem zweiten Termin wurden die Problemlösefähigkeit und das Vorwissen in Bezug auf das Verständnis der Variablenkontrolle erhoben.

Die Intervention teilte sich in zwei Doppelstunden (Unterrichtstag I und Unterrichtstag II) plus eine Einzelstunde (Unterrichtstag III). Nach den beiden Doppelstunden fand das Einzelinterview statt, in dem die Kinder ihre in der zweiten Doppelstunde entwickelten Experimente vor der Kamera präsentierten. Erst anschließend wurde die Einzelstunde zur Reflexion der entwickelten Experimente in der Halbklassse durchgeführt.

Der zweite MZP – einen Tag nach dem dritten Unterrichtstag – diente der Erfassung des (veränderten) Verständnisses der Variablenkontrolle und der in Bezug auf den durchgeführten Unterricht von den Kindern empfundenen Motivation. Im Vergleich zum Prätest zum Verständnis der Variablenkontrolle wurden zu diesem Zeitpunkt neue Aufgaben zusätzlich in den Paper-Pencil-Test aufgenommen, um die Transferfähigkeit der Kinder erfassen zu können.

Sechs Wochen später fand der Follow-Up-Test statt. Dieser besteht aus dem Paper-Pencil-Test inklusive der bereits im Post-Test eingesetzten Transferaufgaben und dient erneut der Erfassung des (veränderten) Verständnisses der Variablenkontrolle.

Der beschriebene Ablauf war in beiden Experimentalgruppen gleich. Zudem gab es

¹ Alle in der vorliegenden Studie zum Einsatz kommenden Erhebungsinstrumente werden im weiteren Verlauf der Arbeit detailliert beschrieben (s. Kapitel 5.4 ab S. 142 bis Kapitel 5.7 ab S. 149)

eine Baseline (BL), die sich an den Prä-, Post- (ohne Motivation²) und Follow-up-Tests beteiligte, zwischenzeitlich allerdings regulären Unterricht erhielt. Mit Hilfe der dadurch gewonnen Daten kann das Vorliegen eines Testwiederholungseffekts überprüft werden.

5.2 Beschreibung der Stichprobe

Die Akquise von Schulen fand im Münsterland statt. Um die Intervention kontrollieren zu können, wurde die Intervention ausschließlich von speziell für die Intervention geschulten Lehrerinnen durchgeführt. Von den Erziehungsberechtigten der Kinder wurden schriftliche Einverständniserklärungen zur Teilnahme an der Studie eingefordert.

Um sicherzustellen, dass die Klassen in ihrem Vorwissen in Bezug auf das Unterrichtsthema vergleichbar sind, gab es zwei Voraussetzungen zur Teilnahme an der Studie. Zum einen durften die Kinder noch keinen Unterricht zum Thema „faires bzw. kontrolliertes Experiment“ erhalten haben und zum anderen mussten die Kinder über gewisse Vorerfahrungen zum Thema „Magnetismus“ verfügen. Diese betreffen bestimmte Eigenschaften von Magneten, wie ...

- ... welche Materialien ein Magnet anzieht,
- ... wo ein Magnet am stärksten anzieht und
- ... wie Magneten aufeinander reagieren.

Dabei wurde der Unterricht aus dem Spiralcurriculum Magnetismus (MÖLLER et al., 2013) als Grundlage in beiden Experimentalgruppen verwendet. Somit wurde sichergestellt, dass es in Bezug auf das Vorwissen in diesen beiden Bereichen (kontrolliertes bzw. faires Experiment und Magnetismus) keine großen Unterschiede sowohl zwischen den beiden Halbklassen einer Klasse als auch zwischen den gesamten Klassen, die an der Studie teilgenommen haben, gibt.

Neben den beiden Experimentalgruppen (acht Klassen) gab es zur Überprüfung eines Testwiederholungseffekts weitere vier Klassen, die nur die Tests zu den jeweiligen Zeitpunkten bearbeiteten. So nahmen an der Untersuchung insgesamt 283 Drittklässlerinnen und Drittklässler aus zwölf Klassen nordrhein-westfälischer Grundschulen — acht Klassen aus Münster und direkter Umgebung, eine Klasse aus Gelsenkirchen, zwei Klassen aus Coesfeld sowie eine Klasse aus Gladbeck – auf frei-

²Da sich die Erfassung der Motivation auf den erhaltenen Unterricht zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle bezieht, ergibt es keinen Sinn, dass die Baseline diesen Test bearbeitet, weil sie den Unterricht nicht erhalten hat.

williger Basis und unter genauer Absprache mit der Klassenlehrperson teil. Durch das Vorliegen fehlender Werte, z. B. durch das Fehlen eines Kindes zu einem der Erhebungszeitpunkte, reduzierte sich diese Anzahl allerdings.

Die Verfahren zum Umgang mit fehlenden Werten in der vorliegenden Studie unterscheiden sich, je nachdem, ob fehlende Werte auf Test- bzw. Interventions-Ebene vorkommen (keine Bearbeitung ganzer Tests oder keine Teilnahme an Teilen der Intervention – *scale-level missingness* bzw. *Skalen-Level*) oder auf Item-Ebene (Bearbeitung der Tests mit Auslassung einzelner Items mit der Konsequenz fehlender Werte innerhalb eines Tests – *item-level missingness* bzw. *Item-Level*) (PARENT, 2013). Daten von Kindern, die nicht komplett an der Intervention teilgenommen haben, wurden vollständig ausgeschlossen. Dies betraf insgesamt 25 Kinder.

Tabelle 5.2: Übersicht über fehlende Werte auf Skalen-Level

	CFT	ELFE	FWIT	TvL	prä	SIS	post	f-up
Anzahl fehlender Werte	5	5	5	3	5	6	19	8
Anteil fehlender Werte	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.07	0.03

Anmerkung: CFT: Intelligenz, ELFE: Leseverständnis, FWIT: Inhibition, TvL: Problemlösen, prä: Verständnis Variablenkontrolle prä, SIS: Motivation, post: Verständnis Variablenkontrolle post und f-up: Verständnis Variablenkontrolle follow-up

Auf Skalen-Level fehlen, wie Tabelle 5.2 zeigt, die Daten von insgesamt zwischen 3 und 19 Kindern, da diese an den entsprechenden Erhebungsterminen erkrankt waren. Die Kinder, deren Werte nicht vollständig vorlagen, werden nicht nach dem klassischen Verfahren des fallweisen Ausschlusses aus den Auswertungen entfernt, sondern in den Analysen als fehlend berücksichtigt. Gleiches gilt für die fehlenden Werte auf Item-Level.

Hinzu kommen noch 13 Kinder, die keine Einverständniserklärung abgegeben haben, sodass ihre Daten nicht berücksichtigt werden dürfen³. Insgesamt werden somit für die Auswertungen in der vorliegenden Studie 245 Drittklässlerinnen und Drittklässler, darunter 123 Mädchen und 122 Jungen im Alter von durchschnittlich 8 Jahren und 8 Monaten, berücksichtigt (s. Tabelle 5.3).

³Die Kinder wurden von den Testungen und vom Unterricht nicht ausgeschlossen, jedoch ihre Daten in Absprache mit den Erziehungsberechtigten und Klassenlehrpersonen nicht ausgewertet.

Tabelle 5.3: Stichprobe der Hauptstudie

	Jungen	Mädchen	Gesamt
Anzahl (N)	122	123	245
Alter ($MW(SD)$)	8.70(0.57)	8.69(0.47)	8.70(0.52)
EG I MIT M (N)	40	44	84
EG II OHNE M (N)	35	40	75
BL (N)	47	39	86

5.3 Entwicklung und Pilotierung eines Paper-Pencil-Tests zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle

Die Forderung nach einer Thematisierung naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen bereits in der Grundschule ist relativ bzw. wieder neu. Die Leistungen von Grundschülerinnen und -schülern wurden der Piaget'schen Entwicklungstheorie folgend häufig unterschätzt (s. Kapitel 3.1 ab S. 47). Somit sind auch Studien mit dem Fokus auf dem Verständnis der Variablenkontrolle zur Förderung dieses Verständnisses bei Grundschülerinnen und -schülern selten.

In Anlehnung an die *Conceptual Change*-Theorie (s. Kapitel 2.4.2 ab S. 33) wird die Wirksamkeit einer Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle anhand der Veränderungen der Vorstellungen bei den Lernenden untersucht. Zur Erfassung dieser Vorstellungen ist es notwendig, zunächst ein valides Testinstrument zu entwickeln, mit dem es möglich ist, das Verständnis der Variablenkontrolle von Grundschülerinnen und -schülern zu erfassen und dabei durch andere Studien bereits nachgewiesene Teilfähigkeiten nach Möglichkeit in die Erhebung mit einzubeziehen und nach Zusammenhängen zu suchen⁴. Dabei wird bei der Testentwicklung auf Schülerinnen und Schüler der dritten und vierten Klasse fokussiert, da die geplante Intervention zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle aufgrund der bisherigen Forschungsergebnisse von z. B. GRYGIER, GÜNTHER & KIRCHER (2007) und KLAHR & NIGAM (2004) in einer dritten Klasse stattfinden soll.

Wie in Kapitel 3.2 ab S. 57 dargestellt, gibt es vor allem international bereits einige Studien zur Untersuchung der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle von Schülerinnen und Schülern. Dabei handelt es sich in den meisten Fällen um Untersuchungen zur Förderung des Wissenschaftsverständnisses allgemein, wobei das Verständnis der Variablenkontrolle als eine Methodenkompetenz einen Teilaspekt

⁴Eine Konzeptionalisierung des Verständnisses der Variablenkontrolle, das der vorliegenden Arbeit und somit auch dem entwickelten Testinstrument zugrunde liegt, ist in Kapitel 2.2.5 ab S. 25 dargestellt. Zusammenfassend s. auch Abbildung 2.6 auf S. 27.

darstellt. In der hier vorgestellten Studie wird jedoch das Verständnis der Variablenkontrolle fokussiert, dies ermöglicht eine Einordnung in den (internationalen) Forschungsstand⁵.

Ziel dieses Kapitels ist es, einen Überblick über den entwickelten Test zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle zu geben. Um das Verständnis der Variablenkontrolle von Grundschülerinnen und -schülern genauer charakterisieren zu können, wurde ein Test entwickelt⁶, der aus bereits bekannten und neu entwickelten Aufgaben besteht.

5.3.1 Entwicklung des Tests in Anlehnung an die Konstruktmodellierung nach Wilson

Bei der Entwicklung des Tests wurde nach dem von WILSON (2005) vorgeschlagenen Prozedere des *Construct Modeling* bzw. der *Konstruktmodellierung* vorgegangen, das aus insgesamt vier aufeinander aufbauenden sog. *Building Blocks* besteht:

1. *Construct Map*
2. *Items Design*
3. *Outcome Space*
4. *Measurement Model*

Der erste Schritt ist die genaue Definition einer *Construct Map* (s. ab S. 103). Darauf folgt das *Items Design* (s. ab S. 105). Ziel des sich daran anschließenden *Outcome Space* (s. ab S. 105) ist die Ermöglichung der Auswertung durch Codierung der Antworten. In Anlehnung an GLUG (2009) kann hier von der Definition des Ergebnisraumes gesprochen werden. Der letzte Schritt – *Measurement Model* – ist die Prüfung der Verbindung zwischen den gemessenen Werten und dem dahinter liegenden latenten Konstrukt (s. ab S. 106).

Zu erfassendes Konstrukt *Verständnis der Variablenkontrolle*

Als Ausgangspunkt der Testentwicklung dient eine genaue Beschreibung des zu messenden Konstrukts. Basis dafür ist einerseits eine genaue Sichtung der (aktuellen) (Forschungs-)Literatur sowie bereits vorliegender Testverfahren und andererseits eine genaue Festlegung des Zwecks, zu dem das entwickelte Testinstrument eingesetzt

⁵Eine genaue Einordnung der Arbeit in den aktuellen Forschungsstand befindet sich in Kapitel 4 ab S. 85.

⁶Bei der Entwicklung des Tests stand Peter Edelsbrunner von der ETH Zürich aus der Arbeitsgruppe von Elsbeth Stern beratend zur Seite.

werden soll. Das zentrale Anliegen der genauen Definition des Konstrukts ist das Herausstellen der wesentlichen Merkmale des zu erfassenden Konstrukts zur Erleichterung der Entwicklung von Items. Das diesem Test zugrunde liegende Konstrukt des Verständnisses der Variablenkontrolle ist in Kapitel 2.2.5 ab S. 25 beschrieben worden und wird darauf basierend an dieser Stelle vertieft.

Das Verständnis der Variablenkontrolle soll durch gruppentestfähige Fragebogen-Aufgaben erhoben werden⁷. Das in Kapitel 2.2.5 ab S. 25 präsentierte Konstrukt des Verständnisses der Variablenkontrolle lässt sich zur konkreten Entwicklung von Items inhaltlich noch weiter differenzieren. So sollten in dem entwickelten Paper-Pencil-Test die beiden bereits erläuterten Teilkompetenzen *Unterscheidung zwischen konklusiven und inkonklusiven Tests*, also zwischen Effektproduktion und Hypothesentestung, sowie der *Einsatz der Variablenkontrollstrategie* repräsentiert sein. Beide Bereiche lassen sich auf Basis empirischer Befunde (KOERBER, 2006; BULLOCK & SODIAN, 2003; BULLOCK & ZIEGLER, 1999; CHEN & KLAHR, 1999) weiter unterteilen in die beiden Bereiche *Bewertung (Evaluation)* und *Entwicklung (Design)*. Die Aufgaben sind in drei verschiedene Kontexte gestellt, um das Verständnis der Variablenkontrolle domänenübergreifend zu erfassen. Als Kontexte werden dabei *Magnetismus*, *alltägliche* und *artifizielle Kontexte* gewählt⁸. Diese Änderungen führen zu der in Abbildung 5.1 dargestellten Erweiterung der bereits bekannten Abbildung 2.6 auf S. 27.

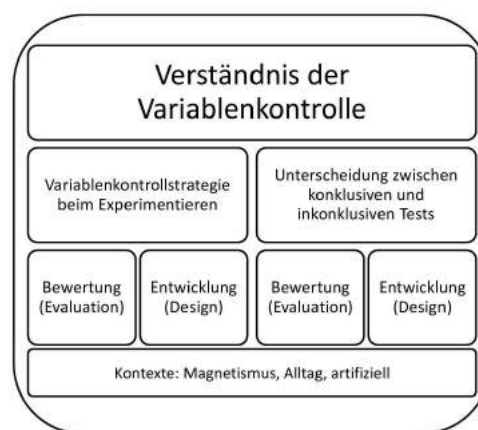


Abbildung 5.1: Zusammengefasste und erweiterte Konzeptualisierung des Verständnisses der Variablenkontrolle

⁷Dies stellt den quantitativen Teil der Studie dar. Zudem wird ein videographiertes leitfaden- und materialgestütztes Interview (s. Kapitel 5.4.2 ab S. 143) eingesetzt (qualitativer Teil der Studie), um ein möglichst umfassendes Bild der Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zu ihrem Verständnis der Variablenkontrolle zu erhalten. Dieses Interview kommt jedoch erst nach der Intervention zum Einsatz und legt den Fokus auf die von den Schülerinnen und Schülern während der Intervention entwickelten Experimente.

⁸Eine Unterscheidung zwischen dem Kontext *Magnetismus* und dem Kontext *Alltag* liegt darin begründet, dass in der Intervention zum Thema „Magnetismus“ gearbeitet wird.

Konstruktion der Items

Nach einer genauen Konstruktdefinition folgt die Klärung, wie sich das definierte theoretische Konstrukt manifestiert, es folglich sichtbar wird. Dabei müssen die Ebene des latenten Konstrukts und die Ebene des messbaren Verhaltens, das sich konkret in der Beantwortung der Test-Items zeigt, unterschieden werden. Bei der Entwicklung der Items müssen beide Ebenen im Blick behalten werden.

Wichtig bei der Entwicklung der Items ist nicht nur die genaue Überlegung der Itemformulierung auf inhaltlicher Ebene, sondern auch die Entscheidung für bestimmte Itemformate. Begründet durch die Analyse bereits vorhandener Tests zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle – in vielen Studien meist als Teil des Wissenschaftsverständnisses – werden in dem hier entwickelten Test verschiedene Antwortformate kombiniert. „[S]chriftliche Testverfahren [sollten] neben Multiple-choice-Aufgaben auch aus Aufgabenformaten mit freien schriftlichen Antworten – insbesondere in den höheren Klassen der Grundschule – bestehen, da die hierbei produzierten Antworten den in Interviews gegebenen Antworten näher kommen.“ (POLLMEIER et al., 2011, S. 850) Zu bedenken ist dabei jedoch, dass das freie Formulieren von Antworten bei Grundschülerinnen und -schülern stark von ihren schriftsprachlichen Fähigkeiten beeinflusst – und teilweise limitiert – wird⁹ (POLLMEIER et al., 2011).

Die auf entwicklungspsychologischer Forschung zur Experimentierfähigkeit von Kindern aufbauenden Aufgaben werden in Anlehnung an renommierte Aufgaben, wie z. B. die *Flugzeugaufgabe* von BULLOCK & ZIEGLER (1999), entwickelt. Eine genaue Übersicht über die Studien, die bei der Aufgabenentwicklung als Grundlage dienten, kann Tabelle (s. Anlage A.3 im Anhang ab S. 276) entnommen werden.

Alle Aufgaben wurden in einem einheitlichen Format präsentiert, an den Grundschulwortschatz angepasst, durch Abbildungen illustriert sowie kindgerecht formuliert und aufbereitet. So entstand ein Testheft mit 23 Items in 18 (inhaltlich voneinander zu trennenden) Aufgaben, wobei jede Seite des Testhefts – bis auf drei Ausnahmen – eine Aufgabe enthält¹⁰.

Spezifikation des Ergebnisraumes

Um von den manifesten Daten auf das dem Test zugrunde liegende Konstrukt zu schließen, ist es notwendig, genaue Überlegungen zur Auswertung der Itemantworten anzustellen. Dies geschieht über die Zuordnung von Bewertungen in Form von

⁹Auch dies ist ein Grund, weshalb zusätzlich zu dem quantitativen Verfahren des Paper-Pencil-Tests in der vorliegenden Studie ein Interview eingesetzt wird.

¹⁰Für die genaue Beschreibung der Aufgaben s. Kapitel 5.3.4 (ab S. 114).

Zahlen zu den einzelnen Itemantworten. Bei geschlossenen Items ist der Ergebnisraum bereits bei der Entwicklung der Itemantworten festgelegt. So steht genau fest, welcher Antwort welche Bewertung zugewiesen wird. Eine Ausnahme bilden Items mit offenem Antwortformat. Diese müssen nach einem festgelegten Schema inhaltlich interpretiert und kategorisiert werden, damit ihnen Bewertungen zugeordnet werden können.

Das dem in der vorliegenden Arbeit entwickelten Test zugrunde liegende Codierungssystem ist in Anlehnung an andere bereits existierende Codierungssysteme zum Wissenschaftsverständnis von Grundschülerinnen und -schülern entwickelt worden und wird detailliert in Kapitel 5.3.2 ab S. 106 beschrieben.

Festlegung des Testmodells

Der letzte von WILSON (WILSON 2005) beschriebene Schritt zur Konstruktmodellierung ist die Verbindung zwischen den konkreten erhobenen Werten und dem dahinter liegenden Konstrukt, was mit Hilfe eines Testmodells geschieht. Durch das Modell werden die manifesten Daten der einzelnen Testpersonen mit dem latenten Konstrukt verknüpft. Ob dies über klassische oder probabilistische Verfahren geschieht, ist dabei unwichtig. Allerdings ist es wichtig, dass der Entwicklung eines Tests ein solches Testmodell zugrunde liegt. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit geschieht dieser Schritt mit Hilfe der konfirmatorischen Faktorenanalyse (s. Kapitel 5.3.6.2.4.1 ab S. 134).

Auf Basis der Konstruktmodellierung und dem Einplanen der Notwendigkeit eines Ausschlusses von Items wurden für die erste Testversion 23 Items entwickelt.

5.3.2 Codierung der Antworten

Basierend auf der Vorstellung, dass Lernen im Sinne eines *Conceptual Change*-Prozesses eine Veränderung bereits vorhandener Vorstellungen darstellt, werden in der vorliegenden Arbeit in Anlehnung an CAREY & EVANS (1989), KOERBER et al. (2011) und POLLMEIER et al. (2011) vier Kompetenzniveaus zum Verständnis der Variablenkontrolle vorgeschlagen¹¹: So gibt es insgesamt vier verschiedene Level –

¹¹CAREY & EVANS (1989), KOERBER et al. (2011) und POLLMEIER et al. (2011) schlagen insgesamt drei Vorstellungsniveaus vor und fassen die beiden in der vorliegenden Arbeit separat behandelten Level 0 und 1 zu einem Level (naive Vorstellungen) zusammen. Um differenziertere Aussagen zu den Vorstellungsniveaus der Schülerinnen und Schüler treffen zu können, ist es an dieser Stelle sinnvoll, davon abzuweichen und die Level 0 und 1 als zwei sich voneinander unterscheidende Level zu betrachten. Auf diese Weise ist es möglich, zwischen Schülerinnen und Schülern zu differenzieren, die eine Antwort, wie „Ich weiß es nicht.“, geben (Level 0) und eine naive Vorstellung äußern (Level 1).

0, 1, 2 und 3. Diese entsprechen den Vorstellungsniveaus (0) *keine Antwort* (gemeint sind Aussagen, wie „Keine Ahnung“ oder auch gar keine Aussagen), (1) *naive Vorstellungen* (Fehlvorstellungen, die keiner empirischen Prüfung standhalten), (2) *Zwischenvorstellungen* (Vorstellungen, die Phänomene begrenzt erklären können) und (3) *wissenschaftlich adäquate Vorstellungen* (Vorstellungen, die sich mit in der Wissenschaft geteilten Konzepten vereinbaren lassen). Eine Begründung für die verschiedenen Niveaus kann aus Erkenntnissen begrifflicher Entwicklung abgeleitet werden. Zunächst versuchen Kinder, sich naturwissenschaftliche Phänomene unter Rückgriff auf naive Vorstellungen zu erklären. Diese Vorstellungen bewähren sich für die Kinder in vielen Alltagssituationen, was eine Veränderung dieser Konzepte, z. B. durch Unterricht, erschwert (WANDERSEE, MINTZES & NOVAK, 1994). Sie werden im Laufe der Entwicklung umstrukturiert und lassen sich von Zwischenvorstellungen auf dem Niveau 2 dadurch unterscheiden, dass diese belastbar und ausbaufähig sind. „Erst durch Unterricht werden auch in der Grundschule erste wissenschaftliche Vorstellungen aufgebaut (Niveau 3).“ (HARDY et al., 2010, S. 116)

Auf der Grundlage entwicklungspsychologischer Befunde (s. Kapitel 3.1 ab S. 47) und von Kompetenzmodellen zur *Scientific Literacy* (s. Kapitel 2.1 ab S. 6) wird angenommen, dass sich der Entwicklungsverlauf im Bereich des Verständnisses der Variablenkontrolle im Sinne von *Conceptual Change*-Prozessen (s. Kapitel 2.4.3 ab S. 38) als Übergang von einem Niveau naiver Vorstellungen über ein Niveau der Zwischenvorstellungen hin zu einem Niveau wissenschaftlich adäquater Vorstellungen beschreiben lässt. Aufbauend auf den Verständnisebenen von CAREY & EVANS (1989) und KOERBER et al. (2011) können die hierarchisch angeordneten Niveaus für ein Verständnis der Variablenkontrolle wie folgt beschrieben werden:

Das unterste Niveau (0) bilden Antworten, die auf *keine Vorstellung* zum Verständnis der Variablenkontrolle schließen lassen. Damit gemeint sind Aussagen wie „Keine Ahnung.“ oder „Ich weiß es nicht.“ Auf dem darüber stehenden Niveau (1) handelt es sich um *naive Vorstellungen*. Sie sind nicht mit wissenschaftlichen Vorstellungen und Erklärungsmodellen vereinbar. Auf dem Niveau der naiven Vorstellungen werden Experimente vorwiegend zur Produktion erwünschter Effekte statt als Methode zur Prüfung von Hypothesen gesehen. Es findet keine Manipulation von Variablen statt. In einem graduellen Prozess der Umstrukturierung müssen die nicht belastbaren Konzepte aufgegeben und durch andere ersetzt werden. Wenn Kinder beginnen, ihre vorherrschenden naiven Vorstellungen umzustrukturieren, kann ihr Lernweg sie dabei über sogenannte *Zwischenvorstellungen* führen. Dabei handelt es sich um eine Verknüpfung von naiven Vorstellungen und wissenschaftlich belastbaren Erklärungen, die sich im Alltag der Kinder bewähren, und die durch eine Differenzierung in

das Niveau der wissenschaftlichen Vorstellung überführt werden können. Auf dem Niveau (2) der Zwischenvorstellungen besteht ein Verständnis von Wissenschaft als Testen von Hypothesen. Im Vergleich zum höchsten Niveau fehlt allerdings noch der systematische Umgang mit Variablen. So werden beispielsweise kontrastive Tests vorgeschlagen, bei der nur auf die fokale Variable fokussiert wird, die anderen Variablen allerdings nicht konstant gehalten werden. Das höchste Niveau (3) sind *wissenschaftlich adäquate Vorstellungen*. Dabei handelt es sich um Vorstellungen, die mit wissenschaftlichen Erklärungen vereinbar sind. Auf dem Niveau der wissenschaftlich adäquaten Vorstellungen haben die Lernenden ein Verständnis davon, dass ein Test zur Hypothesentestung dient und so geplant und durchgeführt werden muss, dass die Hypothese getestet werden kann. Es werden kontrollierte Experimente entwickelt. Dabei wird die fokale Variable variiert, während alle anderen (relevanten) Variablen konstant gehalten werden. Einen zusammenfassenden Überblick über die Niveaus stellt die Tabelle 5.4 dar.

Tabelle 5.4: Niveaus des Verständnisses der Variablenkontrolle in Anlehnung an CAREY & EVANS (1989), KOERBER et al. (2011) sowie POLLMEIER et al. (2011)

Niveau 0	keine Vorstellungen	keine Aussage ¹² oder Antworten, wie „Ich weiß es nicht.“
Niveau 1	naive Vorstellungen	Experimente werden als Ausprobieren verstanden und vorwiegend zur Produktion von erwünschten Effekten statt als Methode zur Hypothesenprüfung gesehen. Eine Manipulation von Variablen findet nicht statt.
Niveau 2	Zwischenvorstellungen	Verständnis vom Experiment als Testen von Hypothesen. Die fokale Variable wird bewusst manipuliert, dabei werden jedoch die anderen Variablen nicht konstant gehalten (kontrastiver Test). Im Vergleich zu Niveau 3 fehlt der systematische Umgang mit Variablen im Sinne eines kontrollierten Experiments.
Niveau 3	wissenschaftlich adäquate Vorstellungen	Experimente dienen der Prüfung von Hypothesen. Die Kinder sind in der Lage, systematisch mit Variablen umzugehen und so kontrollierte Experimente zu bewerten und/oder zu entwickeln.

Bei allen Items – sowohl mit einem offenen als auch mit einem geschlossenen Antwortformat – wird ein vierstufiges Codierungsverfahren (Niveau 0, 1, 2 und 3) angestrebt. Gleichzeitig werden alle Items bepunktet. Für Vorstellungen auf dem Niveau

¹²Hiermit sind keine fehlenden Werte gemeint, sondern Aussagen von Kindern, wie „Ich weiß es nicht.“ oder „Keine Ahnung.“.

0 werden 0 Punkte vergeben, für naive Vorstellungen 1 Punkt, für Zwischenvorstellungen 2 Punkte und für wissenschaftlich adäquate Vorstellungen 3 Punkte.

Einzelne Aufgaben des Tests bestehen aus mehr als einem Item (s. Tabelle 5.5). Dies ist z. B. bei Aufgaben der Fall, bei denen die Schülerinnen und Schüler zunächst eine/r Aussage durch Ankreuzen von „Ja“ oder „Nein“ zustimmen oder ablehnen müssen, um ihre Zustimmung oder Ablehnung anschließend zu begründen. Beide Antwortschritte werden zunächst separat bepunktet und anschließend zu einem Gesamtpunktwert für die Aufgabe zusammengefasst. Damit die einzelnen Aufgaben des Tests trotzdem miteinander verglichen werden können, werden zusammengehörende Items zusammengefasst und so umcodiert, dass am Ende bei jeder Testaufgabe mindestens 0 Punkte und maximal 3 Punkte erreicht werden können. So ergibt sich für die einzelnen Aufgaben folgende Übersicht hinsichtlich der Bepunktung (s. Tabelle 5.5).

Tabelle 5.5: Übersicht über die Bepunktung der einzelnen Testaufgaben

Name der Aufgabe	Aufgabenteil(e)	Bepunktung	max. Punkte
1. ¹³ Welche Katze hat das Futter gefressen?	Auswahl einer Antwort	0 bis 3	3
2. Welche Giraffe hat die Karotte gefressen?	Auswahl einer Antwort	0 bis 3	3
2. Welche Giraffe hat die Karotte gefressen?	Formulierung einer Antwort	0 bis 3	3
3. Fressen Kattas Früchte?	Auswahl einer Antwort	0 bis 3	3
4. Fressen Meisen Sonnenblumenkerne?	Auswahl einer Antwort	0 bis 3	3
5. Welche Maus ist im Haus?	Auswahl einer Antwort	0 bis 3	3
6. Können Duros besser riechen als Ondis?	Auswahl einer Antwort	0 bis 3	3
7. Welcher Magnet ist stärker?	Auswahl „Ja“, „Nein“	0 bis 2	3
	Formulierung einer Antwort	0 bis 3	
8. Welcher Magnet trägt den schwereren Becher?	Auswahl „Ja“, „Nein“	0 bis 2	3
	Formulierung einer Antwort	0 bis 3	
9. Ist die Wassermenge für das Wachsen von Pflanzen wichtig? Teil 1	Auswahl „Ja“, „Nein“	0 bis 2	3
	Formulierung einer Antwort	0 bis 3	
9. Ist die Wassermenge für das Wachsen von Pflanzen wichtig? Teil 2 (Tipp zum Verbessern)	Formulierung einer Antwort	0 bis 3	3
10. Wer rennt am schnellsten?	Auswahl mehrerer Antworten	0 bis 3	3
10. Wer rennt am schnellsten?	Formulierung einer Antwort	0 bis 3	3
11. Mit welchem Buch lernt man am besten?	Auswahl „Ja“, „Nein“	0 bis 2	3
	Formulierung einer Antwort	0 bis 3	

Tabelle 5.5: Übersicht über die Bepunktung der einzelnen Testaufgaben: Fortsetzung

Name der Aufgabe	Aufgabenteil(e)	Bepunktung	max. Punkte
12. Welcher Magnet ist der stärkere?	Auswahl einer Antwort	0 bis 3	3
12. Welcher Magnet ist der stärkere?	Formulierung einer Antwort	0 bis 3	3
13. Bei welchem Hammer braucht man am wenigsten Kraft?	Auswahl einer Antwort	0 bis 3	3
14. Welcher Drachen fliegt am besten?	Auswahl mehrerer Antworten	0 bis 3	3
15. Welches Flugzeug fliegt am besten?	Auswahl einer Antwort	0 bis 3	3
16. Kannst du selbst ein Experiment planen? Teil 1	Formulierung einer Antwort	0 bis 3	3
16. Kannst du selbst ein Experiment planen? Teil 2 (relevante Bedingungen)	Formulierung einer Antwort	0 bis 3	3
17. Wovon bekommen die Sekianer rote Flecken?	Auswahl einer Antwort	0 bis 3	3
18. Sind größere Magneten stärker?	Zustimmung/Ablehnung von Aussagen	0 bis 3	3
18. Sind größere Magneten stärker?	Formulierung einer Antwort	0 bis 3	3

Bei den Aufgaben „Welche Katze hat das Futter gefressen?“, „Fressen Kattas Früchte?“, „Fressen Meisen Sonnenblumenkerne?“, „Welche Maus ist im Haus?“, „Können Duros besser riechen als Ondis?“, „Bei welchem Hammer braucht man am wenigsten Kraft?“, „Welcher Drachen fliegt am besten?“, „Welches Flugzeug fliegt am besten?“ und „Wovon bekommen Sekianer rote Flecken?“ sind die Informationen in der Tabelle 5.5 ausreichend, um die Codierung nachzuvollziehen, sodass es keine weiteren Erklärungen bedarf. Im Folgenden gehe ich deshalb auf die Codierung der Aufgaben ein, die auf den ersten Blick nicht eindeutig sind. So enthält die Aufgabe „Welche Giraffe hat die Karotte gefressen?“ zwei Aufgabenteile – einen, in dem die Kinder eine Antwort auswählen und einen, in dem sie eine eigene Antwort frei formulieren müssen. Da es sich, wie das Kapitel 5.3.4 ab S. 114 zeigen wird, dabei um zwei Aufgaben handelt, die zwar inhaltlich zusammengehören, aber verschiedene Aspekte des Verständnisses der Variablenkontrolle erfassen, gibt es für jeden Teil der Aufgabe einen maximalen Punktwert von 3. Eine Zusammenfassung zu einem Gesamtpunktwert ergibt an dieser Stelle keinen Sinn und ginge auf Kosten der Vergleichbarkeit mit

¹³Die in dieser Tabelle angegebene Nummerierung der Aufgaben bezieht sich auf die Reihenfolge der Aufgaben, wie sie in der Version A des Testhefts angeordnet sind.

den anderen Aufgaben. Gleiches gilt für die Aufgaben „Wer rennt am schnellsten?“, „Welcher Magnet ist der stärkere?“ und „Sind größere Magneten stärker?“.

Anders verhält es sich bei den Aufgaben „Welcher Magnet ist stärker?“, „Ist die Wassermenge für das Wachsen von Pflanzen wichtig? – Teil 1“ und „Mit welchem Buch lernt man am besten?“. Hierbei handelt es sich um Aufgaben, bei denen die Schülerinnen und Schüler als erstes zwischen den beiden Antwortoptionen „Ja“ und „Nein“ auswählen müssen. Anschließend sollen sie ihre Auswahl begründen. Dabei werden allerdings nur die Begründungen von den Kindern weiter berücksichtigt und codiert, die das Experiment richtigerweise mit „Nein“ abgelehnt haben. Auf diese Weise entsteht ein Gesamtpunktwert durch Addition der einzelnen Punktwerte der beiden Aufgabenteile. Dieser wird, um die Vorstellungen der Kinder bei diesen Aufgaben mit denen bei den anderen Aufgaben vergleichen zu können, zu einem Gesamtpunktwert für die Aufgabe umgerechnet, der dann maximal den Wert drei annehmen kann¹⁴.

Bei den Aufgaben „Welcher Magnet ist der stärkere?“, „Kannst du selbst ein Experiment planen?“ (Teil 1 und 2) und „Sind größere Magneten stärker?“ handelt es sich zwar ebenfalls um Aufgaben, die aus zwei Teilen bestehen, diese jedoch nicht zu einem Gesamtpunktwert zusammengefasst werden. Dies liegt darin begründet, dass es sich bei diesen Aufgabenteilen um einzelne Teile handelt, die für sich genommen einen Eindruck in die Vorstellungen der Kinder zum Verständnis der Variablenkontrolle geben und sich einzeln den verschiedenen Niveaus zuordnen lassen, sodass sie mit den anderen Aufgaben verglichen werden können. So müssen die Schülerinnen und Schüler z. B. bei der Aufgabe „Welcher Magnet ist der stärkere?“ aus drei vorgeschlagenen Experimenten eines auswählen (Teil 1) und anschließend ihre Auswahl begründen (Teil 2). Aus diesem Grund werden sie einzeln bepunktet und nicht weiter zusammengefasst.

Ein weiterer Punkt, der bei der Codierung der Aufgaben berücksichtigt werden muss, ist der Umgang mit fehlenden Werten. Der Test zum Verständnis der Variablenkontrolle ist als Gruppentest konzipiert und wird als solcher durchgeführt. Den Kindern wird dabei je Aufgabe genügend Zeit zur Bearbeitung gegeben. Fehlende Werte entstehen dadurch, dass Test-Items entweder nicht beantwortet oder nicht in-

¹⁴Der Nachvollziehbarkeit halber soll an dieser Stelle dazu ein konkretes Beispiel gegeben werden: Wenn ein Kind bei der Aufgabe richtigerweise „Nein“ ankreuzt, erhält es dafür 2 Punkte. Begründet es seine Antwort anschließend auf dem Niveau einer Zwischenvorstellung, erhält es dafür noch einmal 2 Punkte. Das ergibt einen Gesamtpunktwert von 2 plus 2 gleich 4 Punkten und entspricht dann insgesamt einem Niveau der Zwischenvorstellungen, sodass das Kind für die Aufgabe insgesamt 2 Punkte erhält. 3 Punkte gibt es nur für Kinder, die sowohl richtigerweise „Nein“ auswählen und deren Begründung auf dem Niveau der wissenschaftlich adäquaten Vorstellungen liegt.

interpretierbar beantwortet (z. B. durch das Ankreuzen zweier Antworten, wobei nur eine Antwort angekreuzt werden sollte) werden. Sollten trotz der Testadministration fehlende Werte auftreten, werden diese explizit als solche gekennzeichnet, sodass sie bei den weiteren Analysen berücksichtigt werden können. Bei der Bildung von Summenwerten werden fehlende Werte als falsche bzw. keine Antwort mit 0 Punkten bewertet.

5.3.3 Antwortformate

Die Tabelle 5.6 gibt einen Überblick über die Antwortformate der einzelnen Testaufgaben.

Tabelle 5.6: Antwortformate der einzelnen Aufgaben

Name der Aufgabe	Antwortformat
Welche Giraffe hat die Karotte gefressen?	Multiple-Choice offen
Fressen Kattas Früchte?	Multiple-Choice
Fressen Meisen Sonnenblumenkerne?	Multiple-Choice
Welche Maus ist im Haus?	Multiple-Choice
Können Duros besser riechen als Ondis?	Multiple-Choice
Welcher Magnet ist stärker?	Multiple-Choice offen
Welcher Magnet trägt den schwereren Becher?	Multiple-Choice offen
Ist die Wassermenge für das Wachsen von Pflanzen wichtig?	Multiple-Choice offen offen
Wer rennt am schnellsten?	Multiple-Choice (Mehrfachwahl) ¹⁵ offen
Mit welchem Buch lernt man am besten?	Multiple-Choice offen
Welcher Magnet ist der stärkere?	Multiple-Choice offen
Bei welchem Hammer braucht man am wenigsten Kraft?	Multiple-Choice
Welcher Drache fliegt am besten?	Entscheidungsfrage
Welches Flugzeug fliegt am besten?	Multiple-Choice
Kannst du selbst ein Experiment planen?	offen offen
Wovon bekommen die Sekianer rote Flecken?	Multiple-Choice
Sind größere Magneten stärker?	Entscheidungsfrage offen

Die Tabelle 5.6 zeigt, dass es insgesamt 28 Aufgaben, davon 15 im Multiple-Choice-Format, eine davon mit Mehrfachwahl, zwei Entscheidungsfragen und elf offene Aufgaben im Test gibt. Die offenen Aufgaben werden dabei alle nach dem oben beschriebenen System codiert (s. Kapitel 5.3.2 ab S. 106).

Die Antwortalternativen der Multiple-Choice-Aufgaben entsprechen in den meisten Fällen den verschiedenen Kompetenzniveaus naiver Vorstellungen, Zwischenvorstellungen und wissenschaftlich adäquaten Vorstellungen¹⁶. Dabei soll die beste der meist drei – teilweise auch vier – Antwortalternativen angekreuzt werden. Bei den Aufgaben „Welche Giraffe hat die Karotte gefressen?“, „Fressen Kattas Früchte?“, „Fressen Meisen Sonnenblumenkerne?“, „Welche Maus ist im Haus?“ und „Können Duros besser riechen als Ondis?“ werden allerdings nur zwei der drei angenommenen Kompetenzniveaus berücksichtigt – naive und wissenschaftlich adäquate Vorstellungen –, da bei der Aufgabe Zwischenvorstellungen nicht sinnvoll zu erfassen sind.

Bei dem zweiten Antwortformat sind Multiple-Choice-Aufgaben gekoppelt mit einem offenen Antwortformat. Dies betrifft die Aufgaben „Welche Giraffe hat die Karotte gefressen?“, „Wer rennt am schnellsten?“, „Welcher Magnet ist der stärkere?“ und „Sind größere Magneten stärker?“. So sollen die Kinder ihre Antwortauswahl in einem zweiten Schritt kurz begründen und dann ggf. weitere Überlegungen zu der Aufgabe anstellen, z. B. in Form eines auszudenkenden Experiments oder in Form von Verbesserungsvorschlägen. Die Aufgaben „Wer rennt am schnellsten?“ und „Sind größere Magneten stärker?“ unterscheiden sich insofern, als es sich um Multiple-Choice-Aufgaben im Mehrfachwahl-Format handelt. Den Kindern werden verschiedene Aussagen präsentiert, wobei sie (nicht wie einer Multiple-Choice-Aufgabe nur eine, sondern) alle richtigen Aussagen (zwei der vier Aussagen sind richtig) ankreuzen sollen.

Die Aufgaben „Welcher Magnet ist stärker?“, „Welcher Magnet trägt den schwereren Becher?“, „Ist die Wassermenge für das Wachsen von Pflanzen wichtig?“ und „Mit welchem Buch lernt man am besten?“ sind Aufgaben im Multiple-Choice-Format, wobei die Auswahlmöglichkeiten hier „Ja“ und „Nein“ sind. Dadurch können die Schülerinnen und Schüler eine naive Vorstellung annehmen oder ablehnen. Dieser Aufgabentypus ist immer mit einem offenen Antwortformat kombiniert. So muss zuerst in einer Ja-/Nein-Frage eine naive Vorstellung angenommen oder abgelehnt

¹⁵Der Unterschied zwischen dem Antwortformat *Multiple-Choice* und *Multiple-Choice (Mehrfachwahl)* liegt darin, dass die Schülerinnen und Schüler bei einer Multiple-Choice-Frage aus mehreren Antwortmöglichkeiten nur eine Antwort ankreuzen sollen, bei einer Frage mit einem Multiple-Choice-(Mehrfachwahl)-format hingegen, haben die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe, alle Antworten aus den vorgeschlagenen Antworten auszuwählen, die sie für richtig halten.

¹⁶Das Niveau 0 wird den Schülerinnen und Schülern nicht angeboten, da es keinen Aufschluss über die Vorstellungen der Kinder in Bezug auf ihr Verständnis der Variablenkontrolle gibt.

werden, bevor in einem zweiten Schritt die Kinder schriftlich eine kurze Erklärung ihrer gegebenen Antwort geben sollen.

Zur Kontrolle eines möglichen Reihenfolgeeffekts wurden zwei Testhefte (Version A und Version B) erstellt. Beide Testhefte beinhalten die gleichen Aufgaben, allerdings in unterschiedlicher Reihenfolge. In der Version A kommen zunächst alle Aufgaben zum Bereich des konklusiven Tests und daran anschließend alle Aufgaben zum Einsatz der Variablenkontrolle beim Experimentieren. In der Version B sind die Aufgaben hingegen zufällig angeordnet. Wie die einzelnen Aufgaben genau gestaltet sind, wird im folgenden Kapitel erläutert.

5.3.4 Items

Der Test besteht insgesamt aus 24 Items. Die Kompetenzkomponente zur Unterscheidung zwischen konklusiven und inkonklusiven Tests wird in sieben Items erfasst. Drei dieser Aufgaben erheben das intuitive Verständnis der Bewertung konklusiver Tests. Durch die anderen vier Aufgaben wird erhoben, inwiefern Kinder in der Lage sind, konklusive Tests zu entwickeln.

Die übrigen 17 Items dienen der Erfassung der Anwendung der Variablenkontrolle als eine Experimentierstrategie. Dazu zählen das Verständnis der Notwendigkeit der Variation der fokalen Dimension in einem experimentellen Design (fünf Items) sowie die Wahl eines kontrollierten Experiments (elf Items) (BULLOCK & ZIEGLER, 1999). Ein weiteres Item erfasst eher einen inhaltlichen Aspekt zum Thema Magnetismus (Aufgabe „Sind größere Magneten stärker? Teil 1“), wird allerdings in Verbindung mit dem zweiten Teil dieser Aufgabe der Kompetenzkomponente der Anwendung der Variablenkontrolle zugeordnet.

Die Zuordnung der Aufgaben zu den einzelnen Bereichen ist in Tabelle 5.7 zusammengefasst.

Tabelle 5.7: Übersicht über die Zuordnung der Items zu den einzelnen Aspekten des Verständnisses der Variablenkontrolle

		Kontext Magnetismus	Kontext Alltag	artifizieller Kontext
konklusiver Test	Evaluation	1	1	1
	Design	0	3	1
Variablenkontrolle	Evaluation	2	2	1
	Design	2	7	1

Die unterschiedliche Besetzung der Zellen kommt dadurch zustande, dass der Schwerpunkt der in der vorliegenden Arbeit durchgeführten Intervention auf der Förderung

des Einsatzes der Variablenkontrolle beim Experimentieren als Teil des Verständnisses der Variablenkontrolle liegt. Deshalb wird dieser Bereich mit 15 Items umfangreicher erfasst als der Bereich zur Unterscheidung zwischen konklusiven und inkonklusiven Tests, der mit 7 Items erhoben wird. Da die Entwicklung von Experimenten Schülerinnen und Schülern schwerer zu fallen scheint, als die Bewertung experimenteller Designs (BULLOCK & SODIAN, 2003; BULLOCK & ZIEGLER, 1999), ist ein weiterer Unterschied bzgl. der beiden Bereiche Evaluation (Bewertung) und Design (Entwicklung) in der Besetzung der Zellen zu finden. So wurden mehr Items zur Erhebung des Bereiches Design (14 Items) konstruiert als zum Bereich Evaluation (8 Items). Da das Ziel ist, das Verständnis der Variablenkontrolle der Schülerinnen und Schüler domänenübergreifend zu erfassen, sind die Items in drei verschiedene Kontexte eingebettet. Die meisten Items beziehen sich auf einen alltäglichen Kontext (13 Items), der außerhalb des Unterrichts im Kontext Magnetismus (5 Items) liegt und für die Schülerinnen und Schüler eine hohe Relevanz hat – im Vergleich zu einem artifiziellen Kontext (4 Items).

Es folgt eine genaue Beschreibung der unterschiedlichen Aufgabenstrukturen anhand ausgewählter Beispiele aus dem Test. Gleichzeitig werden die einzelnen Aufgaben den Bereichen (Unterscheidung zwischen konklusiven und inkonklusiven Tests und Einsatz der Variablenkontrollstrategie) zugeordnet.

Items zur Unterscheidung zwischen konklusiven und inkonklusiven Tests

Bei den Items zur Unterscheidung zwischen konklusiven und inkonklusiven Tests, insbesondere der Unterscheidung zwischen Hypothesentestung und Effektproduktion, wird zwischen Items unterschieden, die zur Evaluation (Bewertung) und die zum Design (Entwicklung) dienen (s. Abbildung 5.1 auf S. 104).

Evaluation (Bewertung) Das Item „Welche Katze hat das Futter gefressen?“ (kT_Eva_1_Katze) (s. Abbildung 5.2) überprüft das Verständnis der Evaluation eines konklusiven Tests in Form eines Multiple-Choice-Items im Kontext Magnetismus. Das Problem wird, wie bei allen Items, in Form einer Geschichte präsentiert. Es wird ein Test zur Überprüfung einer Hypothese beschrieben. Die Kinder sollen den Test bewerten, indem sie die Frage beantworten: „Was weiß sie jetzt?“ Als Antwortalternativen werden zwei naive Vorstellungen und eine wissenschaftlich adäquate Vorstellung gegenübergestellt.

1. Welche Katze hat das Futter gefressen?

Jana vermutet, dass in letzter Zeit eine fremde Katze zu ihnen ins Haus geht und ihrer Katze das Futter wegfrisst. Ihre eigene Katze ist nämlich immer noch hungrig, auch wenn ihr Futter schon weg ist.



Jana möchte nun herausfinden, ob ihre eigene Katze das Futter gefressen hat oder eine andere Katze.

Sie legt ihrer Katze ein Halsband mit einem Magneten um.



Auf den Rand des Futternapfes legt sie eine Büroklammer. Der Magnet am Halsband ist so stark, dass er die Büroklammer auf jeden Fall anzieht. Als sie wieder nachschaut, ist die Büroklammer noch da. Der Futternapf aber leer. Was weiß sie jetzt?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Sie weiß, dass ihre eigene Katze das Futter gefressen hat.
- ☐ Sie weiß, dass die fremde Katze das Futter gefressen hat.
- ☐ Es können beide Katzen das Futter gefressen haben.

3

Abbildung 5.2: Welche Katze hat das Futter gefressen?

Mit dem Item „Fressen Kattas Früchte?“ (kT_Eva_3_Kattas) (s. Abbildung 5.3) wird ebenfalls das Verständnis der Evaluation eines konklusiven Tests untersucht, allerdings im artifiziellen Kontext. Dieses Multiple-Choice-Item erfordert ebenfalls die Wahl der besten der drei angebotenen Antwortalternativen auf zwei der beschriebenen Kompetenzniveaus.

3. Fressen Kattas Früchte?

Sari wohnt auf dem Planeten Geli. Auf dem Planeten Geli leben zwei Arten von Tieren: Dantis und Kattas. Kattas sind viel kleiner als Dantis.



Danti



Katta

Sari hat Früchte vor die Tür gelegt, um die Dantis zu füttern.

Um herauszufinden, ob auch Kattas die Früchte fressen, bastelt sie ein Futterhaus. Sie baut das Haus mit einer ganz großen Öffnung, so dass Dantis und Kattas ins Haus kommen können. Sie legt Früchte in das Haus. Ein paar Stunden später ist das Futter weggeessen.



Welches Tier hat die Früchte gefressen? Kreuze nur eine Antwort an! ☐ Das große Danti hat die Früchte gefressen. ☐ Das kleine Katta hat die Früchte gefressen. ☐ Man weiß nicht, wer die Früchte gefressen hat.

5

Abbildung 5.3: Fressen Kattas Früchte?

Mit dem Item „Welche Giraffe hat die Karotte gefressen?“ (kT_Eva_Des_2_-Giraffe) wird der Aspekt der Hypothesenprüfung und der Unterscheidung zwischen einem inkonklusiven und konklusiven Test im Kontext Alltag und kombiniert mit dem Verständnis des Designs eines konklusiven Tests (s. Teil 2 der Aufgabe¹⁷) erfasst. Der erste Teil ist analog zur Aufgabe „Welche Katze hat das Futter gefressen?“. Der zweite Teil der Aufgabe dient der Erfassung der Unterscheidung zwischen konklusiven und inkonklusiven Tests im Bereich Entwicklung (Design) und wird im

¹⁷Bei der Entwicklung des Tests zum Verständnis der Variablenkontrolle wird zwischen den beiden Begriffen *Item* und *Aufgabe* unterschieden. Mit *Item* ist der kleinste Bestandteil des Tests gemeint, also der Teil, für den die Versuchsteilnehmenden jeweils einen einzelnen (Punkt-)Wert erhalten. Mit dem Begriff *Aufgabe* hingegen sind die inhaltlich zusammengehörenden Teile des Tests gemeint. So besteht die Aufgabe „Welche Giraffe hat die Karotte gefressen?“ aus zwei Items – eines zur Evaluation (Teil 1) und eines zum Design (Teil 2).

folgenden Abschnitt beschrieben.

Design (Entwicklung) Insgesamt vier Items dienen der Untersuchung des Aspekts der Hypothesenprüfung und der Unterscheidung zwischen einem inkonklusiven und einem konklusiven Test. Dazu gehören die Aufgaben „Welche Giraffe hat die Karotte gefressen?“ (Teil 2) (kT_Des_1_Giraffe_Experiment), „Fressen Meisen Sonnenblumenkerne?“ (kT_Des_2_Meisen), „Welche Maus ist im Haus?“ (kT_Des_3_Maus) und „Können Duros besser riechen als Ondis?“ (kT_Des_4_Duros). Anders als im vorherigen Abschnitt liegt der Fokus bei diesen Aufgaben jedoch nicht auf der Bewertung von Tests, sondern auf der Entwicklung eigener Tests.

Innerhalb des zweiten Teils der Aufgabe „Welche Giraffe hat die Karotte gefressen?“ (kT_Des_1_Giraffe_Experiment) haben die Kinder die Aufgabe, einen Test vorzuschlagen, mit dem eine Hypothese geprüft werden kann („Was kann Gabi tun, um herauszufinden, ob die große Giraffe die Karotte gefressen hat?“). Es handelt sich um ein Item in einem offenen Format. Diese – und alle anderen – offenen Antworten werden anhand eines Codiermanuals (s. Kapitel 5.3.2 ab S. 106) codiert beurteilt.

In der Aufgabe „Welche Maus ist im Haus“ (kT_Des_3_Maus) (s. Abbildung 5.4) werden den Kindern für die Aufgabe wichtige Informationen und zwei Vermutungen präsentiert. Um die Vermutungen zu überprüfen, wird ein Test in zwei Variationen vorgeschlagen. Die Aufgabe für die Kinder ist, auszuwählen, welche Variation geeignet ist, um die Vermutungen zu überprüfen. Im Rahmen der Multiple-Choice-Antworten können die Kinder zwischen konklusiven und inkonklusiven Tests wählen. Die Auswahl eines konklusiven Tests wird durch die erste Antwortalternative möglich. Die zweite Antwort zeigt, dass die Kinder (noch) kein Verständnis darüber haben, dass Tests durchgeführt werden, um Hypothesen zu überprüfen. Eine Antwort repräsentiert eine naive Vorstellung, da sie darauf schließen lässt, dass die Kinder auf Effektproduktion aus sind.

5. Welche Maus ist im Haus?

Zwei Brüder wissen, dass eine Maus in ihrem Haus ist. Wenn sie nämlich am Abend ein Stück Käse liegenlassen, dann ist der Käse am Morgen weg.

Sie haben diese Maus aber noch nie gesehen.

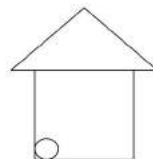
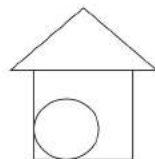
Klaus denkt, es ist eine kleine Maus.



Herbert denkt, es ist eine große Maus.

Die Brüder wollen nun herausfinden, ob sie eine große oder eine kleine Maus im Haus haben.

Sie bauen zwei Häuschen: eins mit einem großen und eins mit einem kleinen Loch:



Die große Maus passt nur durch das große Loch, nicht durch das kleine Loch.

In welches Häuschen sollen sie über Nacht den Käse legen, um herauszufinden, ob sie eine große oder eine kleine Maus in ihrem Haus haben?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Sie sollen den Käse in das Häuschen mit dem kleinen Loch legen.
- ☐ Sie können das auf diese Weise nicht herausfinden.
- ☐ Sie sollen den Käse in das Häuschen mit dem großen Loch legen.

7

Abbildung 5.4: Welche Maus ist im Haus?

Analog dazu sind die Items „Fressen Meisen Sonnenblumenkerne?“ (kT_Des_2_-Meisen) (Kontext Alltag) und „Können Duros besser riechen als Ondis?“ (kT_Des_4_-Duros) (artifizieller Kontext) aufgebaut.

Items zum Einsatz der Variablenkontrollstrategie

Auch bei den Items zum Einsatz der Variablenkontrollstrategie wird zwischen der Bewertung (Evaluation) und der Entwicklung (Design) experimenteller Designs unterschieden.

Evaluation (Bewertung) Die Aufgabe „Welcher Magnet ist stärker?“ (VK_Eva_1_Magnet) (s. Abbildung 5.5) dient der Erfassung des Einsatzes der Variablenkon-

trollstrategie im Kontext Magnetismus. Den Kindern wird eine Fragestellung, eine Vermutung und ein Experiment zur Überprüfung der Vermutung präsentiert. Die Kinder müssen angeben, ob mit diesem Experiment die Frage beantwortet werden kann. Bei dieser Aufgabe handelt es sich um eine Ja/Nein-Frage kombiniert mit einer offenen Begründung. Die Kinder sollen zunächst „Ja“ oder „Nein“ ankreuzen. Anschließend sollen sie ihre Antwort begründen. Die Antworten werden danach beurteilt, ob die Kinder erkennen, dass bei dem vorgeschlagenen Experiment zwei Variablen verändert werden, wobei nur die Magneten als Variable verändert werden dürfen.

7. Welcher Magnet ist stärker?

Lena hat zwei Magneten. Sie möchte gerne herausfinden, welcher Magnet stärker ist. Sie weiß, dass ein Magnet Eisen anzieht. Deshalb sucht sie sich Dinge aus Eisen zum Überprüfen: Büroklammern und Nägel.



Sie vermutet, dass der größere Magnet stärker ist. Sie hängt an den größeren Magneten Büroklammern. An den kleineren Magneten hängt sie Nägel. Anschließend zählt sie die Büroklammern und die Nägel.



Kann Lena so herausfinden, welcher der beiden Magneten stärker ist?	
Kreuze an und begründe deine Antwort!	
☐	Ja. Warum?

☐	Nein. Warum?

9

Abbildung 5.5: Welcher Magnet ist stärker?

Analog dazu sind die Aufgaben „Welcher Magnet trägt den schwereren Becher?“ (VK_Eva_2_Becher) (Kontext Magnetismus) und „Mit welchem Buch lernt man

am besten?“ (VK_Eva_5_Buch) (artifizieller Kontext) konzipiert.

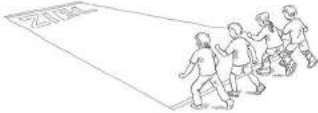
Im Unterschied zu den zuvor beschriebenen Aufgaben teilt sich die Aufgabe „Ist die Wassermenge für das Wachsen von Pflanzen wichtig?“ (VK_Eva_3_Pflanze) in drei Teile auf. Im ersten Teil sollen die Kinder, wie bei den anderen Aufgaben auch, das vorgeschlagene Experiment dahingehend bewerten, ob es sich um ein kontrolliertes Experiment handelt und ihre Auswahl („Ja“ oder „Nein“) im zweiten Teil begründen. Der dritte Teil der Aufgabe ist dem Bereich der Entwicklung zuzuordnen und wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

Bei der Aufgabe „Wer rennt am schnellsten?“ (VK_Eva_4_Wettrennen), die sowohl im Multiple-Choice-Format mit Mehrfachwahl (Teil 1) (s. Abbildung 5.6) als auch im offenen Format (Teil 2) gestaltet ist, geht es darum, dass die Kinder durch die Zustimmung oder Ablehnung der darunter stehenden Aussagen bewerten sollen, ob es sich bei dem vorgeschlagenen Experiment um ein faires Experiment im Sinne der Variablenkontrolle handelt.

10. Wer rennt am schnellsten?

Um Fragen zu beantworten, machen Forscherinnen und Forscher Experimente. Dabei muss einiges beachtet werden. Prüfe, ob das folgende Experiment gut ist:

Paul, Lasse, Leonie und Emma wollen wissen, wer von ihnen am schnellsten rennen kann. Paul hat Wanderschuhe, Lasse hat Turnschuhe und Leonie hat Skischuhe an. Emma ist barfuß. Um herauszufinden, wer am schnellsten ist, machen sie ein Wettrennen. Sie stellen sich an eine Startlinie und rennen alle gleichzeitig los.



Was sagst du zu diesem Experiment?

Kreuze alles an, was richtig ist.

- ☐ Die Kinder finden mit dem Wettrennen heraus, wer am schnellsten rennen kann.
- ☐ Nach diesem Wettrennen kann man nicht sagen, wer am schnellsten rennen kann.
- ☐ Das Wettrennen ist nicht fair, weil nicht alle dieselben Schuhe tragen.
- ☐ Das Wettrennen ist unnötig, weil das Kind mit den Turnschuhen immer am schnellsten ist.

Abbildung 5.6: Wer rennt am schnellsten?

Design (Entwicklung) Beim dritten Teil der Aufgabe „Ist die Wassermenge für das Wachsen von Pflanzen wichtig?“ (VK_Des_1_Pflanze) sollen die Kinder einen Verbesserungsvorschlag für das durchgeführte Experiment machen („Wenn du mit nein geantwortet hast: Wie würdest du das Experiment verbessern?“ – offenes Antwortformat). Deshalb gehört diese Aufgabe mit dem Kontext Alltag sowohl zum

Bereich der Evaluation eines Experiments (bezogen auf Teil 1 und 2 der Aufgabe) als auch zum Bereich des Entwickelns eines Experiments mit Hilfe der Variablenkontrollstrategie (bezogen auf den hier beschriebenen Teil 3 der Aufgabe).

In dem offen gestalteten Antwortformat des Items der Aufgabe „Wer rennt am schnellsten?“ (VK_Des_3_Wettrennen_Tipp) im Kontext Alltag haben die Kinder die Aufgabe, einen Tipp zu formulieren, wie das Experiment für alle gerecht wird. Die offenen Antworten werden danach beurteilt, ob die Kinder erkennen, dass die systematische Manipulation der fokalen Variable bei gleichzeitigem Konstanthalten der anderen Variablen wichtig ist. Der soeben beschriebene offene Teil der Aufgabe wird somit dem Bereich des Entwickelns (Design) eines kontrollierten Experiments unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie zugeordnet.

Die Aufgabe „Welcher Magnet ist der stärkere?“ (VK_Des_4_Magnetstärker) (s. Abbildung 5.7) untersucht den Einsatz und das damit einhergehende Verständnis der Variablenkontrollstrategie beim Entwickeln von Experimenten im Kontext Magnetismus und wird in einem geschlossenen Format präsentiert. Es werden zwei verschiedene Verfahren aufgezeigt, wie die Stärke der Magneten überprüft werden kann. Im Rahmen von Multiple-Choice-Antworten sollen die Kinder die aus ihrer Sicht beste Möglichkeit auswählen. Durch die Antworten werden alle drei Niveaustufen repräsentiert. Die unsystematische Variation von Variablen entspricht einer naiven Vorstellung. Die Auswahl eines kontrastiven Tests wird dem Niveau der Zwischenvorstellungen zugeordnet. Ein Vorschlag steht für eine wissenschaftlich adäquate Vorstellung, bei der ein kontrolliertes Experiment durchgeführt wird. Nach Auswahl einer Antwort sollen die Kinder im offenen Teil der Aufgabe (VK_Des_5_Magnetstärker_Begr) ihre Auswahl begründen.

12. Welcher Magnet ist der stärkere?

Lina und Eva haben beide einen Magneten. Ihre beiden Magneten sind unterschiedlich groß.



Sie möchten gerne herausfinden, welcher Magnet der stärkere ist. Lina und Eva wissen: Je stärker ein Magnet ist, umso mehr Gewicht kann er tragen. In der Werkstatt finden Lina und Eva folgende Materialien, die sie als Gewichte an den Magneten befestigen können:

Sie finden einen Becher mit einer Mutter aus Eisen daran. Mit einem Magneten können sie den Becher an der Mutter anheben. Um den Becher schwerer zu machen, können sie ihn mit Sand füllen. Dann können sie mit beiden Magneten versuchen, den befüllten Becher anzuheben.	
Sie finden eine Schraube aus Eisen. Um die Schraube schwerer zu machen, können sie auf die Schraube Muttern stecken. Dann können sie mit beiden Magneten versuchen, die mit Muttern besteckte Schraube anzuheben.	

Was sollen Lina und Eva tun, um herauszufinden, welcher Magnet stärker ist?

Kreuze nur eine Antwort an!

☐ Lina und Eva sollen mit beiden Magneten den gleichen Versuch machen. Sie sollen die Stärke beider Magneten entweder mit dem Becher und dem Sand messen oder mit der Schraube und den Muttern.

☐ Lina und Eva sollen die Stärke des kleinen Magneten mit dem Becher und dem Sand messen und die Stärke des großen Magneten mit der Schraube und den Muttern.

☐ Lina und Eva müssen ein paar Versuche machen und die Ergebnisse vergleichen.

Begründe deine Antwort:

16

Abbildung 5.7: Welcher Magnet ist der stärkere?

Analog dazu sind das Item „Bei welchem Hammer braucht man am wenigsten Kraft?“ (VK_Des_6_Hammer), das aus anderen Studien bekannte Item „Welches Flugzeug fliegt am besten?“ (VK_Des_8_Flugzeug), das Item „Welcher Drache fliegt am besten?“ (VK_Des_7_Drache) im Kontext Alltag und das Item „Wovon bekommen die Sekianer rote Flecken?“ (VK_Des_10_Sekianer) eingebettet in einen artifiziiellen Kontext konstruiert, jedoch ohne den offenen Teil zur Begründung der Auswahl. Allerdings haben die Kinder bei dem Item „Welcher Drache fliegt am besten?“ (VK_Des_7_Drache) nicht die Auswahl zwischen verschiedenen ausformulierten Antworten, sondern müssen aus verschiedenen Abbildungen diejenige auswählen, die ihrer Antwort entsprechen. Dabei geht es darum, dass die Kinder ein kontrolliertes Experiment entwickeln, bei dem sie nur eine Variable verändern, während sie die anderen Variablen konstant halten (wissenschaftlich adäquate Vorstellung). Im Bereich der Zwischenvorstellungen wird zwar die fokale Variable verändert, aber die anderen Variablen werden nicht konstantgehalten. Als naive Vorstellung gelten Kombinationen, bei denen die Kinder alle Variablen unsystematisch verändern.

Bei der Aufgabe „Kannst du selbst ein Experiment planen?“ gibt es zwei von den Kindern zu bearbeitende Teile (VK_Des_9a_Luftikus und VK_Des_9b_Luftikus)

im offenen Aufgabentypus und Kontext Alltag, in denen es darum geht, eine aus einer Beobachtung abgeleitete Vermutung mit Hilfe eines Experiments zu überprüfen. Die Aufgabe der Kinder besteht darin, einen Tipp zu formulieren, wie ein solches Experiment aussehen kann (s. Abbildung 5.8). Im zweiten offenen Teil der Aufgabe werden die Kinder aufgefordert, zu formulieren, was bei dem Experiment unbedingt beachtet werden muss.

16. Kannst du selbst ein Experiment planen?

Hans Luftikus hat etwas beobachtet, was ihn erstaunt hat. Wenn es draußen warm ist, muss er viel häufiger das Wasser in der Vogeltränke auffüllen, als wenn es draußen kalt ist. Er fragt sich: „Verdunstet das Wasser in der Schale schneller, wenn es warm ist?“



Tipp: Wenn man Wasser eine Zeit lang in einer Schale stehen lässt, verschwindet es. Man sagt: „Das Wasser verdunstet.“

Kannst du Hans Luftikus einen Tipp geben, welches Experiment er machen soll, um diese Frage zu beantworten?

Beschreibe:

Was muss Hans Luftikus bei seinem Experiment unbedingt beachten, um seine Frage beantworten zu können?

21

Abbildung 5.8: Kannst du selbst ein Experiment planen?

In der Aufgabe „Sind größere Magneten stärker?“ (VK_Des_11_größereMagneten) (s. Abbildung 5.9) wird der Frage nachgegangen, ob größere Magneten stärker sind. Die Entscheidungsfragen erfordern von den Kindern eine Zustimmung („Hat Recht“) oder eine Ablehnung („Hat nicht Recht“) der präsentierten Aussagen von Kindern. Im offenen Teil der Aufgabe haben die Kinder die Aufgabe, ein Experiment zu beschreiben, mit dem überprüft werden kann, welcher Magnet der stärkere ist.

18. Sind größere Magneten stärker?

Alex, Greta und Sophie haben zwei verschieden große Magneten.



Sie überlegen, welcher Magnet der stärkere ist.

Wer hat Recht und wer nicht? Kreuze jeweils an!		
	Hat Recht	Hat nicht Recht
Alex sagt: „Mein Magnet ist der stärkere, weil er größer ist.“	☐	☐
Greta sagt: „Mein Magnet ist der stärkere, weil kleinere Magneten mehr Magnetkraft haben.“	☐	☐
Sophie sagt: „Nur weil ein Magnet größer ist als der andere, ist er nicht unbedingt stärker.“	☐	☐

Wie können Alex, Greta und Sophie überprüfen, welcher Magnet der stärkere ist?

Beschreibe:

23

Abbildung 5.9: Sind größere Magneten stärker?

5.3.5 Testadministration

Die Testadministration ist zum einen für das Gütekriterium der Durchführungsobjektivität von großer Bedeutung und sollte zum anderen gerade in der Grundschule aufgrund der teilweise eingeschränkten schriftsprachlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler besondere Beachtung erfahren. Alle Aufgaben des Testhefts zum Verständnis der Variablenkontrolle wurden von Versuchsleitenden mit Hilfe der Testinstruktion (s. Anlage A.4 im Anhang ab S. 277) wörtlich vorgelesen und mit einer PowerPoint-Präsentation visualisiert. Die Kinder wurden gebeten, ihre Antwort im Multiple-Choice-Format oder bei den Entscheidungsfragen anzukreuzen bzw. an gegebener Stelle bei einem offenen Format eine Kurzantwort zu formulieren. Das Umblättern nach der Bearbeitung einer Aufgabe erfolgte nach Anweisung des Versuchsleiters oder der Versuchsleiterin im Klassenverband. Der oder die Versuchsleitende stand ebenfalls bei Verständnisfragen und Fragen zur Verschriftlichung zur Verfügung.

Vor der Datenerhebung wurden an die Schulklassen Elternbriefe verteilt. Die von den Eltern unterschriebenen Erklärungen zur Teilnahme bzw. Nicht-Teilnahme wurden

von den Lehrpersonen eingesammelt und an die Testleitung übergeben. Die Erhebungen fanden in Gruppentestungen an jeweils einem Testtermin à ca. 90 Minuten in den Klassenräumen der Schulen statt. Der Testtag wurde so gestaltet, dass zwischen der Bearbeitung der Testaufgaben kurze Zeit für Erholungspausen blieb. Um die Vergleichbarkeit der Durchführungsbedingungen sicherzustellen, folgten die geschulten Versuchsleitenden dem in einem Testmanual genau festgelegten Testablauf. Zu Beginn der Testungen gaben die Versuchsleitenden eine kurze Einführung, schilderten den Testablauf und erklärten die Bearbeitung der Fragebögen. Um die Anonymität der Kinder zu gewährleisten, wurde jedem Kind ein Code zugeordnet, der für die Datenerhebung und -verarbeitung verwendet wird.

5.3.6 Pilotierung des Tests

Das Ziel der dargestellten Testentwicklung besteht darin, ein valides schriftliches Verfahren zu entwickeln, das genau das misst, was es zu messen beansprucht, das in seiner Messung genau ist und das unabhängig von der durchführenden, auswertenden und interpretierenden Person, die mit dem Test arbeitet, ist. Dazu ist es notwendig, die sogenannten Hauptgütekriterien – die Objektivität, die Reliabilität und die Validität – zu beachten und zu prüfen. Deshalb wurde das beschriebene Testinstrument im Rahmen einer Pilotierung geprüft. Dabei wurden die Items bestimmten Prüfungen unterzogen, um ggf. Items identifizieren zu können, die aufgrund ihrer schlechten oder auch nicht vorhandenen Passung zum Testmodell oder inhaltlich auftretender Schwierigkeiten eliminiert oder überarbeitet werden müssen. Die Beschreibung der Stichprobe, anhand derer die Güte des Tests analysiert wird, wird im nächsten Kapitel behandelt (s. Kapitel 5.3.6.1 ab S. 126). Die drei darauf folgenden Kapitel widmen sich der genauen Analyse der einzelnen Items (s. Kapitel 5.3.6.2 ab S. 127) in Bezug auf die Gütekriterien – Objektivität, Reliabilität und Validität. Die dabei gewonnen Ergebnisse werden abschließend zusammengefasst (s. Kapitel 5.3.7 ab S. 140) und dahingehend diskutiert, welche Konsequenzen sich daraus für die Hauptstudie in Bezug auf die Überarbeitung des Tests ergeben (s. Kapitel 5.3.8 ab S. 141).

5.3.6.1 Beschreibung der Stichprobe der Pilotierung

Die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler stammen aus nordrhein-westfälischen Schulen – sowohl aus dem Kreis Köln als auch aus dem Kreis Münster. Die Schulen entstammen dabei dem ländlichen und städtischen Raum. Die Teilnahme einer Klasse ist von der Zustimmung der jeweiligen Schulleitungen und Klassenlehrpersonen

sowie die Teilnahme der einzelnen Schülerinnen und Schüler der Klassen von dem Einverständnis der Eltern abhängig. Die Auswahl der an der Hauptstudie teilnehmenden Kinder (s. Kapitel 5.2 ab S. 100) erfolgt auf die gleiche Weise – allerdings aus ökonomischen Gründen nur bezogen auf den Kreis Münster –, sodass davon ausgegangen werden kann, dass die beiden Stichproben miteinander vergleichbar sind und somit die an dieser Stelle beschriebene Stichprobe für die Pilotierung des Tests geeignet ist.

An der Untersuchung nahmen insgesamt 275 Schülerinnen und Schüler teil – davon 172 Drittklässlerinnen und -klässler und 103 Viertklässlerinnen und -klässler.

Tabelle 5.8: Stichprobe der Testpilotierung

	3. Klasse	4. Klasse	Gesamt
Jungen (N)	81	62	143
Mädchen (N)	91	41	132
Alter ($MW(SD)$)	8.91(0.60)	10.20(0.50)	9.40(0.84)
Version A (N)	96	39	135
Version B (N)	76	64	140

Insgesamt werden für die Analyse der Items und Skalen des entwickelten Tests zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle, wie in Tabelle 5.8 gezeigt, die Daten von 143 Jungen und 132 Mädchen, darunter 81 Jungen der dritten und 62 Jungen der vierten Klasse sowie 91 Mädchen der dritten und 41 Mädchen der vierten Klasse berücksichtigt.

Die Erhebungen fanden im Januar 2012, gegen Ende des ersten Schulhalbjahres statt, sodass die Kinder, wie Tabelle 5.8 zeigt zum Zeitpunkt der Pilotierung insgesamt durchschnittlich 9 Jahre und 5 Monate alt waren – für die einzelnen Schulstufen bedeutet dies ein Durchschnittsalter von 8 Jahren und 11 Monaten (dritte Klasse) bzw. 10 Jahren und 2 Monaten (vierte Klasse). Von diesen Kindern haben insgesamt 135 die Version A des Tests (96 davon aus der dritten und 39 aus der vierten Klasse) und 140 die Version B des Tests (76 davon aus der dritten und 64 aus der vierten Klasse) bearbeitet.

5.3.6.2 Analyse der Items und Skalen

Für die nachfolgenden Analysen wurde sowohl für die geschlossenen als auch für die offenen Antworten ein Codiermanual entwickelt (s. Anlage A.5 im Anhang ab S. 311). Dabei werden die geschlossenen Aufgaben in drei Gruppen unterteilt:

1. Aufgaben, bei denen es Antworten auf zwei Antwortniveaus gibt (naive (NV) und wissenschaftlich adäquate Vorstellungen (WV))
2. Aufgaben, bei denen es Antworten auf zwei Antwortniveaus gibt (naive (NV) und Zwischenvorstellungen (ZV))
3. Aufgaben, bei denen es Antworten auf drei Antwortniveaus gibt (naive (NV), Zwischen- (ZV) und wissenschaftlich adäquate Vorstellungen (WV)).

Trotz Administration des Tests durch geschulte Versuchsleitende sind fehlende Werte aufgetreten. Pro Item wird ein Anteil fehlender Werte unter dem 5 %-Kriterium akzeptiert (LÜDTKE et al., 2007). Eine Übersicht über die aufgetretenen fehlenden Werte bei den einzelnen Testaufgaben kann der Tabelle 5.9 entnommen werden.

Tabelle 5.9: Übersicht über die fehlenden Werte der einzelnen Testaufgaben

Testaufgabe	N	fehlend	Anteil
Welche Katze hat das Futter gefressen?	241	0	0.000 %
Welche Giraffe hat die Karotte gefressen? Teil 1	241	0	0.000 %
Welche Giraffe hat die Karotte gefressen? Teil 2	231	10	4.149 %
Fressen Kattas Früchte?	240	1	0.415 %
Fressen Meisen Sonnenblumenkerne?	239	2	0.830 %
Welche Maus ist im Haus?	239	2	0.830 %
Können Duros besser riechen als Ondis?	241	0	0.000 %
Welcher Magnet ist stärker?	235	6	2.490 %
Welcher Magnet trägt den schwereren Becher?	235	6	2.490 %
Ist die Wassermenge für das Wachsen von Pflanzen wichtig? Teil 1	239	2	0.830 %
Ist die Wassermenge für das Wachsen von Pflanzen wichtig? Teil 2	216	25	10.373 %
Wer rennt am schnellsten? Teil 1	241	0	0.000 %
Wer rennt am schnellsten? Teil 2	237	4	1.660 %
Mit welchem Buch lernt man am besten?	232	9	3.734 %
Welcher Magnet ist der stärkere? Teil 1	239	2	0.830 %
Welcher Magnet ist der stärkere? Teil 2	223	18	7.469 %
Bei welchem Hammer braucht man am wenigsten Kraft?	238	3	1.245 %
Welcher Drache fliegt am besten?	235	6	2.450 %
Welches Flugzeug fliegt am besten?	241	0	0.000 %
Kannst du selbst ein Experiment planen? Teil 1	227	14	5.809 %
Kannst du selbst ein Experiment planen? Teil 2	212	29	12.033 %
Wovon bekommen die Sekianer rote Flecken?	240	1	0.415 %
Sind größere Magneten stärker? Teil 1	207	34	14.108 %
Sind größere Magneten stärker? Teil 2	203	38	15.768 %

Für sechs Items liegt der Anteil fehlender Werte über diesem 5 %-Kriterium (s. Markierung in der Tabelle). Diese Items werden nicht ausgeschlossen, es gilt jedoch

sie bei den weiteren Analysen genauer zu berücksichtigen. Für die konfirmatorische Faktorenanalyse werden sie als fehlend aufgenommen und in der Berechnung der Personenparameter berücksichtigt. Bei der Bildung von Summenwerten werden sie als falsche Antwort mit 0 Punkten bewertet.

5.3.6.2.1 Zur Objektivität

Die Objektivität ist ein wesentliches Merkmal eines Tests und dient der Sicherstellung der Vergleichbarkeit von Leistungen verschiedener Testpersonen. „Ein Test ist dann objektiv, wenn er dasjenige Merkmal, das er misst, unabhängig von Testleiter und Testauswerter misst. Außerdem müssen klare und anwenderunabhängige Regeln für die Ergebnisinterpretation vorliegen.“ (MOOSBRUGGER & KELAVA, 2011, S. 8) Die Objektivität bezieht sich also auf die Durchführung, Auswertung und Interpretation des Tests – und in genau diese drei Bereiche wird sie auch differenziert (LIENERT & RAATZ, 1998). Das Gütekriterium der Objektivität gilt dann als erfüllt, „wenn das Testverfahren, bestehend aus Testunterlagen, Testdarbietung, Testauswertung und Testinterpretation so genau festgelegt ist, dass der Test unabhängig von Ort, Zeit, Testleiter und Auswerter durchgeführt werden könnte und für eine bestimmte Testperson bzgl. des untersuchten Merkmals dennoch dasselbe Ergebnis zeigen würde.“ (MOOSBRUGGER & KELAVA, 2011, S. 10)

Die Durchführungsobjektivität betrifft die Tatsache, dass bestimmte Verhaltensweisen der Testleitenden einen Einfluss auf das Verhalten der Testpersonen haben können. Eine Möglichkeit, diesen Einfluss zu eliminieren, ist die Erstellung einer festgelegten Testinstruktion für die Durchführung des Tests, an die sich jede und jeder Versuchsleitende genau halten muss. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit ist dies der Fall. So ist durch eine standardisierte Testinstruktion festgelegt, mit welchen Worten der Test eingeleitet sowie durchgeführt wird und welche Informationen den Testpersonen gegeben werden dürfen und müssen (s. Anlage A.4 im Anhang ab S. 277).

Bei der Auswertungsobjektivität geht es um die Auswertung der erhobenen Daten nach vorgegebenen Regeln. Bei geschlossenen Aufgaben ist genau festgelegt, welche Antwort welchem Niveau an Vorstellungen entspricht. Bei den offenen Antworten hingegen gibt es einen gewissen Spielraum, der die Auswertungsobjektivität gefährden kann. Um dem zu begegnen ist für den vorliegenden Test ein Codiermanual erstellt worden (s. Anlage A.5 im Anhang ab S. 311). Dieses Manual wird anhand einer Interrater-Reliabilität analysiert (s. Kapitel 5.3.6.2.2 ab S. 130), damit die Auswertungsobjektivität in dem entwickelten Test gegeben ist.

Mit der Interpretationsobjektivität, der Objektivität bzgl. der Interpretation der Testergebnisse, ist gemeint, dass auf Basis der Ergebnisse der getesteten Schülerinnen und Schüler unabhängig von der interpretierenden Person gleiche Schlüsse gezogen werden. Dies liegt z. B. bei normierten Tests vor, bei denen jeder Wert einem bestimmten Leistungsniveau zugeordnet werden kann. Zwar ist es im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht möglich, für den entwickelten Test genaue Vergleichsmaßstäbe festzulegen oder Normtabellen zu entwickeln, allerdings wird zu jeder Aufgabe genau festgelegt, welche Antwort welchem Vorstellungsniveau zugeordnet wird und wie viele Punkte welche Antwort gibt. Dies ist auch bei den offenen Antworten der Fall, sodass davon ausgegangen wird, dass die Testergebnisse objektiv interpretiert und miteinander in Beziehung gesetzt werden können.

5.3.6.2.2 Zur Reliabilität

Die Reliabilität ist ein Kennwert für die Zuverlässigkeit eines Instruments in Bezug auf die Messgenauigkeit. „Ein Test ist dann reliabel (zuverlässig), wenn er das Merkmal, das er misst, exakt, d.h. ohne Messfehler, misst.“ (MOOSBRUGGER & KELAVA, 2011, S. 11) Gemessen wird sie anhand des Reliabilitätskoeffizienten Cronbachs α , der auch als Maßzahl für die interne Konsistenz einer Skala bezeichnet wird und Werte zwischen 0 (Ergebnis ist ausschließlich durch Messfehler entstanden) und 1 (Ergebnis ist frei von jeglichen Messfehlern) annehmen kann. „Der Reliabilitätskoeffizient eines guten Tests sollte 0.7 nicht unterschreiten.“ (MOOSBRUGGER & KELAVA, 2011, S. 11)

Zur Bestimmung der Reliabilität des gesamten Tests ist es notwendig, die offenen Antworten der Schülerinnen und Schüler zu codieren. Die Zuordnung der offenen Antworten zu den einzelnen Vorstellungsniveaus erfolgte durch zwei geschulte Codierenden. Diese codierten in einem ersten Schritt unabhängig voneinander 20 % der vorliegenden Daten doppelt ($N = 53$). Ziel der Doppelcodierung ist zum einen die Prüfung des Codiermanuals auf Objektivität und zum anderen, dass im Sinne der Ökonomie nicht alle Daten mehrfach codiert werden müssen. Wenn eine Übereinstimmung verschiedener Codierenden sichergestellt ist, „ist es nicht notwendig, die Einschätzungen von mehreren Ratern einzuholen.“ (WIRTZ & CASPAR, 2002, S. 15)

Auf Basis der doppelt codierten Daten wird mit Hilfe des am häufigsten verwendeten Maß zur Prüfung der Übereinstimmungsgüte für mindestens ordinalskalierte Daten Spearmans ρ (WIRTZ & CASPAR, 2002) die Interrater-Reliabilität geprüft. Die Ergebnisse der Übereinstimmungsprüfung sind in Tabelle 5.10 zusammengefasst

und sind mit einem Spearmans ρ von 0.924 zufriedenstellend.

Tabelle 5.10: Interrater-Reliabilität

		Rater 1	Rater 2
Rater 1	Spearmans ρ	1.000	0.924** ¹⁸
	Sig. (2-seitig)	-	0.000
Rater 2	Spearmans ρ	0.924**	1.000
	Sig. (2-seitig)	0.000	-

Die Reliabilität bzgl. des Gesamttests (offene und geschlossene Items) wird anhand der von SPSS berechneten internen Konsistenz (Cronbachs α) geprüft. Die Werte aus der Prüfung der internen Konsistenz (Reliabilität) der einzelnen Skalen sind in Tabelle 5.11 dargestellt.

Tabelle 5.11: Reliabilitäten der einzelnen Skalen

Skala	Anzahl der Items	Cronbachs α
Verständnis der Variablenkontrolle	24	0.767
Variablenkontrollstrategie	17	0.685
konklusiver Test	7	0.586

Die Reliabilität nimmt für die Gesamtskala des Tests zum Verständnis der Variablenkontrolle einen zufriedenstellenden Wert von Cronbachs $\alpha = .767$ an. Bei der differenzierten Betrachtung der beiden Kompetenzkomponenten **Variablenkontrollstrategie beim Experimentieren** und **Unterscheidung zwischen konklusiven und inkonklusiven Tests** liegt Cronbachs α bei 0.685 bzw. 0.586, was ein Hinweis auf Reliabilitätsprobleme bei einer differenzierten Betrachtung der einzelnen Komponenten des Verständnisses der Variablenkontrolle sein kann. Dies gilt es, im Rahmen der Konstruktvalidität (s. Kapitel 5.3.6.2.4.1 ab S. 134) genauer zu untersuchen.

5.3.6.2.3 Zu den Itemkennwerten

Nachdem die Reliabilitäten des Gesamttests und der einzelnen (möglichen) Skalen bereits berichtet wurden, geht es nun um Kennwerte der einzelnen Items. Ziel dabei ist es, die Qualität der einzelnen Items zu prüfen, bevor der Test anschließend in Bezug auf seine Validität insgesamt weiter analysiert wird. Dazu ist es notwendig, sich zunächst auf die kleinsten Bestandteile des Tests (Items) zu konzentrieren, um auf diese Weise mögliche Schwierigkeiten auf Itemebene aufdecken zu können, die

^{18**} Die Korrelation ist auf dem Niveau 0.01 signifikant.

sich auf die Analyse der Qualität des Gesamttests auswirken und dort ggf. Ergebnisse verfälschen würden.

Zentrale Kennwerte, die Aufschluss über die Schwierigkeit und die Streuung der Items geben, sind Mittelwerte und Standardabweichungen. Ein weiterer zentraler Kennwert ist die Trennschärfe. Diese wird anhand der korrigierten Item-Skalenwert-Korrelation berechnet. Die Korrektur ist dabei wichtig, um sicherzustellen, dass die Varianz des Items nicht in die Varianz des Skalenwerts einbezogen wird, da das eine Überschätzung der Item-Skalenwert-Korrelation und damit der Trennschärfe bedeuten würde. Bei der korrigierten Item-Skalenwert-Korrelation wird von der Punktzahl, die eine Person im Gesamttest erreicht hat, die Punktzahl, die eine Person in dem speziellen Item erreicht hat, abgezogen. Zwar weisen diese Item-Skalenwert-Korrelationen aus testtheoretischer Sicht einige Schwierigkeiten auf, sind allerdings „unter praktischen Gesichtspunkten [eine] sehr brauchbare Operationalisierung des Trennschärfebegriffs“ (ROST, 2004, S. 369).

In Tabelle 5.12 sind die Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der einzelnen Items als Maß für deren Schwierigkeit und Streuung sowie die korrigierten Item-Skalenwert-Korrelationen (r_{it}) als Maß für die Trennschärfe der Items angegeben.

Tabelle 5.12: Zentrale Kennwerte der einzelnen Items

Item	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>r_{it}</i>
Katze	2.6017	0.8004	0.261
Giraffe	2.0705	0.9996	0.426
Giraffe Experiment	1.4242	0.8352	0.373
Kattas	2.5667	0.8257	0.353
Meisen	2.1381	0.9925	0.391
Maus	2.4812	0.8785	0.337
Duros	2.2448	0.9716	0.270
Magnet stärker	2.1277	0.3470	0.506
Wiegebecher	2.1234	0.3423	0.382
Pflanze	1.9958	0.0647	0.000
Pflanze Verbesserung	0.2269	0.6394	0.186
Wettrennen	1.7469	0.8306	0.397
Wettrennen Tipp	2.3291	0.7488	0.358
Buch	2.0172	0.1305	0.040
stärkerer Magnet 1	2.4184	0.8652	0.208
stärkerer Magnet 2	1.4081	0.7765	0.349
Hammer	2.1261	0.7525	0.294
Drachen	1.8894	0.5435	0.454
Flugzeug	2.2116	0.6589	0.153
Hans Luftikus 1	1.2511	0.4447	0.348
Hans Luftikus 2	1.2075	0.5371	0.346
Sekianer	2.3167	0.8915	0.202
größere Magneten	2.1884	0.7162	0.349
größere Magneten Experiment	1.6897	0.7494	0.391

Da die Aufgaben von 0 bis 3 codiert sind, kann der Mittelwert als Maß für die Itemschwierigkeit verwendet werden. Die Ergebnisse der Analyse der Itemschwierigkeiten zeigt, dass die Schwierigkeit der Items zwischen 0.2269 und 2.6017 liegt. Hier fällt das Item „Pflanze Verbesserung“ besonders auf. Bei diesem Item scheint ein Bodeneffekt vorzuliegen. Ansonsten liegen die Itemschwierigkeiten zwischen den Werten 1.2075 und 2.6017. Die Streuungen der Items ermittelt durch die Standardabweichungen liegen zwischen 0.0647 und 0.9996. Besonders gering – im Vergleich zu den anderen Werten – sind die Streuungen der Items Pflanze (0.0647) und Buch (0.1305). Die Trennschärfen der Items nehmen Werte zwischen 0.000 und 0.506 an. Auch hier fallen einzelne Items durch eine geringe Trennschärfe auf (< 0.2). Dies betrifft die Items „Pflanze“ (0.000), „Buch“ (0.040), „Flugzeug“ (0.153) und „Pflanze Verbesserung“ (0.186).

Die Analyse der zentralen Itemkennwerte zeigt, dass die Items „Pflanze“ (geringe Streuung und geringe Trennschärfe) und „Pflanze Verbesserung“ (geringe Item-

schwierigkeit und geringe Trennschärfe) problematisch sind. Dies spricht für eine Entfernung der Items. Die Eignung der beiden Items „Buch“ und „Flugzeug“ sollte auf Basis der hier präsentierten Ergebnisse bei den weiteren Analysen genauer im Blick behalten werden.

5.3.6.2.4 Zur Validität

Das Kriterium der Validität ist das wichtigste Kriterium der Testpraxis überhaupt (MOOSBRUGGER & KELAVA, 2011) und bezieht sich auf die inhaltliche Übereinstimmung zwischen dem durch den Test erfassten Merkmal und dem Merkmal, das gemessen werden soll. Das heißt, dass ein Test „dann als valide (,gültig‘) [gilt], wenn er das Merkmal, das er messen soll, auch wirklich misst und nicht irgendein anderes.“ (MOOSBRUGGER & KELAVA, 2011, S. 13) Dabei können zwei verschiedene Arten der Validität unterschieden werden: die Konstruktvalidität (s. Kapitel 5.3.6.2.4.1 ab S. 134) und die Kriteriumsvalidität (s. Kapitel 5.3.6.2.4.2 ab S. 137).

5.3.6.2.4.1 Prüfung der Konstruktvalidität

Bei der Konstruktvalidität geht es um die theoretische Fundierung des mit Hilfe des Tests erfassten Merkmals, in der vorliegenden Arbeit also um das Merkmal **Verständnis der Variablenkontrolle**. „Ein Test weist Konstruktvalidität auf, wenn der Rückschluss vom Verhalten der Testperson innerhalb der Testsituation auf zugrunde liegende psychologische Persönlichkeitsmerkmale (,Konstrukte‘, ,latente Variablen‘, ,Traits‘) wie Fähigkeiten, Dispositionen, Charakterzüge, Einstellungen wissenschaftlich fundiert ist. Die Enge dieser Beziehung wird aufgrund von testtheoretischen Annahmen und Modellen überprüft.“ (MOOSBRUGGER & KELAVA, 2011, S. 16) Die dem in der vorliegenden Arbeit entwickelten Test zugrunde liegende latente Variable ist das **Verständnis der Variablenkontrolle**. Da das Konstrukt **Verständnis der Variablenkontrolle** (s. Kapitel 5.3.1 ab S. 103) auf Basis theoretischer Überlegungen und anderer empirischer Befunde entwickelt wurde, geht es an dieser Stelle darum, zu prüfen, inwiefern der entwickelte Test (die manifesten Daten) mit dem theoretischen Konstrukt (dem latenten Merkmal) vereinbar ist. Es geht folglich nicht um ein **struktursuchendes** Verfahren, sondern um ein **strukturprüfendes** Vorgehen¹⁹. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden dazu konfirmatorische Faktorenanalysen mit Mplus durchgeführt, da „[d]ie Konfirmatorische Faktorenanalyse (KFA) [...] eines der zentralen Prüfinstrumente von Messmodellen für hypothetische

¹⁹Eine genaue Beschreibung der Unterschiede zwischen diesen beiden Ansätzen und den dabei zum Einsatz kommenden Verfahren kann z. B. bei MOOSBRUGGER & KELAVA (2011) nachgelesen werden.

Konstrukte dar[stellt]“ (BACKHAUS, ERICHSON & WEIBER, 2011, S. 118).

Das erste Modell, das im Rahmen der vorliegenden Arbeit geprüft wird, ist ein 1-Faktormodell mit dem Faktor **Verständnis der Variablenkontrolle**. Bei diesem Modell wird angenommen, dass alle Items eine einzige latente Merkmalsdimension messen, nämlich die des Verständnisses der Variablenkontrolle²⁰. Die berechneten Fitstatistiken²¹ für dieses Modell sind in Tabelle 5.13 dargestellt.

Tabelle 5.13: Modellfitstatistiken für das 1-Faktormodell

1-Faktormodell	
$\chi^2(df)$	368.425(252)
χ^2/df	1.462
CFI/TLI	0.881/0.870
$RMSEA$	0.044

Das Verhältnis χ^2 und der $RMSEA$ zeigen, dass das Modell in der Form – trotz CFI/TLI unter 0.95 –, also mit allen Items, einen akzeptablen Fit aufweist. Eine Analyse der standardisierten Faktorladungen (s. Tabelle 5.14) zeigt allerdings, dass Items durch sehr geringe Faktorladungen auffallen. So sind die Ladungen der Items „Pflanze“ (0.041) und „Buch“ (0.053) nicht signifikant. Ladungen kleiner als 0.300 weisen die Items „Flugzeug“ (0.198), „Magnet stärker 1“ (0.221) und „Hammer“ (0.285) auf. Die Eignung dieser angesprochenen Items sollte auf Basis der hier präsentierten Ergebnisse bei den weiteren Analysen genauer im Blick behalten werden.

²⁰Fehlende Werte werden dabei von Mplus mit der Full-Information-Maximum-Likelihood-Schätzung ersetzt (ENDERS, 2010).

²¹Hierbei wird zur Bewertung der Modellgüte nicht der Chi-Quadrat-Test als inferenzstatistisches Gütekriterium interpretiert, da die χ^2 -Statistik eine sehr große Sensitivität bzgl. der Stichprobengröße aufweist. Deshalb wird das Verhältnis zwischen dem χ^2 -Wert und den Freiheitsgraden als inferenzstatistisches Maß, das zur Umgehung der Probleme des Chi-Quadrat-Tests gut geeignet ist, verwendet (BACKHAUS, ERICHSON & WEIBER, 2011). „Dabei wird von einem guten Modellfit dann ausgegangen, wenn dieses Verhältnis $\chi^2/df \leq 2.5$ ist.“ (BACKHAUS, ERICHSON & WEIBER, 2011, S. 144) Weitere Kriterien zur Beurteilung der Modellgüte sind: CFI , TLI und $RMSEA$. Diese werden in Anlehnung an GEISER (2011) wie folgt definiert:

CFI steht für **Comparative-Fit-Index** und „gibt an, um wie viel das Zielmodell besser auf die Daten passt als das [...] Unabhängigkeitsmodell. Für ein gutes Modell sollte der CFI -Wert [Hervorhebung im Original] über 0.95, besser jedoch über 0.97 liegen.“ (GEISER, 2011, S. 60) TLI steht für **Tucker-Lewis-Index** und vergleicht den Fit des Zielmodells mit dem Baseline-Modell-Fit. Es gelten dieselben Richtwerte zur Interpretation wie beim CFI . **Root-Mean-Square-Error-of-Approximation** ($RMSEA$) ist eine Kennzahl für den approximativen bzw. angenäherten Fit der Daten auf das Modell. Gut gelten dabei Modelle mit einem $RMSEA$ -Wert von kleiner als 0.05.

Tabelle 5.14: standardisierte Faktorladungen für das 1-Faktormodell

Item	std. Ladung	Sig. (2-seitig)
Katze	0.415	0.000
Giraffe	0.570	0.000
Giraffe Experiment	0.523	0.000
Kattas	0.553	0.000
Meisen	0.644	0.000
Maus	0.461	0.000
Duros	0.401	0.000
Magnet stärker	0.762	0.000
Wiegebecher	0.687	0.000
Pflanze	0.041	0.157
Pflanze Verbesserung	0.566	0.000
Wettrennen	0.566	0.000
Wettrennen Tipp	0.430	0.000
Buch	0.053	0.603
stärkerer Magnet 1	0.221	0.006
stärkerer Magnet 2	0.525	0.000
Hammer	0.285	0.000
Drachen	0.581	0.000
Flugzeug	0.205	0.006
Hans Luftikus 1	0.668	0.000
Hans Luftikus 2	0.682	0.000
Sekianer	0.422	0.000
größere Magneten	0.433	0.000
größere Magneten Experiment	0.535	0.000

Im Vergleich zum 1-Faktormodell wird ein 2-Faktorenmodell an die Daten angepasst. Dieses beinhaltet zwei latente Faktoren und ist im Einklang mit der theoretisch fundierten Idee, dass sich das Verständnis der Variablenkontrolle in zwei voneinander abgrenzbaren Subdimensionen messen lässt – den Einsatz der Variablenkontrollstrategie beim Experimentieren und die Unterscheidung zwischen konklusiven und inkonklusiven Tests. Zur besseren Vergleichbarkeit werden die Modellfitstatistiken für die beiden Modelle (1-Faktormodell und 2-Faktorenmodell) in einer Tabelle dargestellt (s. Tabelle 5.15).

Tabelle 5.15: Modellfitstatistiken zum Vergleich des 1-Faktormodells mit dem 2-Faktorenmodell

	1-Faktormodell	2-Faktorenmodell
$\chi^2(df)$	368.425(252)	358.908(251)
χ^2/df	1.462	1.430
CFI/TLI	0.881/0.870	0.886/0.875
$RMSEA$	0.044	0.042

Zwar sind die Modellfitstatistiken für die beiden Modelle sehr ähnlich, allerdings weisen die beiden Faktoren eine hohe Korrelation auf latenter Ebene auf (0.855**), was für die 1-Faktorlösung und dafür spricht, dass sich die beiden Faktoren mit Hilfe der vorliegenden Daten nicht getrennt voneinander angemessen abbilden lassen. Insgesamt kann jedoch davon ausgegangen werden, dass dem Test mit seinen Items ein latentes Konstrukt zugrunde liegt und sich somit das Verständnis der Variablenkontrolle als eine latente Variable durch die Daten angemessen abbilden lässt.

5.3.6.2.4.2 Prüfung der Kriteriumsvalidität

Das Merkmal der Kriteriumsvalidität bezieht sich auf die praktische Anwendbarkeit des Tests für die Vorhersage von Verhalten oder Erleben. „Ein Test weist Kriteriumsvalidität auf, wenn vom Verhalten der Testperson innerhalb der Testsituation erfolgreich auf ein ‚Kriterium‘, nämlich auf ein Verhalten außerhalb der Testsituation, geschlossen werden kann. [...] Die Überprüfung der Kriteriumsvalidität ist im Prinzip an keine bestimmten testtheoretischen Annahmen gebunden“ (MOOSBRUGGER & KELAVA, 2011, S. 18), jedoch gibt es in Bezug auf das Verständnis der Variablenkontrolle bereits aus anderen Untersuchungen Befunde (s. Kapitel 3.1 ab S. 47), die hier als Kriterien zur Prüfung der Kriteriumsvalidität herangezogen werden.

Um Hinweise auf die Kriteriumsvalidität des Tests zu erhalten, werden die Leistungen im Test zwischen der dritten und vierten Klasse verglichen²². In Anlehnung an BULLOCK & ZIEGLER (1999), die gezeigt haben, dass sich das Verständnis der Variablenkontrolle bei Kindern mit zunehmendem Alter verbessert, ist anzunehmen, dass an der Pilotierung teilnehmende Kinder der vierten Klasse besser im Test abschneiden als die der dritten Klasse. Ein Blick auf das Boxplot-Diagramm (s. Abbildung 5.10) zeigt, dass die Werte der Kinder in beiden Klassenstufen annähernd

²²Da es inhaltlich keinen Sinn ergibt, die Kriteriumsvalidität mit Aufgaben zu prüfen, die sich aus Gründen der Reliabilität (s. Kapitel 5.3.6.2.2 ab S. 130) oder der Konstruktvalidität (s. Kapitel 5.3.6.2.4.1 ab S. 134) als ungeeignet herausgestellt haben, wird an dieser Stelle bereits mit der überarbeiteten Version des Tests – also ohne die problematischen Items – gearbeitet. Informationen dazu, welche Items, aus welchem Grund entfernt wurden, sind, um die Logik des Kapitels nicht zu unterbrechen, in Kapitel 5.3.8 ab S. 141 zu finden.)

normalverteilt²³ sind und dass der Median der Kinder der dritten Klasse (29.0) erwartungsgemäß unter dem Median der Kinder der vierten Klasse (32.0) liegt. Ein t -Test für unabhängige Stichproben ($t(288) = 3.618, p \leq .01$) bestätigt, dass die Kinder der dritten Klasse im Test durchschnittlich 2.527 Punkte weniger erreichen als die Kinder der vierten Klasse. Mit einer Effektstärke von Cohens $d = 0.433$ ist der Effekt klein, aber mit einem $p \leq .01$ signifikant, sodass der Test altersbedingte Unterschiede im Verständnis der Variablenkontrolle, wie sie sich in anderen Studien gezeigt haben (KOERBER et al., 2011; BULLOCK & ZIEGLER, 1999; DRIVER et al., 1996), zu erfassen scheint.

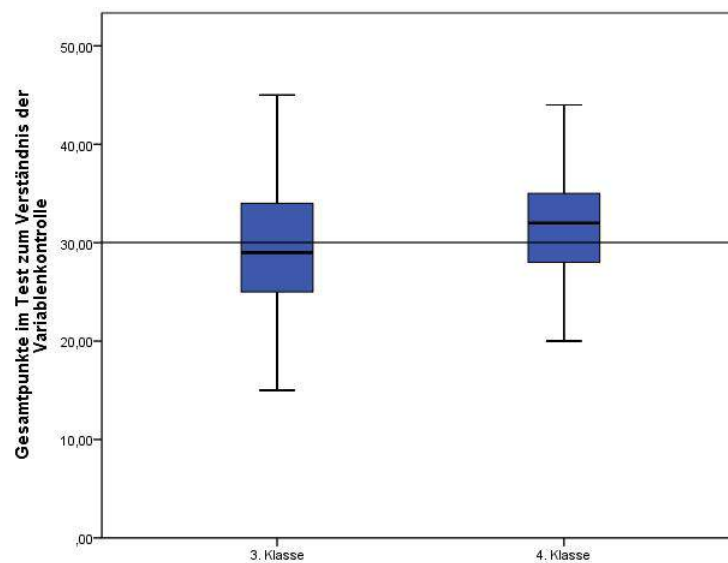


Abbildung 5.10: Vergleich der Leistungen der Kinder der dritten und vierten Klasse im Paper-Pencil-Test

Als ein weiteres Kriterium für die Prüfung der Kriteriumsvalidität des entwickelten Testinstruments wird in Anlehnung an GRYGIER (2008) der Befund herangezogen, dass die Bewertung von Experimenten den Kindern leichter fällt als die Entwicklung solcher. Es wird folglich erwartet, dass die Kinder bei den Items des Tests zur Bewertung eines Experiments durchschnittlich mehr Punkte erzielen als bei den Items zur eigenständigen Entwicklung kontrollierter Experimente. Da zu beiden Bereichen unterschiedlich viele Items vorliegen, werden die Werte zunächst standardisiert: Da-

²³Der Kolmogorov Smirnov Test mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors ergibt ein p von 0.027. Die Verteilung ist etwas rechtsschief (mit einer Schiefe von 0.070 und einem Standardfehler von 0.143) und etwas flacher (mit einer Kurtosis von -0.361 und einem Standardfehler von 0.285). Dies zeigt, dass die Daten den Verlauf der Normalverteilung in weiten Strecken sehr gut nachbilden und die Daten zumindest annähernd normalverteilt sind, was zur Folge hat, dass mit Verfahren, die eine Normalverteilung voraussetzen, gearbeitet werden darf. (BROSIUS, 2014)

bei wird die Anzahl der erreichten Punkte in Verhältnis zu den maximal möglichen Punkten innerhalb des jeweiligen Bereiches gesetzt.

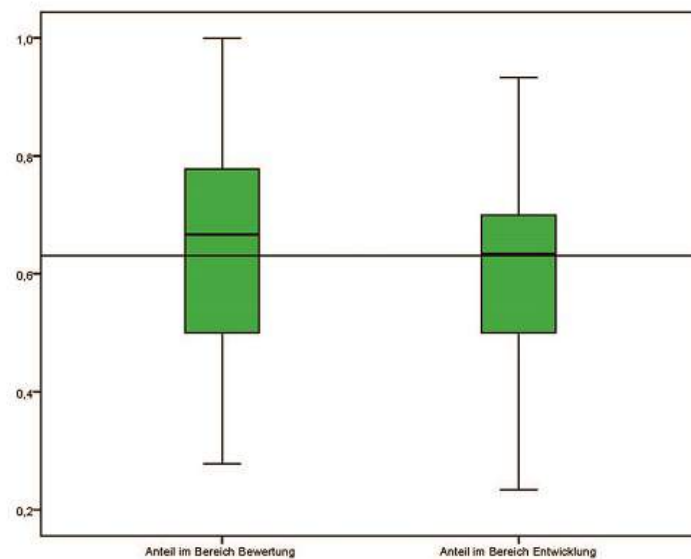


Abbildung 5.11: Vergleich der Leistungen der Kinder der im Bereich Bewertung und Entwicklung im Paper-Pencil-Test

Die Abbildung 5.11 zeigt zur Veranschaulichung ein Boxplot-Diagramm – aufgliedert in die beiden Bereiche Bewertung (Evaluation) und Entwicklung (Design). Es wird deutlich, dass der Median des Anteils der Punkte der Kinder im Bereich Bewertung höher liegt als im Bereich der Entwicklung. In der Tabelle 5.16 ist gleichzeitig abzulesen, dass die Kinder im Bereich der Bewertung im Durchschnitt 64.56 % und im Bereich der Entwicklung 61.55 % der möglichen Punkte erzielen. Ein t -Test für paarige Stichproben ($t(289) = 3.683$, $p \leq .01$) zeigt, dass die durchschnittliche Differenz von 3.01 % mit $p = 0.000$ signifikant ist. Gleichzeitig wird für die Bereiche Bewertung und Entwicklung eine positive Korrelation in Höhe von $r = 0.531$ ($p = 0.000$) ausgewiesen. Das heißt, dass die Kinder, die im Bereich der Bewertung prozentual höhere Punktzahlen erreichen, ebenfalls signifikant prozentual mehr Punkte im Bereich der Entwicklung erreichen. Die Höhe der Korrelation zeigt gleichzeitig, dass es sich um zwei voneinander abgrenzbare Bereiche handelt. Dieses Ergebnis deckt sich somit mit Ergebnissen früherer Studien (GRYGIER, 2008; BULLOCK & SODIAN, 2003; BULLOCK & ZIEGLER, 1999) und spricht dafür, dass der entwickelte Test geeignet zu sein scheint, die beiden Bereiche differenziert zu erfassen.

Tabelle 5.16: prozentuale Anteile der erreichten Punkte im Bereich Bewertung und Entwicklung

	Bereich Bewertung	Bereich Entwicklung
prozentualer Anteil	64.56 %	61.55 %

5.3.7 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse bzgl. des Paper-Pencil-Tests

Durch die Analyse der zentralen Itemkennwerte sind die Items „Pflanze“ und „Pflanze Verbesserung“ als problematisch aufgefallen. Jedoch gilt es bei den Items zu beachten, dass sie aufgrund der vielen Variablen, die es zu berücksichtigen gilt (Sonnenlicht, Dünger und Wasser) für die Kinder besonders schwierig sind. So hat sich in einer Untersuchung von GRAAF, SEGERS & VERHOEVEN (2015) gezeigt, dass die Verwendung der Variablenkontrollstrategie für Kinder immer schwieriger wird, je mehr Variablen zu berücksichtigen sind. Aus diesem Grund wird die gesamte Aufgabe dahingehend überarbeitet, dass das dritte Item, in dem es um die Verbesserung des vorgeschlagenen Experiments geht, eliminiert wird, und die Aufgabe selbst aus dem Paper-Pencil-Test entfernt, jedoch in den Transferteil des Tests integriert wird (s. Kapitel 5.5 ab S. 146). Aufgrund der geringen Trennschärfe wird die Aufgabe „Flugzeug“ aus dem Paper-Pencil-Test entfernt, allerdings als Transferaufgabe bereitgestellt (s. Kapitel 5.5 ab S. 146). Die Aufgabe „Buch“ wird trotz der geringen Trennschärfe aufgrund des artifiziellen Kontexts als Test-Item beibehalten.

Die Modellfitstatistiken für das 1-Faktormodell weisen einen akzeptablen Fit auf. Allerdings zeigen die Items „Magnet stärker 1“ und „Hammer“ nur geringe Ladungen auf und werden deshalb entfernt. Eine vergleichende Betrachtung der Modellfitstatistiken für das 1-Faktor- und das 2-Faktorenmodell zeigt, dass beide Modelle geeignet sind, die Daten angemessen abzubilden. Allerdings liegt beim 2-Faktorenmodell eine hohe Korrelation zwischen den beiden Faktoren auf latenter Ebene vor, sodass die 1-Faktorlösung zu bevorzugen ist. Es kann insgesamt davon ausgegangen werden, dass dem Test mit seinen Items ein latentes Konstrukt – das Verständnis der Variablenkontrolle als eine latente Variable – zugrunde liegt. Die Konstruktvalidität ist somit gegeben.

Eine vergleichende Betrachtung der prozentual erreichten Punkte in den Bereichen Bewertung (Evaluation) und Entwicklung (Design) zeigt, dass die Kinder im Bereich Bewertung besser abschneiden als im Bereich Entwicklung. Der entwickelte Test scheint geeignet zu sein, die beiden Bereiche differenziert zu erfassen. Ein Vergleich der Leistungen im Test von Kindern aus der dritten Klasse mit den Leistungen

im Test von Kindern aus der vierten Klasse zeigt, dass Kinder der vierten Klasse signifikant höhere Leistungen erzielen als Kinder der dritten Klasse. Es scheint mit dem Test möglich, altersbedingte Unterschiede im Verständnis der Variablenkontrolle zu erheben. Beide Ergebnisse decken sich mit Ergebnissen aus früheren Studien (KOERBER et al., 2011; GRYGIER, 2008; BULLOCK & SODIAN, 2003; BULLOCK & ZIEGLER, 1999; DRIVER et al., 1996), sodass davon ausgegangen werden kann, dass der Test eine Kriteriumsvalidität aufweist.

Insgesamt ist es also gelungen, mit dem Paper-Pencil-Test die latente Variable des Verständnisses der Variablenkontrolle hinreichend reliabel und valide in einem 1-Faktormodell und dadurch in einer aussagekräftigen Gesamtskala zu erfassen.

5.3.8 Konsequenzen für die quasi-experimentelle Hauptstudie bzgl. des Paper-Pencil-Tests

Für die Hauptstudie werden folgende Änderungen an dem Paper-Pencil-Test vorgenommen:

- Die Aufgabe „Fressen Meisen Sonnenblumenkerne?“ wird aus inhaltlichen Gründen entfernt.
- Die Aufgabe „Fressen Kattas Früchte?“ wird entfernt, damit insgesamt je zwei Aufgaben zur Erfassung der Unterscheidung zwischen konklusiven und inkonklusiven Tests im Bereich Bewertung und im Bereich Entwicklung vorliegen.
- Die Aufgabe „Ist die Wassermenge für das Wachsen von Pflanzen wichtig?“ wird aufgrund der Itemkennwerte überarbeitet. Der dritte Aufgabenteil wird entfernt. Die restlichen Teile der Aufgabe werden zur Erhebung der Transferfähigkeit verwendet.
- Gleiches gilt für die Aufgabe „Welcher Magnet ist der stärkere?“.
- Die Aufgabe „Bei welchem Hammer braucht man am wenigsten Kraft?“ wird aufgrund von Problemen bei den Itemkennwerten eliminiert.
- Die Aufgabe „Welches Flugzeug fliegt am besten?“ wird als Transferaufgabe verwendet.

Somit besteht der in der Hauptstudie zum Einsatz kommende Test aus insgesamt 12 statt 18 Aufgaben (s. Anlage A.6 im Anhang ab S. 318).

5.4 Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch einen Paper-Pencil-Test und ein videographiertes material- sowie leitfadengestütztes Interview

Die Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle erfolgt schriftlich mit Hilfe des entwickelten, bereits pilotierten und überarbeiteten Paper-Pencil-Tests (s. Kapitel 5.3 ab S. 102) und in Form eines material- und leitfadengestützten Interviews, das per Video aufgezeichnet wird. Auf diese Weise ist es möglich, im Sinne einer Methodentriangulation ein differenziertes Bild des Verständnisses der Variablenkontrolle und dessen Entwicklung durch die Intervention zu erhalten, und die Wirksamkeit der Förderung beurteilen sowie deren Nachhaltigkeit prüfen zu können (KÖLLER, 2009).

Gerade der Einsatz des Interviews als eine qualitative Forschungsmethode ermöglicht ein tiefgründiges Verständnis der Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler (GELO, BRAAKMANN & BENETKA, 2008). Dabei können sich qualitative und quantitative Methoden im Sinne eines Mixed-Methods-Ansatzes ergänzen (s. Kapitel 3.4 ab S. 79). „This model is based on a unitary vision of science, according to which quantitative and qualitative methodologies must interact in a continuous way in order to allow researchers to answer different and complementary research questions.“ (GELO, BRAAKMANN & BENETKA, 2008, S. 279) In der vorliegenden Studie wird ein untersuchter Gegenstand – das Verständnis der Variablenkontrolle – unter Einnahme verschiedener Perspektiven beleuchtet. Im Sinne der Triangulation werden die verschiedenen Perspektiven in unterschiedlichen Methoden (qualitativ und quantitativ) konkretisiert, „wobei beides wiederum mit einander in Zusammenhang steht bzw. verknüpft werden sollte.“ (FLICK, 2011, S. 12)

5.4.1 Paper-Pencil-Test

Der Paper-Pencil-Test wird an drei verschiedenen MZP eingesetzt (prä, post und follow-up). Der zum ersten MZP eingesetzte Paper-Pencil-Test zur Erhebung des Verständnisses der Variablenkontrolle enthält außerdem Fragen zu sozialen Hintergrundvariablen, wie z. B. dem heimischen Buchbestand und dem Migrationshintergrund, sowie zu weiteren individuellen Merkmalen der Schülerinnen und Schüler, wie z. B. dem Alter und dem Geschlecht (s. Anlage A.6 im Anhang ab S. 318).

5.4.2 Videographiertes material- sowie leitfadengestütztes Interview

Zusätzlich zu den mit Hilfe des Paper-Pencil-Tests erhobenen schriftlichen Daten zum Verständnis der Variablenkontrolle wird im Sinne einer Methodentriangulation ein Interview eingesetzt, bei dem die Schülerinnen und Schüler mit konkreten Materialien ihre eigenen entwickelten Experimente durchführen und dazu mit Hilfe eines Leitfadens befragt werden. Das Interview wird an einem MZP (zwischen der zweiten Doppelstunde (Entwicklung der Experimente) und der abschließenden Einzelstunde (Reflexion in der Halbklassse) der Intervention) eingesetzt. Die Aufgabe der Schülerinnen und Schüler bei dem Interview ist es, ihr in der Intervention entwickeltes Experiment zu präsentieren. Dabei werden sie von geschulten Versuchsleitenden unterstützt, die sich an einem Leitfaden (s. Anlage A.14 im Anhang ab S. 377) orientieren.

Der Leitfaden ist im Rahmen eines Forschungsseminars im Wintersemester 2014/2015 am Seminar für Didaktik des Sachunterrichts der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster unter Rückgriff auf den Experimentierzyklus (s. Kapitel 2.2.4 ab S. 21) entwickelt worden und beinhaltet insgesamt acht Bereiche:

1. Was hast du uns heute für dein Experiment mitgebracht?
2. Welche Frage hast du mit deinem Experiment untersucht?
3. Baue dein Experiment auf und beschreibe dabei, was wichtig ist.
4. Mache mir dein Experiment vor und beschreibe dabei, wie es funktioniert.
5. Was hast du mit deinem Experiment herausgefunden?
6. Worauf muss ich achten, wenn ich dein Experiment ausprobieren möchte?
7. Ist dein Experiment fair? Warum?
8. Kannst du mir noch einmal ganz allgemein sagen, was ein faires Experiment ist?

Diese Fragen enthalten an manchen Stellen weitere optionale (Nach-)Fragen, die von den Versuchsleitenden bei Bedarf eingesetzt werden können.

Der Auswertung der Interviews liegt ein Codiermanual (s. Anlage A.15 im Anhang ab S. 381) zugrunde. Dieses basiert auf den in Kapitel 2.2.4 ab S. 21 dargestellten Phasen des Experimentierzyklus'. Ein Überblick über die Zuordnung der einzelnen Fragen zu den Phasen, den damit zusammengehörigen konkreten Kompetenzen und der Funktion im Interview (HELFFERICH, 2011) befindet sich in Tabelle 5.17.

Tabelle 5.17: Zuordnung der Fragen zu den Phasen des Experimentierzyklus'

Frage des Interviews	Phase des Experimentierzyklus'	Kompetenzbeschreibung	Funktion im Interview
1. Was hast du uns heute für dein Experiment mitgebracht?	Planung	Materialauswahl und Festlegung der Experimentierbedingungen	erzählgenerierende Frage zum Gesprächseinstieg für die Entwicklung einer notwendigen Gesprächsatmosphäre
2. Welche Frage hast du mit deinem Experiment untersucht?	Fragen an das Phänomen	Berücksichtigung wesentlicher Merkmale des Forschungsgegenstands	Erklärungsaufforderung zur Prüfung der Vorgehensweise des Kindes (Passung zwischen Frage und Experiment)
3. Baue dein Experiment auf und beschreibe dabei, was wichtig ist.	Planung	Identifizierung der relevanten Variablen und Festlegung der Experimentierbedingungen	Handlungsaufforderung zum Aufbau des Experiments mit Fokus auf dem Setup des Experiments
4. Mache mir dein Experiment vor und beschreibe, wie es funktioniert.	Durchführung	Monitoring der Durchführung, Beobachtung und Datensammlung	Handlungsaufforderung zur Durchführung des Experiments mit Fokus auf der handelnden Durchführung und der verbalen Erläuterung
5. Was hast du mit deinem Experiment herausgefunden?	Auswertung und Schlussfolgerung	deskriptive Beschreibung der Befunde und Evaluation im Hinblick auf die untersuchte Frage	Frage als Aufforderung zur Stellungnahme zum Ergebnis des Experiments
6. Worauf muss ich achten, wenn ich dein Experiment ausprobieren möchte?	Durchführung	Monitoring der Durchführung, Beobachtung und Datensammlung	Frage zur Wiederaufnahme und Ergänzung der Vorgehensbeschreibung des konkreten Experiments unter einem anderen Blickwinkel mit dem Fokus auf dem, was seitens des Kindes bei seinem Experiment besonders relevant und wichtig ist

Tabelle 5.17: Zuordnung der Fragen zu den Phasen des Experimentierzyklus': Fortsetzung

Frage des Interviews	Phase des Experimentierzyklus'	Kompetenzbeschreibung	Funktion im Interview
7. Ist dein Experiment fair? Warum?	Evaluation	Diskussion unkontrollierter Fehlereinflüsse	Bezug zum Begriff <i>fair</i> aus dem Unterricht mit dem Fokus auf der Fairness des Experiments mit Möglichkeit zur abschließenden, reflektierenden Betrachtung
8. Kannst du mir noch einmal ganz allgemein sagen, was ein faires Experiment ist?	Evaluation	Transfer	Transfer des Wissens über kontrollierte Experimente auf eine allgemeinere Ebene

Die Antworten der Kinder zu den einzelnen Fragen werden den vier Niveaustufen zugeordnet²⁴. Dies geschieht mit Hilfe des Programms Videograph, welches ein paralleles Abspielen und Auswerten ermöglicht. Durch die Verwendung von Videos ist es möglich, die Handlungen mit verbalen Äußerungen zu verknüpfen, was gerade im Kontext des Experimentierens besonders sinnvoll ist. Die Codierung der Videos erfolgt somit synchron zum laufenden Film. Das Ergebnis der Codierung wird am Ende zur weiteren Auswertung in das Programm SPSS übertragen.

Für die Übereinstimmungsprüfung werden die Antworten von 20 % der Schülerinnen und Schüler ($N = 36$) von zwei geschulten Codiererinnen den Niveaus zugeordnet. Die Ergebnisse der Übereinstimmungsprüfung sind mit einem Spearmans ρ von 0.803** zufriedenstellend, sodass die restlichen Interviews der Kinder nicht mehr doppelt, sondern einfach codiert werden.

Das von den Kindern durchgeführte Experiment wird ebenfalls den vier Niveaustufen zugeordnet. So ist es möglich, Aussagen darüber zu treffen, auf welchem Niveau sich das Experiment des Kindes selbst befindet, ob es sich um eine Effektproduktion (Niveau 1), einen kontrastiven Test (Niveau 2) oder um ein kontrolliertes Experiment (Niveau 3) handelt (s. Tabelle 5.4 auf S. 108).

Für die weitere Arbeit mit den Interviewdaten ist es notwendig, einzelne Fragen zusammenzufassen. Um dadurch allerdings nicht zu viele differenzierte Daten zu verlieren, geschieht dies nur bei Fragen, bei denen es aufgrund des Antwortverhaltens der Schülerinnen und Schüler oder aufgrund von Nachfragen notwendig ist. Somit betrifft dies nur die Fragen 3 und 4. So hat sich während der Durchführung der

²⁴keine Antwort (0), naive Vorstellungen (1), Zwischenvorstellungen (2) und wissenschaftlich adäquate Vorstellungen (3)

Interviews gezeigt, dass die Kinder die beiden Aufträge „Baue dein Experiment auf und beschreibe dabei, was wichtig ist.“ und „Mache mir dein Experiment vor und beschreibe, wie es funktioniert.“ nicht nacheinander, sondern gleichzeitig ausführen. Aus diesem Grund wird zu diesen beiden Interviewteilen ein Gesamtwert gebildet, der anschließend den vier Niveaus zugeordnet werden kann.

5.5 Erfassung der Transferfähigkeit bzgl. des Verständnisses der Variablenkontrolle durch schriftliche Aufgaben

Zur Prüfung der Transferierbarkeit des Verständnisses der Variablenkontrolle und der Frage, ob ein ggf. besseres Abschneiden im Paper-Pencil-Test lediglich auf die wiederholte Bearbeitung gleicher Aufgaben zurückzuführen ist, werden zum zweiten und dritten MZP weitere bis dahin den Kindern noch nicht bekannte Items an den Paper-Pencil-Test angeschlossen. Dies betrifft insgesamt sechs Aufgaben, die ebenfalls in Anlehnung an bereits bekannte Aufgaben zum Verständnis der Variablenkontrolle entwickelt oder aus anderen Studien übernommen wurden. Die Reihenfolge ist dabei in beiden Testversionen gleich. Diese Transferaufgaben liegen der Arbeit als Anlage bei (s. Anlage A.13 im Anhang ab S. 371) und werden an dieser Stelle kurz erläutert.

Das Item „Fressen Kattas Früchte?“ (kT_Eva_3_Kattas) ist bereits aus der zur Pilotierung verwendeten Testversion bekannt. Es hat sich im Rahmen der Pilotierung als geeignet erwiesen (s. Kapitel 5.3.6.2 ab S. 127), das Verständnis der Variablenkontrolle zu erfassen, und wird deshalb als eine Transferaufgabe in den Test aufgenommen.

Das zweite Transfer-Item „Welcher Bär hat das Boot versenkt?“ (kT_Des_4_Boot) ist in Anlehnung an eine Vorlage von einer Aufgabe von SODIAN entstanden und dient der Erfassung des Entwickelns eines konklusiven Tests im Kontext Alltag. Die Aufgabe der Kinder besteht darin, durch Auswahl einer der vier vorgegebenen Antwortmöglichkeiten einen konklusiven Test zu entwickeln.

Die dritte Aufgabe entspricht einer Optimierung der in der Pilotierung eingesetzten Aufgabe „Ist die Wassermenge für das Wachsen von Pflanzen wichtig?“ (VK_Eva_5_Pflanze). Sie besteht aus zwei Teilen. Die Kinder sollen in der Aufgabe ein experimentelles Design dahingehend bewerten, ob es sich um ein kontrolliertes Experiment handelt und ihre Auswahl anschließend begründen. Der ehemals dritte Teil der Aufgabe, in dem die Kinder einen Verbesserungsvorschlag machen sollten, ist entfernt worden. Die Aufgabe wird trotz problematischer Kennwerte in der Pilo-

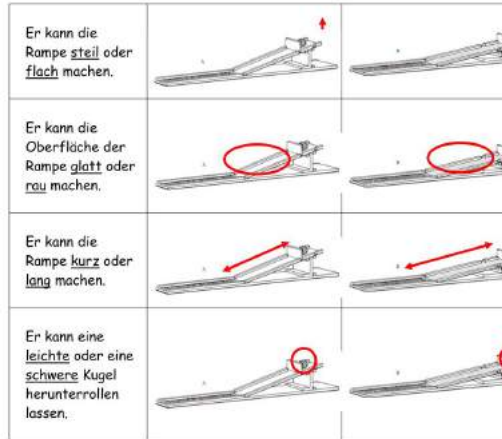
tierung (s. Kapitel 5.3.6.2 ab S. 127) als Transferaufgabe verwendet, da es sich um eine renommierte Aufgabe zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle handelt, die sich in anderen Studien bewährt hat (CHEN & KLAHR, 1999). Gleiches gilt für das Item „Welches Flugzeug verbraucht am wenigsten Treibstoff?“ (VK_Des_6_Flugzeug).

Die beiden Items zur Aufgabe „Welcher Magnet ist der stärkere?“ (VK_Des_7_Magnetstärkere) sind ebenfalls aus der zur Pilotierung verwendeten Testversion entnommen. Dabei hat sich vor allem der zweite Teil der Aufgabe, die Begründung der Auswahl der Kinder, als hilfreich zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle erwiesen (s. Kapitel 5.3.6.2 ab S. 127). Deshalb wird die Aufgabe als eine Transferaufgabe im Test zum zweiten und dritten MZP verwendet.

Die letzte Transferaufgabe „Bei welcher Rampe rollt die Kugel am weitesten?“ (VK_Eva_6_Rampe) ist der Studie von CHEN & KLAHR (1999) entnommen. Sie dient der Erhebung des Einsatzes der Variablenkontrollstrategie. Den Schülerinnen und Schülern wird ein Experiment präsentiert, mit dem eine vorgegebene Hypothese geprüft werden soll (s. Abbildung 5.12). Die Aufgabe der Schülerinnen und Schüler besteht darin, in einem ersten Schritt das Experiment durch Auswahl von „Ja.“ oder „Nein.“ zu bewerten und in einem zweiten Schritt diese Auswahl zu begründen.

18. Bei welcher Rampe rollt die Kugel am weitesten?

Robert baut Rampen, von denen er Kugeln herunterrollen lassen kann. Er baut ganz verschiedene Rampen. Sie sind unterschiedlich steil, haben verschiedene Oberflächen und sind unterschiedlich lang. Außerdem hat er eine schwere und eine leichte Kugel.



Robert vermutet, dass eine Kugel weiter rollt, wenn die Rampe steil ist.

Um seine Vermutung zu überprüfen, vergleicht er die beiden unten abgebildeten Rampen. Sie sind unterschiedlich steil, die Oberfläche ist einmal rau und einmal glatt und sie sind unterschiedlich lang. Dann lässt er auf der einen Rampe die leichte und auf der anderen Rampe die schwere Kugel herunterrollen. Anschließend vergleicht er, wie weit die beiden Kugeln bei den verschiedenen Rampen gerollt sind.

Rampe 1:	Rampe 2:
Ist das ein gutes Experiment, um herauszufinden, ob eine Kugel bei einer steilen Rampe weiter rollt als bei einer flachen? Kreuze nur eine Antwort an. Begründe deine Antwort! ☐ Ja. Warum? _____ _____ _____ ☐ Nein. Warum? _____ _____ _____	

23

Abbildung 5.12: Bei welcher Rampe rollt die Kugel am weitesten?

Die durch die Transferaufgaben erfassten Antworten der Schülerinnen und Schüler werden mit Hilfe des Codiermanuals (s. Anlage A.12 ab S. 356) den vier Niveaustufen zugeordnet.

Die Eignung der eingesetzten Items zur Prüfung der Transferfähigkeit der Kinder in Bezug auf das Verständnis der Variablenkontrolle wird in Kapitel 6.4.1 ab S. 174 geprüft und die Ergebnisse dazu berichtet.

5.6 Erfassung motivationaler und selbstbezogener Schülermerkmale durch einen Schüler-Fragebogen (SIS)

Zur Erfassung der nicht-leistungsbezogenen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler werden ebenfalls quantitative Fragebögen eingesetzt. Diese sind entnommen aus der Studie von BLUMBERG (2008) und zum Teil adaptiert durch KAUERTZ et al. (2011). Sie werden in allen acht Klassen (EG I MIT M und EG II OHNE M, $N =$

144) direkt nach der Intervention durchgeführt. Sie beziehen sich in ihren Aufgabenstellungen auf den erhaltenen Unterricht zum Thema „Welcher Magnet ist stärker?“. Darin enthaltene Skalen sind:

- situationales Interesse am Unterricht,
- im Unterricht empfundene Kompetenz,
- themenspezifisches Interesse (erfasst über außerschulische Aktivitäten, die in Zusammenhang mit dem Unterrichtsthema stehen),
- themenspezifische Selbstwirksamkeit bzgl. des unterrichteten Themas,
- persönliches Interesse an Physik und
- Fähigkeitsselbstkonzept in Bezug auf physikalische Themen.

Dabei haben die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe, ihnen vorgegebene Aussagen zu diesen Skalen hinsichtlich des erhaltenen Unterrichts zu bewerten. Der eingesetzte Fragebogen liegt der Arbeit bei (s. Anlage A.19 im Anhang ab S. 407).

5.7 Erfassung der Kontrollvariablen

Die Erfassung von Kontrollvariablen ist in der vorliegenden Studie aus zwei Gründen notwendig: In Untersuchungen zum wissenschaftlichen Denken hat sich gezeigt, dass eine valide Messung des wissenschaftlichen Denkens nur dann möglich ist, wenn andere kognitive Fähigkeiten kontrolliert werden. Dies gilt gerade bei der Erhebung des wissenschaftlichen Denkens mit Hilfe von Paper-Pencil-Tests²⁵ (MAYER et al., 2014). Zudem werden die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler auf Basis relevanter Kontrollvariablen in zwei Experimentalgruppen aufgeteilt. So können die Gruppen miteinander verglichen werden.

Als relevant für die Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle haben sich die Intelligenz (s. Kapitel 5.7.1 ab S. 150), die Inhibitionsfähigkeit (s. Kapitel 5.7.2 ab S. 150), die Fähigkeit zum Problemlösen (s. Kapitel 5.7.3 ab S. 151) und – vor allem in Bezug auf die Bearbeitung von Paper-Pencil-Tests – das Leseverständnis (s. Kapitel 5.7.4 ab S. 152) herausgestellt. Zudem kommt dem Vorwissen eine wesentliche Rolle beim Wissenserwerb zu (s. Kapitel 2.4.2 ab S. 33).

²⁵Da das Verständnis der Variablenkontrolle einen Teil des wissenschaftlichen Denkens darstellt (s. Kapitel 2.2.5 ab S. 25), scheint die Kontrolle von anderen kognitiven Variablen im Rahmen dieser Studie notwendig.

5.7.1 Intelligenz durch den Culture Fair Test 20-R (CFT 20-R)

Ein Zusammenhang zwischen der Intelligenz und dem Verständnis der Variablenkontrolle (BULLOCK, SODIAN & KOERBER, 2009) sowie der Intelligenz und Kompetenzmessungen konnte in Studien gezeigt werden (HARTIG & KLIEME, 2006). „To summarize from these results, the entry level for understanding the logic of experimentation is best explained by relatively nonspecific measures: age and IQ.“ (BULLOCK & ZIEGLER, 1999, S. 49) Dabei wird Intelligenz häufig als Fähigkeit zur Anpassung an neuartige Situationen, Anforderungen und Aufgaben verstanden (SCHRADER, 2009). Gleichzeitig haben sich Wechselwirkungen von Unterrichtsmerkmalen und Intelligenz gezeigt. So profitieren weniger intelligente Schülerinnen und Schüler besonders von einem stark strukturierten Unterricht (SCHRADER, 2009). Insgesamt gilt die Intelligenz als eine wichtige Determinante der (Schul-)Leistung (SCHRADER & HELMKE, 2008). „Danach sollten Einflüsse der Intelligenz auf den strategischen Verlauf und den Erfolg selbstreguliert-entdeckenden Lernens durch Experimentieren substantiell sein.“ (KÜNSTING, 2007, S. 30)

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird die Intelligenz mit Hilfe des CFT 20-R (Culture Fair Test) (WEISS, 2006) erfasst. Dieser ist für Kinder ab 8,5 Jahren und somit zum Einsatz in der 3. und 4. Klasse geeignet. Eine Version des verwendeten Testhefts liegt der Arbeit bei (s. Anlage A.7 im Anhang ab S. 327). Dem zugrunde liegt eine Auffassung der Intelligenz als Fähigkeit zum Erkennen figuraler Beziehungen und formal-logischer Denkprobleme mit unterschiedlichem Komplexitätsgrad in vorgegebener Zeit. Durch sprachfreie und anschauliche Testaufgaben kommt es zu keiner Benachteiligung von Kindern mit geringen sprachlichen Fähigkeiten. Der gesamte CFT 20-R beinhaltet vier Untertests (Reihenfortsetzen, Klassifikationen, Matrizen und topologische Schlussfolgerungen), wobei in der vorliegenden Studie die Subtests zum Reihenfortsetzen, zu Matrizen und zum topologischen Schlussfolgern eingesetzt werden.

5.7.2 Fähigkeit zur Inhibition durch den Farbe-Wort-Interferenz-Test (FWIT)

Die Fähigkeit zur Inhibition beinhaltet „kognitive Prozesse, die der Unterdrückung einer bestimmten Handlungstendenz und damit einer bereits initiierten Reaktion dienen“ (SEIFERTH, THIENEL & KIRCHER, 2007, S. 272). Es geht um das Hemmen dominanter und automatischer Tendenzen zur Reaktion. Bzgl. der Planung von Experimenten kann die Inhibition des Einflusses eigener Vorstellungen als ein

wichtiger Faktor gesehen werden (KUHN & FRANKLIN, 2006). Ähnliches gilt für die Bearbeitung von Aufgaben. So zeigen Ergebnisse von KWON & LAWSON (2000) einen Einfluss der Fähigkeit zur Inhibition irrelevanter Informationen auf das wissenschaftliche Denken. Für das Grundschulalter deuten Befunde von MAYER (2011) unter Berücksichtigung des Leseverständnisses und der Intelligenz lediglich geringe bis gar keine Zusammenhänge zum wissenschaftlichen Denken an. Da die bisherige Befundlage hinsichtlich eines Zusammenhangs des Verständnisses der Variablenkontrolle mit der Fähigkeit zur Inhibition gegensätzlich ist, werden in der vorliegenden Untersuchung die inhibitorischen Fähigkeiten als Kontrollvariable erfasst.

Der in der vorliegenden Studie zum Einsatz kommende Test zur Erfassung der Inhibition ist eine in Anlehnung an MAYER (2011) adaptierte gruppentestfähige Paper-Pencil-Version des FWIT (**F**arbe-**W**ort-**I**nterferenztest) nach STROOP (BÄUMLER, 1985) (s. Anlage A.8 im Anhang ab S. 335). Der FWIT in der Originalversion misst grundlegende Fähigkeiten der optisch-verbalen Informationsverarbeitung. Dabei wird das sog. *Farbe-Wort-Inkongruenzprinzip* nach STROOP verwendet. Er besteht aus insgesamt drei Untertests: das Lesen von Farbwörtern, das Benennen von farbigen Kästen und das Benennen von Farben bei einer inkongruenten Farbe-Wort-Präsentation. Im Original muss das Farbwort vorgelesen werden. In der in der Studie eingesetzten Paper-Pencil-Version haben die Kinder die Aufgabe, die richtige Farbe aus einer Auswahl anzukreuzen. Dafür haben sie je Untertest eine Minute Zeit.

5.7.3 Problemlösefähigkeit durch den Test „Turm von London“ (TvL)

Ein Problem liegt vor, wenn es einen bekannten Ausgangspunkt, einen definierten Zielzustand und einen dazwischen liegenden unbekannten und nicht direkt erkennbaren Lösungsweg gibt. Das Problemlösen ist somit eine exekutive Funktion, die als „zielorientiertes Denken und Handeln in Situationen, für deren Bewältigung keine routinierten Vorgehensweisen verfügbar sind“ (KLIEME et al., 2001, S. 185), definiert werden kann. Insgesamt kann der Problemlöseprozess als eine Suche nach einem Weg zur Lösung beschrieben werden, der notwendig ist, um vom Ausgangs- zum Zielzustand zu gelangen (MAYER, 2011). Auf dem SDDS-Modell aufbauend wird der Prozess der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als Suche in zwei verschiedenen Problemräumen (dem Hypothesen- und dem Experimentierraum) aufgefasst. Folglich kann das Experimentieren als ein Prozess des Problemlösens gesehen werden (KLAHR & DUNBAR, 1988; s. Kapitel 2.2.1 ab S. 14).

In Untersuchungen zum wissenschaftlichen Denken haben z. B. DUNBAR & KLAHR (1988) Hinweise darauf gefunden, dass Schwierigkeiten von Kindern im Bereich des

wissenschaftlichen Denkens darauf zurückgeführt werden können, dass sie die Problemlösesituation innerhalb eines wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses nicht „vollständig repräsentieren und die Suche im Hypothesen- und Experiment-Raum nicht koordinieren können.“ (MAYER, 2011, S. 38)

Der mittlerweile weit verbreitete Vergleich des Experimentierens mit einem Problemlöseprozess lässt darauf schließen, dass die Fähigkeit zum Problemlösen mit dem Verständnis der Variablenkontrolle zusammenhängen könnte. Für die Grundschule zeigte MAYER et al., dass die Leistungen im Bereich des wissenschaftlichen Denkens vor allem durch die Problemlösefähigkeit beeinflusst werden (MAYER et al., 2014).

In der vorliegenden Studie wird die Fähigkeit zum Problemlösen durch das Testverfahren TvL (Turm von London) von TUCHA & LANGE (2004) erfasst. Dabei handelt es sich ursprünglich um handlungsorientierte Transformationsaufgaben, bei denen mit einem Holzmodell gearbeitet wird. Um den Test gruppenfähig zu gestalten, werden die Handlungsaufgaben aus dem Test in Anlehnung an MAYER (2011) in Paper-Pencil-Aufgaben im Multiple-Choice-Format umgewandelt (s. Anlage A.9 im Anhang ab S. 340). Bei den Aufgaben geht es darum, drei verschiedenfarbige Kugeln in vorgegebenen Anordnungen auf unterschiedlich langen Holzstäben zu platzieren. Ziel ist es, die Kugeln in einer vorgegebenen Anzahl an Zügen – diese variiert je nach Schwierigkeitsgrad – von einem Ausgangszustand in einen klar definierten Zielzustand zu überführen. Dabei darf bei jedem Zug immer nur eine Kugel bewegt werden.

5.7.4 Lesefähigkeit durch den Leseverständnistest für Erst- bis Sechstklässler (ELFE 1–6)

Ein wesentlicher Kritikpunkt an schriftlichen Testverfahren in der Grundschule bezieht sich auf die Validität, die durch das noch nicht komplett ausgereifte Leseverständnis der Schülerinnen und Schüler beeinflusst sein kann. Zwar deuten Befunde aus Leseleistungstests, z. B. dem in der vorliegenden Studie zum Einsatz kommenden ELFE 1–6 (**Ein Leseverständnistest für Erst- bis Sechstklässler**) von LENHARD & SCHNEIDER (2006), Studien wie die Internationale Grundschul-Lese-Untersuchung (IGLU) oder die Vergleichsarbeiten (VERA) darauf hin, dass Schülerinnen und Schüler im Grundschulalter in der Lage sind, sinnentnehmend zu lesen, diese Fähigkeit jedoch abhängig ist von der Komplexität des Texts und unterstützenden Elementen, wie z. B. Abbildungen (HELMKE et al., 2006). Ergebnisse von POLLMEIER et al. (2011) aus dem SCIENCE-P-Projekt zeigen, dass die Bearbeitung schriftlicher Auf-

gaben bei angemessener Unterstützung, wie z. B. dem Vorlesen der Aufgaben und Antwortmöglichkeiten, nicht durch das Leseverständnis der Kinder beeinflusst ist. Allerdings zählt die Lesekompetenz als ein wichtiger prädiktiver Faktor für die erfolgreiche Bearbeitung schriftlicher Aufgaben zum wissenschaftlichen Denken (MAYER, 2011). Aus diesem Grund wird das Leseverständnis der Schülerinnen und Schüler in der vorliegenden Studie als eine relevante Variable kontrolliert.

Dazu wird ein Untertest des normierten ELFE 1–6 verwendet. Dieser Subtest erfasst das Leseverständnis auf Textniveau. Durch das Vorliegen einer Papierversion ist eine ökonomische Überprüfung des Leistungsstands ganzer Klassen möglich. Die Aufgaben bestehen aus einem Text und dazugehörigen Fragen mit jeweils vier möglichen Antwortalternativen (s. Anlage A.10 im Anhang ab S. 345).

5.7.5 Leistungsstärke durch einen Lehrereinschätzungsbogen

Zur Erfassung weiterer Leistungsmerkmale der Kinder erhalten alle acht an der Studie teilnehmenden Lehrpersonen einen Fragebogen zur Einschätzung der Leistungsstärke ihrer Schülerinnen und Schüler. Dieser beinhaltet in Anlehnung an BLUMBERG (2008) verschiedene Kriterien, zu denen eine Einschätzung seitens der Lehrperson erbeten wird. Zu den Kriterien gehören u. a. Zeugnisnoten, logisches Denken, Ausdrucksvermögen, eine Gesamteinschätzung der Leistungsstärke sowie insgesamt das Verhalten in Schule und Unterricht (z. B. Anstrengungsbereitschaft, Unterstützung der Eltern) (s. Anlage A.11 im Anhang ab S. 349). Die Kriterien werden den Lehrpersonen schriftlich erläutert.

Ein zweiter Teil des Fragebogens dient zur Kontrolle des unterrichtlichen Vorwissens zum Thema „Magnetismus“ und „Experimentieren“ sowie zur Erfassung des bereichsspezifischen Aus- und Fortbildungshintergrunds der Lehrpersonen²⁶.

5.8 Intervention zum Thema „Welcher Magnet ist stärker?“

Zur gezielten Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle wurden zwei Unterrichtseinheiten für die dritte Jahrgangsstufe entwickelt. Eine davon ist größtenteils übernommen aus dem Spiralcurriculum Magnetismus (MÖLLER et al., 2013).

²⁶Beide Bereiche werden in der vorliegenden Arbeit an dieser Stelle der Vollständigkeit halber erwähnt, jedoch nicht weiter ausgewertet. Bei der Pilotierung des Tests zeigte sich, dass Schülerinnen und Schüler, die von Lehrpersonen mit einem besseren bereichsspezifischen Aus- und Fortbildungshintergrund unterrichtet werden, ein ausgeprägteres Verständnis der Variablenkontrolle haben, als Kinder die von weniger bereichsspezifisch aus- und fortgebildeten Lehrpersonen unterrichtet werden. Für weitere Informationen s. BOHRMANN, TODOROVA & MÖLLER, 2016.

Die andere Unterrichtseinheit ist entstanden unter Berücksichtigung eines Ansatzes der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im Sinne des Offenen Experimentierens. Beide Unterrichtseinheiten zielen auf das Verständnis der Variablenkontrolle und unterscheiden sich darin, dass in der einen Unterrichtseinheit ein implizites und explizites *Modeling* eingesetzt wird (EG I MIT M) und in der anderen Unterrichtseinheit, die am Offenen Experimentieren orientiert ist, dieses implizite und explizite *Modeling* nicht zum Einsatz kommt (EG II OHNE M).

Es muss an dieser Stelle deutlich gemacht werden, dass es sich bei den Experimenten, die die Schülerinnen und Schüler in der vorliegenden Arbeit durchführen, um eine „Vorform“ eines kontrollierten Experiments handelt. Es werden kontrollierte Testbedingungen für einen Vergleich geschaffen, indem ein zu untersuchendes Merkmal (hier die Größe eines Magneten im Unterricht der Studie) isoliert betrachtet und aufgrund der Ergebnisse als verantwortliches Merkmal für die Stärke des Magneten falsifiziert wird. Weitere für die Stärke eines Magneten mögliche Einflussfaktoren, wie z. B. das Herstellungsverfahren oder das Material, werden bei diesen Experimenten nicht thematisiert. Dennoch geht das Durchführen dieser Experimente über das häufig in der Grundschule praktizierte Durchführen von Versuchen nach einer Anleitung, wie es bei vielen in Schulbüchern vorhandenen Schülerexperimenten der Fall ist (HARTINGER, 2003), hinaus.

Nach den Beschreibungen der jeweiligen Unterrichtsvariation (s. Kapitel 5.8.1 ab S. 154) erfolgt eine Erläuterung der Durchführung und Videodokumentation der Unterrichtseinheiten sowie des Verfahrens und der Ergebnisse zum *Screening* der Unterrichtsvideos (s. Kapitel 5.8.3 ab S. 162).

5.8.1 Variation des Unterrichts

Lernen wird, wie in Kapitel 2.4.2 ab S. 33 präsentiert, als aktive Konstruktion von Wissen in einem sozialen Kontext verstanden, wobei der Lernprozess sowohl von den vorhandenen Vorstellungen als auch von den kognitiven Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler beeinflusst wird. Aus diesem Grund wird in den in der vorliegenden Studie durchgeführten Unterrichtseinheiten z. B. nicht von *kontrollierten* Experimenten, sondern von *fairen* Experimenten gesprochen. Der Begriff *fair* ist den Kindern aus ihrem Alltag, vor allem aus dem Sport bekannt, und deshalb geeignet, ihnen die Variablenkontrollstrategie durch die Betonung der Fairness eines Experiments näher zu bringen. Zudem werden im Sinne des *Conceptual Change*-Ansatzes (s. Kapitel 2.4.3 ab S. 38) die Vorerfahrungen, Vorkenntnisse und Erklärungen der Kinder aufgegriffen, Zeit zum eigenständigen und selbsttätigen Ex-

perimentieren gegeben sowie der Austausch zwischen den Lernenden und zwischen dem Lehrenden und den Lernenden und das Begründen und Weiterdenken angeregt. Aufgrund dessen, dass Schülerinnen und Schüler bezüglich der Variablenkontrolle ein ungenaues Verständnis und daraus resultierend einen unsystematischen Umgang mit Variablen beim Experimentieren zeigen und ihnen die spontane Produktion von kontrollierten Experimenten schwerfällt (s. Kapitel 3.1 ab S. 47), das Verständnis der Variablenkontrolle in Anlehnung an Wygotskys Theorie allerdings in der Zone der nächsten Entwicklung zu liegen scheint, ist es notwendig, die Schülerinnen und Schüler durch Unterricht angemessen zu unterstützen (s. Kapitel 3.2 ab S. 57). Dabei ist es, wie z. B. die Ergebnisse von GRYGIER, GÜNTHER & KIRCHER (2007) zeigen, nicht notwendig, mit den Lernenden ein reines Strategietraining zu betreiben, sondern die Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle in einen für die Kinder und für das Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht relevanten Kontext einzubetten. Im Rahmen der vorliegenden Studie ist das prozessbezogene Lernen (Verständnis der Variablenkontrolle) durch eine Einbettung in den Kontext Magnetismus verknüpft mit dem inhaltsbezogenen Lernen (Magnetismus).

Basierend auf diesen kurz zusammengefassten Annahmen wurden zwei Unterrichtsvariationen entwickelt, die sich im Einsatz der Unterstützungsmaßnahmen (s. Kapitel 2.4.3.1 ab S. 39) unterscheiden. Acht der aus der Parallelisierung entstandenen Halbklassen erhalten Lernunterstützung mit implizitem und explizitem *Modeling* (EG I MIT M), während die anderen acht Halbklassen im Rahmen eines am Offenen Experimentieren angelehnten Angebots von Unterricht ohne implizites und explizites *Modeling* lernen (EG II OHNE M).

Beide Unterrichtseinheiten wurden gemeinsam mit Lehrpersonen und Fachleitungen für das Fach Sachunterricht entwickelt. Dabei wurde berücksichtigt, dass sowohl Personen beteiligt wurden, die ihren Unterricht im Sinne des Unterrichts in der EG I MIT M durchführen, als auch Lehrpersonen, die offenen Sachunterricht praktizieren.

In den nun folgenden Kapiteln wird die Intervention in den beiden Experimentalgruppen erläutert (s. Kapitel 5.8.1.1 ab S. 155 und Kapitel 5.8.1.2 ab S. 159) und anschließend in einer zusammenfassenden Gegenüberstellung präsentiert (s. Kapitel 5.8.2 ab S. 162).

5.8.1.1 Beschreibung der Experimentalgruppe I (MIT M)

Neben den allgemeinen Merkmalen zur Gestaltung naturwissenschaftlicher Lernumgebungen (aktive Konstruktion ermöglichen, vorhandene Vorstellungen aufgreifen

und daran anknüpfen, Zone der nächsten Entwicklung berücksichtigen sowie inhalts- und prozessbezogenes Lernen verknüpfen) wird vor allem der Aspekt der angemessenen Lernunterstützung bei der Konzipierung der Unterrichtseinheit in der EG I MIT M betrachtet. Darunter fällt die Unterstützung der Lernprozesse im Sinne des *Scaffoldings* (s. Kapitel 2.4.3.1 ab S. 39) – in der vorliegenden Studie insbesondere mit Hilfe des *Modelings*²⁷.

Das *Modeling* besteht in der vorliegenden Unterrichtseinheit aus dem Durchführen kontrollierter Experimente, dem Zeigen verschiedener gelungener und nicht gelungener Beispiele des Einsatzes der Variablenkontrollstrategie beim Vergleich zweier unterschiedlich starker Magneten sowie dem Erklären dieser Strategie. Dabei ist es notwendig, dass sowohl implizite als auch explizite Anteile enthalten sind. Durch den Einsatz impliziten und expliziten *Modelings* werden die Schülerinnen und Schüler darin unterstützt, einfache kontrollierte Experimente zu planen, durchzuführen und auszuwerten. Dabei wird in zwei Schritten vorgegangen. Zunächst führen die Kinder kontrollierte Experimente mit Hilfe von Versuchskarten durch (implizites *Modeling* in der ersten Doppelstunde). Anschließend werden gemeinsam Kriterien für ein kontrolliertes Experiment erarbeitet (explizites *Modeling* in der zweiten Doppelstunde).

Das implizite *Modeling* beinhaltet die Durchführung kontrollierter Experimente durch die Schülerinnen und Schüler. Unterstützt werden die Lernenden dabei durch Versuchskarten (s. Abbildung 5.13), die ein idealisiertes Vorgehen für die Durchführung kontrollierter Experimente beinhalten²⁸.



Abbildung 5.13: Versuchskarten für das implizite *Modeling* (MÖLLER et al., 2013, S. 277)

Im Sinne des *Modelings* werden durch die Versuchskarten geeignete Lösungswege

²⁷Eine Begründung dafür befindet sich u. a. im Kapitel 3.2 ab S. 57.

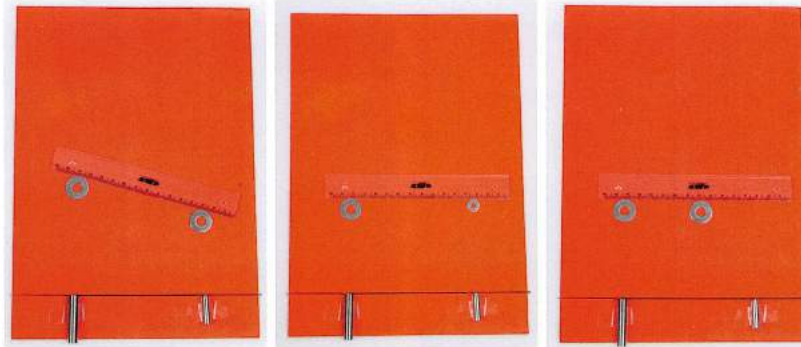
²⁸Dies unterscheidet den Einsatz einer Versuchskarte vom impliziten *Modeling*.

präsentiert, die die Lernenden in einem ersten Schritt nachahmen können, um so *implizit* selbst einen fortgeschrittenen Lösungsansatz durchzuführen und dadurch kennenzulernen. Dabei konzentrieren sich die Schülerinnen und Schüler zunächst auf die Durchführung kontrollierter Experimente, ohne dass ihnen bewusst ist, dass sie ein kontrolliertes Experiment durchführen. Erst in einem zweiten Schritt wird dieses Vorgehen reflektiert und die Lernenden werden zum Weiterdenken angeregt.

Dies geschieht ebenfalls im Sinne des *Modelings* – jedoch *explizit*. So präsentiert die Lehrperson den Schülerinnen und Schülern verschiedene Beispiele, wie zwei Magneten in Bezug auf ihre Stärke miteinander verglichen werden können (s. Abbildung 5.14) und reflektiert diese gemeinsam mit ihnen im Unterricht in Bezug auf ihre Fairness. Auf diese Weise werden die Lernenden an die Notwendigkeit der Variablenkontrollstrategie beim Experimentieren herangeführt. Es werden Kriterien für ein kontrolliertes bzw. faires Experiment gemeinsam erarbeitet. Anschließend entwickeln die Kinder in einer Experimentierphase selbst Experimente unter Berücksichtigung der zuvor erarbeiteten Kriterien.

DEMONSTRATIONSVERSUCH

Schiebebrettversuch



In den Abbildungen mit der roten Unterlage ist der Versuch jeweils unfair – das Schiebebrett ermöglicht ein Konstanthalten der Bedingungen.

Material:

- 1 kleiner runder Stabmagnet
- 1 mittelgroßer runder Stabmagnet
- 1 laminierte Unterlage (mit zuvor eingezeichnetem Strich)
- Klebestreifen
- 2 große Unterlegscheiben
- 1 kleine Unterlegscheibe
- 1 Lineal
- 1 Schiebebrett
- 1 Folienstift non-permanent

Organisation:

- Gesprächskreis
- Demonstrationsversuch
- Mehrere Kinder wiederholen den Versuch mit dem Schiebebrett.

Aktivitäten der Lehrkraft/der Kinder:

Die Lehrkraft klebt zwei Magneten an der zuvor eingezeichneten Linie auf eine laminierte Unterlage. Sie führt zwei große Eisenscheiben mit einem Lineal zu den Magneten und hält das Lineal dabei schief, sodass der schwächere Magnet „gewinnt“. Anschließend führt die Lehrkraft das Experiment mit gerade gehaltenem Lineal, aber unterschiedlich großen Eisenscheiben durch. Zum Schluss legt die Lehrkraft die Scheiben so, dass eine Scheibe nicht direkt vor dem Magneten liegt. Gemeinsam mit den Kindern wird erarbeitet, unter welchen Bedingungen der Versuch fair wird. Nun führt die Lehrkraft das Experiment mit Hilfe eines Schiebebretts durch. Die Kinder begründen, warum das Experiment fair ist.

Hintergrund:

Damit ein Versuch aussagekräftig ist, darf jeweils nur das verändert werden, was im Hinblick auf seine Auswirkung untersucht werden soll. Alle anderen relevanten Bedingungen müssen konstant gehalten werden. In diesem Fall dürfen nur die Magneten unterschiedlich sein. Nur dann kann von einem kontrollierten Experiment gesprochen werden.

Erkenntnis für die Kinder:

Bei einem Experiment müssen alle Bedingungen gleich bleiben. Verändert werden darf nur das, was im Hinblick auf seine Auswirkung untersucht werden soll.

Abbildung 5.14: Versuchsbeschreibung für das explizite *Modeling* (MÖLLER et al., 2013, S. 289)

Somit greifen das implizite und explizite *Modeling* in der vorliegenden Unterrichts-

einheit ineinander, um das Verständnis der Variablenkontrolle bei den Schülerinnen und Schülern zu fördern.

Im Anschluss an die beiden Doppelstunden präsentieren die Schülerinnen und Schüler ihre entwickelten Experimente in Form einer Experimentiershow (diese entspricht dem Interview (s. Kapitel 5.4.2 ab S. 143)). In einer sich daran anschließenden Einzelstunde stellen sie ihre Experimente im Rahmen eines Museumsgangs den anderen Kindern vor und reflektieren gemeinsam mit der Lehrperson ihre Experimente. Eine detaillierte Beschreibung des Unterrichtsverlaufs in der EG I MIT M liegt dieser Arbeit bei (s. Anlage A.16 im Anhang ab S. 388).

5.8.1.2 Beschreibung der Experimentalgruppe II (OHNE M)

Auch die Unterrichtseinheit in der EG II OHNE M ist orientiert an den bereits ausführlich beschriebenen allgemeinen Merkmalen zur Gestaltung konstruktivistisch orientierter naturwissenschaftlicher Lernumgebungen. Allerdings beinhaltet diese Unterrichtseinheit kein *Modeling*, sondern kann fachdidaktisch dem Konzept des Offenen Experimentierens²⁹ zugeordnet werden (s. Kapitel 2.4.3.2 ab S. 42).

Ziel der vorliegenden Studie ist die Untersuchung der Wirksamkeit einer spezifischen Lernunterstützungsmaßnahme (*Modeling*). Dieser wird ein Unterrichtsetting, angelehnt an das Offene Experimentieren, gegenübergestellt. Bei der Gestaltung der Unterrichtseinheit für die EG II OHNE M wurde auf die Phasen eines Offenen Experimentierprozesses zurückgegriffen (s. Kapitel 2.4.3.2 ab S. 42). So ist das Offene Experimentieren an sechs Phasen orientiert, wobei diese Phasen nicht durch die Schülerinnen und Schüler festgelegt, sondern durch die Lehrperson moderiert werden (HÖTTECKE, 2001).

Diese einzelnen Phasen (zumindest die erste bis fünfte) werden im Rahmen der Unterrichtseinheit in der EG II OHNE M umgesetzt. So werden die Schülerinnen und Schüler zunächst mit einem Phänomen konfrontiert (erste Phase) und haben anschließend Zeit, diesem Phänomen und der damit einhergehenden Frage explorierend nachzugehen (zweite Phase; erste Doppelstunde). Die darin gemachten Erfahrungen werden zu Beginn der zweiten Doppelstunde reflektiert (dritte Phase), bevor die Kinder auf Basis dieser Reflexion und einer Erklärung, wie ein Experiment sein muss in Bezug auf die Variablenkontrolle, eigene kontrollierte bzw. faire Experimente zur Beantwortung der Frage „Welcher Magnet ist stärker?“ planen und

²⁹Der Ansatz des Offenen Experimentierens bildet im Rahmen der vorliegenden Untersuchung eine gute Möglichkeit, die Unterrichtseinheit der EG II OHNE M sinnvoll zu gestalten, fachdidaktisch einzuordnen und zu begründen, bildet jedoch keinen Schwerpunkt dieser Arbeit.

durchführen (vierte Phase; zweite Doppelstunde).

Auch die Schülerinnen und Schüler der EG II OHNE M präsentieren nach der zweiten Doppelstunde ihre Experimente im Rahmen einer Experimentiershow, stellen sie in einer sich daran anschließenden Einzelstunde den anderen Kindern vor und reflektieren gemeinsam mit der Lehrperson ihre Experimente (vierte Phase). Eine detaillierte Beschreibung des Verlaufs des Unterrichts in der EG II OHNE M liegt dieser Arbeit als Anlage bei (s. Anlage A.17 im Anhang ab S. 397).

Eine zusammenfassende Gegenüberstellung der beiden Experimentalgruppen eingebettet in den Gesamtzusammenhang der Studie befindet sich in Abbildung 5.15.

1. MZP (prä – 2 bis 4 Wochen vor der Intervention): Kontrollvariablen, Verständnis VK		1. Doppelstunde	2. Doppelstunde	Experi- mentier- show	Einzel- stunde	2. MZP (post – 1 Tag nach der Intervention): Verständnis VK, Transfer, Motivation	3. MZP (follow-up – 6 Wochen nach der Intervention): Verständnis VK, Transfer
EG I MIT M	Aus- gangs- phäno- men	Durch- führung vorgege- bener Experi- mente (implizites <i>Modeling</i>)	Erarbei- tung von Kriterien kontrol- lierter Experi- mente (explizites <i>Modeling</i>)	Eigenständi- ges Planen und Durch- führen von Experi- menten	Reflexion		
EG II OHNE M	Explora- tions- phase	Zwischen- reflexion					
				Interview + Video: Verständnis VK			

Abbildung 5.15: Überblick über die Hauptstudie

Anmerkung: Die Baseline (BL) erhielt keine Intervention. Sie nahm nur an den drei Messzeitpunkten (prä, post und follow-up) in den gleichen Abständen wie die beiden Experimentalgruppen teil und erhielt in der Zwischenzeit regulären Unterricht.

5.8.2 Ablauf der quasi-experimentellen Interventionsstudie

Nachdem die Anlage und alle in der Studie verwendeten Erhebungsmethoden präsentiert wurden, kann der Abbildung 5.15 entnommen werden, dass das Ausgangsphänomen, die Phase der eigenständigen Planung und Durchführung im Rahmen der zweiten Doppelstunde, die Präsentation und die Reflexion der Experimente in beiden Experimentalgruppen gleich stattfinden (s. hellblaue Markierung). Lediglich die Phasen, in denen in der EG I MIT M das implizite und explizite *Modeling* stattfinden, variieren in den beiden Experimentalgruppen und sind somit spezifisch für die jeweilige Unterrichtsform – mit oder ohne *Modeling*. Die MZP sind dunkelblau markiert. Alle MZP werden auch von der Baseline in den gleichen Abständen absolviert – allerdings ohne den Test zu den motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmalen, da diese sich konkret auf den Unterricht beziehen, den die Schülerinnen und Schüler der Baseline nicht erhalten.

Nachdem die Unterrichtseinheiten für die beiden Experimentalgruppen beschrieben wurden, wird im folgenden Kapitel die Durchführung der Intervention und das dabei notwendige *Screening* der Unterrichtsvariation genauer vorgestellt.

5.8.3 Durchführung der Intervention und *Screening* der Unterrichtsvariation

Die Unterrichtseinheiten wurden von insgesamt vier dafür geschulten Lehrpersonen durchgeführt. Diese unterrichteten jeweils zwei Klassen bzw. vier Halbklassen und darin sowohl die EG I MIT M als auch die EG II OHNE M. Die Reihenfolge, in der die beiden Experimentalgruppen unterrichtet werden, wurde variiert, um Reihenfolgeeffekte zu vermeiden. Der Unterricht erstreckte sich in allen Klassen bzw. Halbklassen über einen Zeitraum von zwei Wochen. Zum besseren Verständnis ist in Tabelle 5.18 ein beispielhafter Ablauf des Unterrichts in einer Klasse dargestellt.

Tabelle 5.18: Ablauf der Intervention in einer Klasse

		EG I	EG II
Unterrichtstag I	1./2. Stunde	1. Doppelstunde	–
	3./4. Stunde	–	1. Doppelstunde
Unterrichtstag II	1./2. Stunde	2. Doppelstunde	–
	3./4. Stunde	–	2. Doppelstunde
Unterrichtstag III	3. Stunde	Einzelstunde	–
	4. Stunde	–	Einzelstunde

Der gesamte Unterricht in allen acht Klassen bzw. sechzehn Halbklassen (insgesamt

80 Unterrichtsstunden) wurde vollständig mit zwei Kameras (eine Kamera, die die Lehrperson filmt und während des Unterrichts begleitet, und eine Kamera, die als Totale fungiert) videographiert und für die anschließende Auswertung digitalisiert. Dabei wurden beide Kameraaufnahmen zu einem Video zusammengeschnitten, so dass insgesamt 60 Stunden Videomaterial vorliegen. Die Aufnahmen wurden gemäß genauer Vorgaben von geschulten Filmenden gemacht und für das *Screening* der Unterrichtsvariation verwendet³⁰.

Da eine Lehrperson beide Unterrichtsformen (MIT M und OHNE M) unterrichtet, ist eine Prüfung und Sicherstellung der Einhaltung der beiden verschiedenen Unterrichtsarten notwendig. Dazu wurden die vorliegenden Videodaten einem *Screening*-Verfahren unterzogen. Beim *Screening* wurden die videographierten Unterrichtsstunden von einem unabhängigen Beobachtenden im Rahmen eines sog. Blind-Verfahrens mit Hilfe eines Kriterienkatalogs den beiden Experimentalgruppen (EG I MIT M und EG II OHNE M) zugeordnet. Der dabei zum Einsatz kommende Kriterienkatalog ist in Anlehnung an das DFG-Schwerpunktprogramm „Bildungsqualität von Schule (BiQua)“ (BLUMBERG, 2008) innerhalb eines Forschungsseminars am Seminar für Didaktik des Sachunterrichts an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster entwickelt worden und kann im Anhang der vorliegenden Arbeit eingesehen werden (s. Anlage A.18 ab S. 405). Die letzte Einzelstunde wurde aufgrund ihrer gleichen Anlage in beiden Experimentalgruppen vom *Blind-Screening* ausgeschlossen.

Von den insgesamt 64 Unterrichtsstunden, die für das *Blind-Screening* relevant sind, wurden knapp 30 % zufällig ausgewählt – dies entspricht 18 Unterrichtsstunden – und den Beobachtenden vorgelegt. Diese hatten die Aufgabe, mit Hilfe des Kriterienkatalogs die Videos den beiden Experimentalbedingungen zuzuordnen und ihre Zuordnung auf Basis des Kriterienkatalogs zu begründen.

Die Zuordnung der Unterrichtsstunden zu den beiden Experimentalbedingungen gelang den Beobachtenden ohne Probleme. So wurden von den 18 Unterrichtsstunden 18 richtig zugeordnet, also 100 %. Dies lässt den Schluss zu, dass eine eindeutige Unterscheidbarkeit zwischen den beiden Unterrichtsvariationen vorliegt und die beabsichtigte Variation in den Experimentalbedingungen eingehalten wurde.

Bevor auf die Ergebnisse der im Detail vorgestellten Studie eingegangen wird, werden die zur Beantwortung der in Kapitel 4 ab S. 85 formulierten Fragestellungen und Hypothesen eingesetzten statistischen Verfahren skizziert, mit dem Ziel, diese zu legitimieren.

³⁰Selbstverständlich ist es denkbar, mit den vorliegenden Videodaten noch weitere Analysen durchzuführen. Diese sind jedoch nicht Teil der vorliegenden Arbeit.

6 Auswertungsverfahren und Darstellung der Ergebnisse

Das vorliegende Kapitel gliedert sich in zwei Teile. Zum Aufzeigen der notwendigen Auswertungsverfahren gehört zunächst die Aufbereitung der Daten der offenen Fragen im Paper-Pencil-Test zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle sowie der Interviewdaten (s. Kapitel 6.1 ab S. 165). Daraufhin werden die Verfahren zur Prüfung der Güte der eingesetzten Testinstrumente kurz erläutert (s. Kapitel 6.2 ab S. 167). Im darauf folgenden Kapitel (s. Kapitel 6.3 ab S. 171) werden die inferenzstatistischen Analysen zur Überprüfung der Hypothesen im Rahmen der quasi-experimentellen Interventionsstudie skizziert. Das Ziel ist dabei, die Auswahl und Anwendung der statistischen Verfahren zu legitimieren, um auf diese Weise die Güte dieser Verfahren im Sinne der statistischen Validität zu beurteilen (HUSSY, SCHREIER & ECHTERHOFF, 2013).

Im zweiten Teil des Kapitels werden die Ergebnisse der beschriebenen Verfahren dargestellt – sowohl bezogen auf die Analysen der Tests (s. Kapitel 6.4 ab S. 173) als auch bezogen auf die Prüfung der formulierten Hypothesen (s. Kapitel 6.5 ab S.181).

6.1 Aufbereitung der Daten

Bei den in der Studie eingesetzten Testinstrumenten zur Erfassung der Kontrollvariablen (Intelligenz, Inhibitions-, Problemlösefähigkeit und Leseverständnis) und dem Instrument zur Erfassung motivationaler und selbstbezogener Schülermerkmale handelt es sich um Instrumente im geschlossenen Format. Somit ist die Aufbereitung der Daten, die mit Hilfe dieser Verfahren erhoben werden, einfach umzusetzen.

Die Kinder erhalten bei den Aufgaben zur Erfassung der **Intelligenz** (s. Kapitel 5.7.1 ab S. 150) für jede richtige Antwort einen Punkt. Fehlende Werte, die z. B. durch absichtliches oder versehentliches Auslassen von Aufgaben oder aus zeitlichen Gründen entstanden, werden mit null Punkten bewertet. Die in den drei Untertests erzielten Punkte werden zu einem Rohwert summiert. Mit Hilfe dieser Rohwerte werden daraufhin die anteiligen Punkte berechnet, die die Kinder im Vergleich zu

den maximal möglichen Punkten erreicht haben, um für die Kinder am Ende einen vergleichbaren IQ-Wert errechnen bzw. aus den Normtabellen ablesen zu können.

Im Test zur Erhebung der **Inhibitionsfähigkeit** (s. Kapitel 5.7.2 ab S. 150) erhalten die Schülerinnen und Schüler ebenfalls für jede korrekte Antwort einen Punkt und für jede falsche oder fehlende Antwort null Punkte. Diese Punkte werden pro Untertest summiert. Auf diese Weise erhält jedes Kind in dem Test insgesamt drei Summenwerte, die anschließend zu einem gesamten Summenwert über den ganzen Test addiert werden. Bei der Parallelisierung der Experimentalgruppen (s. Kapitel 5.1 ab S. 97) werden alle vier Summenwerte (für die drei Subtests und für den Gesamttest) berücksichtigt.

Ebenfalls einen Punkt pro richtiger Lösung und null Punkte bei falschen oder fehlenden Antworten erhalten die Schülerinnen und Schüler im Test, mit dessen Hilfe die **Problemlösefähigkeit** erfasst wird (s. Kapitel 5.7.3 ab S. 151). Die Problemlösefähigkeit der Kinder kann anschließend anhand des aus den einzelnen Aufgaben erzielten Punkten gebildeten Summenwerts miteinander in Beziehung gesetzt werden.

Innerhalb des Tests zur Erfassung des **Leseverständnisses** (s. Kapitel 5.7.4 ab S. 152) der Schülerinnen und Schüler wird jede richtige Antwort mit einem Punkt bewertet, fehlende oder falsche Antworten dagegen mit null Punkten. Durch Addition der in den einzelnen Aufgaben erzielten Punkte erhält jedes Kind einen Gesamtwert für den Leseverständnistest. Dieser wird in Beziehung zur insgesamt maximal möglichen Punktzahl gesetzt, sodass jedes Kind zudem einen Prozentrang zugewiesen bekommt. Der Vorteil am Prozentrang ist eine Vergleichbarkeit der Leistungen der Kinder in dem Test über die vorliegende Stichprobe hinaus anhand von Normwerten, die für den Test vorliegen (LENHARD & SCHNEIDER, 2006).

Bei der Erhebung der **motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale** handelt es sich um einen Test, bei dem die Schülerinnen und Schüler Aussagen auf einer vierstufigen (ein bis vier Punkte) Skala für sich bewerten (s. Kapitel 5.6 ab S. 148). Da vier der insgesamt 34 Items so formuliert sind, dass eine Zustimmung negativ zu bewerten ist (z. B. „Im Unterricht musste ich mich anstrengen zuzuhören.“), müssen diese in einem ersten Schritt umcodiert werden, sodass eine Zustimmung seitens der Kinder zu einem kleinen Punktwert führt. Fehlende Werte werden in diesem Test mit null Punkten berücksichtigt. Anschließend wird für jede Skala ein Summenwert gebildet. So erhält jedes Kind insgesamt sechs Werte für diesen Test, die bei den weiteren Analysen berücksichtigt werden, um differenziert auf Basis der einzelnen Skalen Aussagen treffen zu können.

Die Bepunktung der Antworten der Kinder im Paper-Pencil-Test zur **Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle** unterscheidet sich je nach Aufgabenformat. Für die geschlossenen Aufgaben ist bereits bei der Testentwicklung festgelegt worden, welche Antwort wie viele Punkte gibt. Für die offenen Antworten wurde im Sinne der Qualitativen Inhaltsanalyse ein Codierungssystem entwickelt. Dieses beinhaltet verschiedene Kategorien, die den einzelnen Vorstellungsniveaus entsprechen, und „stellt das zentrale Instrument der Analyse dar.“ (MAYRING, 2015, S. 51) Das Codiermanual wird in Kapitel 5.3.2 ab S. 106 genau erläutert. Es wird ebenfalls für die Aufbereitung der Daten aus dem schriftlichen Transferteil des Tests zum Verständnis der Variablenkontrolle (s. Kapitel 5.5 ab S. 146) und zur Aufbereitung der Daten aus dem Interview (s. Kapitel 5.4.2 ab S. 143) verwendet. Auf diese Weise erhält jedes Kind für jede Aufgabe aus dem Paper-Pencil-Test, den Transferaufgaben und dem Interview einen Punktwert zwischen null und drei. Die Punkte werden bei dem Paper-Pencil-Test zu einem Gesamtwert addiert, sodass die Kinder anhand der Gesamtpunktwerte verglichen werden können. Bei den Transferaufgaben werden die Punkte der einzelnen Aufgaben ebenfalls summiert, anschließend wird jedoch geprüft, wie viele Aufgaben die Kinder in dem Teil bearbeitet haben¹. Die erreichten Punkte der Kinder werden mit den maximal möglichen Punkten in Beziehung gesetzt und auf diese Weise standardisiert. Um möglichst differenzierte Informationen aus dem Interview zu erhalten, werden die einzelnen Fragen des Interviews nicht zu einem Gesamtwert zusammengefasst. Hier dient die Zuteilung der Antworten der Kinder zu den verschiedenen Vorstellungsniveaus einer Vergleichbarkeit mit den einzelnen Aufgaben aus dem Paper-Pencil-Test und den Transferaufgaben sowie zu einer Einschätzung der Vorstellungen bzgl. des Niveaus. Informationen zum Umgang mit fehlenden Werten bei dem Paper-Pencil-Test und den Transferaufgaben sind in Kapitel 5.2 ab S. 100 ausführlich dargelegt. Diese gelten ebenfalls für den Umgang mit fehlenden Werten im Interview.

6.2 Auswertungsverfahren der Testanalysen

Ziel der folgenden Kapitel ist die Darstellung der Verfahren zur Auswertung der Testanalysen. Dazu gehören in einem ersten Schritt die Verfahren zur Prüfung der

¹Da die Kinder der beiden Experimentalgruppen zum zweiten MZP ebenfalls den Test zu motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmalen bearbeiteten, blieb nicht in allen Klassen genügend Zeit, alle Transferaufgaben zu bearbeiten. In manchen Klassen war es möglich, in einer weiteren Unterrichtsstunde den Test zu Ende zu bearbeiten; allerdings nicht in allen Klassen. In der Instruktion ist die genaue Bearbeitungszeit der Aufgaben festgelegt, sodass eine Vergleichbarkeit dennoch gewährleistet ist. Dieser Unterschied zwischen den befragten Klassen erfordert eine Standardisierung der Punkte, um einen Vergleich zu ermöglichen.

Güte der eingesetzten Testinstrumente im Sinne der Klassischen Testtheorie (s. Kapitel 6.2.1 ab S. 168). Sodann wird die Messinvarianz für das im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelte Instrument geprüft (s. Kapitel 6.2.2 ab S. 169). Die Zusammenhänge der verschiedenen entwickelten Testinstrumente zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle zu analysieren, ist Inhalt des Kapitels 6.2.3 (ab S. 170).

6.2.1 Prüfung der Güte der quantitativen Testinstrumente

Die Güte der in der Studie eingesetzten quantitativen Testinstrumente wird anhand der drei klassischen Gütekriterien (Objektivität, Reliabilität und Validität) geprüft. Eine Beschreibung dieser drei Kriterien befindet sich in Kapitel 5.3.6.2 ab S. 127. Für alle Instrumente ist die Objektivität als Gütekriterium erfüllt. So liegen zur Durchführung, zur Auswertung und zur Interpretation für alle Testinstrumente klare Regeln und Vereinheitlichungen vor (SACHER, 2009).

Die Zuverlässigkeit (Reliabilität) der einzelnen Tests und ggf. auch der einzelnen Untertests wird mit Hilfe des Reliabilitätskoeffizienten Cronbachs α ermittelt. Dieser gilt gleichzeitig als Maßzahl für die interne Konsistenz einer Skala und sollte bei einem guten Test nicht kleiner als 0.7 sein (MOOSBRUGGER & KELAVA, 2011).

Das dritte Gütekriterium (Validität) besagt, dass ein Messverfahren das misst, was es messen soll. Da es sich bei den Tests zur Erfassung der Kontrollvariablen (Intelligenz, Inhibitions-, Problemlösefähigkeit und Leseverständnis) und zur Erfassung der Motivation um bekannte und in den meisten Fällen normierte Testverfahren handelt, die für den Einsatz in der Studie teilweise nur gering verändert wurden, ist davon auszugehen, dass die Validität dieser Verfahren auch im Rahmen der vorliegenden Studie gegeben ist. Anders verhält es sich bei dem speziell für die hier durchgeführte Studie entwickelten schriftlichen Testinstrument zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle. Der Paper-Pencil-Test ist zwar pilotiert und im Rahmen der Pilotierung in Bezug auf die Eignung der Items und Skalen analysiert worden (s. Kapitel 5.3.6.2 ab S. 127), trotzdem gilt es bei diesem Verfahren, die Validität zu prüfen. Dazu wird das Verfahren der konfirmatorischen Faktorenanalyse gewählt und mit dem Programm Mplus 6 durchgeführt, um die Konstruktvalidität zu untersuchen.

6.2.2 Prüfung der Messinvarianz

Ziel der vorliegenden Studie ist die Untersuchung der Entwicklung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch eine Förderung. Dabei werden die Testergebnisse sowohl zu verschiedenen MZP (prä, post und follow-up) als auch in verschiedenen Gruppen (EG I MIT M, EG II OHNE M und BL) miteinander verglichen. “To be valid for such a comparison a questionnaire should measure identical constructs with the same structure across different groups [and time.]“ (VAN DE SCHOOT, LUGTIG & HOX, 2012, S. 486) Somit ist es notwendig, die Messinvarianz des Paper-Pencil-Tests sowohl zwischen den drei MZP als auch zwischen den Gruppen zu prüfen. Messinvarianz meint dabei, „dass die Messmodelle zwischen den Substichproben [und den MZP; Anmerkung der Verfasserin] vergleichbar sind.“ (CHRIST & SCHLÜTER, 2012, S. 59) Dies geschieht durch konfirmatorische Faktorenanalysen (mit Hilfe des Programms Mplus 6) in mehreren Schritten, die sich, je nachdem zwischen was die Messinvarianz geprüft werden soll, unterscheiden. Deshalb werden die Schritte nun für die beiden Prüfungen der Messinvarianz separat konkretisiert.

Messinvarianz zwischen den MZP

Gerade innerhalb von Studien, in denen die Entwicklung einer latenten Variable untersucht wird, kommt der Messinvarianzprüfung eine wichtige Rolle zu, da es notwendig ist, sicherzustellen, dass zu den verschiedenen MZP das gleiche Konstrukt untersucht wird (SCHWAB & HELM, 2015). Zur Prüfung der Messinvarianz zwischen den drei MZP sind in Anlehnung an VAN DE SCHOOT, LUGTIG & HOX (2012) sowie SCHWAB & HELM (2015) folgende Analysen notwendig:

1. konfirmatorische Faktorenanalyse mit gleicher Faktorenstruktur zwischen den drei MZP (konfigurale Invarianz)
2. konfirmatorische Faktorenanalyse mit gleichen Faktorladungen zwischen den drei MZP (metrische Invarianz bzw. schwache Invarianz)
3. konfirmatorische Faktorenanalyse mit gleichen Faktorladungen und gleichen Regressionskonstanten (Intercepts) zwischen den drei MZP (skalare Invarianz bzw. starke Invarianz)
4. konfirmatorische Faktorenanalyse mit gleichen Residualvarianzen zwischen den drei MZP (vollständige Invarianz).

Messinvarianz zwischen den Gruppen

Zur Prüfung der Messinvarianz zwischen den drei Gruppen (EG I MIT M, EG II OHNE M und BL) sind in Anlehnung an VAN DE SCHOOT, LUGTIG & HOX (2012) sowie SCHWAB & HELM (2015) folgende Analysen notwendig:

1. konfirmatorische Faktorenanalyse mit gleicher Faktorenstruktur zwischen den drei Gruppen (konfigurale Invarianz)
2. konfirmatorische Faktorenanalyse mit gleichen Faktorladungen zwischen den drei Gruppen (metrische Invarianz bzw. schwache Invarianz)
3. konfirmatorische Faktorenanalyse mit gleichen Faktorladungen und gleichen Regressionskonstanten (Intercepts) zwischen den drei Gruppen (skalare Invarianz bzw. starke Invarianz)
4. konfirmatorische Faktorenanalyse mit gleichen Residualvarianzen zwischen den drei Gruppen (vollständige Invarianz).

Für beide Messinvarianzprüfungen wird der sog. *Step-Up Ansatz* verwendet. Das heißt, es wird zunächst das am wenigsten restriktive Modell geprüft (konfigurale Invarianz). Anschließend wird ein immer restriktiver werdendes Modell geprüft. Zur Beurteilung der Unterschiede der Modellfits wird aufgrund der hohen Stichprobensensitivität nicht auf den Chi-Quadrat-Differenztest zurückgegriffen, sondern auf die sog. *rule of thumb* nach CHEN (2007). „Dabei gilt: Solange der CFI nicht um mehr als .02 Einheiten sinkt und der RMSEA nicht um mehr als .015 Einheiten steigt, können beide Modelle als, die Datenstruktur gleichgut widerspiegelnd, angesehen werden.“ (SCHWAB & HELM, 2015, S. 182) Da die Prüfung der restriktivsten Form der Messinvarianz (vollständige Messinvarianz) in der Forschungspraxis nur selten stattfindet und das Vorliegen konfiguraler, (partieller) metrischer und (partieller) skalarer Messinvarianz für die Analyse von Beziehungen zwischen latenten Mittelwerten ausreicht (CHRIST & SCHLÜTER, 2012), wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit auf die Prüfung vollständiger Invarianz verzichtet.

6.2.3 Analysen des Zusammenhangs zwischen den verschiedenen Testinstrumenten zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle

Um die mit Hilfe der Transferaufgaben und des Interviews erhobenen Daten in Bezug auf das Verständnis der Variablenkontrolle auswerten zu können, ist es notwendig, zu prüfen, inwiefern diese Aufgaben das latente Konstrukt (Verständnis der Variablenkontrolle) abbilden. Dazu werden die Daten zu den Transferaufgaben mit den

Daten aus dem Paper-Pencil-Test in Beziehung gesetzt. Dies geschieht mit Hilfe einer konfirmatorischen Faktorenanalyse. So werden die beiden Instrumente durch ein 2-Faktorenmodell miteinander verglichen. Dabei zeigt die Korrelation der beiden Faktoren an, inwiefern sie ein ähnliches Konstrukt messen. Gleiches Vorgehen wird für die Interviewfragen, die für die Auswertung in der vorliegenden Arbeit relevant sind, und die Daten aus dem Paper-Pencil-Test durchgeführt. Dabei werden jedoch zusätzlich ein 1-Faktor- und ein 2-Faktorenmodell miteinander hinsichtlich ihrer Modellfitstatistiken verglichen.

6.3 Auswertungsverfahren zur Überprüfung der Hypothesen der quasi-experimentellen Studie zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle

Die in Kapitel 4 ab S. 85 formulierten Fragestellungen und aufgestellten Hypothesen werden sowohl varianzanalytisch (ANOVA – *analysis of variance*) als auch mit Hilfe von *t*-Tests unter Verwendung der Statistiksoftware SPSS (Version 23) geprüft. Der Vorteil von Varianzanalysen liegt in der Möglichkeit der Verwendung von mehr als zwei Stufen, was bei drei MZP notwendig ist. Dadurch wird umgangen, dass bei mehr als zwei Stufen ansonsten mehrere *t*-Tests berechnet werden müssten, die wiederum eine Kumulierung des α -Fehlers zur Folge hätten (SEDLMEIER & RENKEWITZ, 2008). Bei Hypothesen, bei denen nicht mehr als zwei Faktoren zu berücksichtigen sind, werden *t*-Tests zur Analyse von Mittelwerten verwendet².

Zwei wesentliche Voraussetzungen für die Verwendung von ANOVAs sind die Normalverteilung der Daten innerhalb der Bedingungen (FIELD, 2013) und die Homogenität der Varianzen in den Stichproben. Die Prüfung der Normalverteilung wird mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test durchgeführt. Zudem werden jeweils vor der Durchführung der Analysen die Varianzen in Bezug auf ihre Homogenität mittels Levene-

²Der Vollständigkeit halber und aufgrund der hierarchischen Struktur der Daten wird der Einfluss des Födersettings auf die Entwicklung der konzeptuellen Veränderungen im Bereich des Verständnisses der Variablenkontrolle mit Hilfe von Mehrebenenanalysen geprüft. Die Ergebnisse dazu können dem Kapitel 6.5.2.2 ab S. 187 entnommen werden. Als abhängige Variable (AV) dient das Verständnis der Variablenkontrolle der einzelnen Schülerinnen und Schüler zu den drei Messzeitpunkten (prä, post und follow-up). Als *Within-Subject*-Faktor bzw. als Faktor auf der Individualebene wird die Variable „Zeit“ mit den Stufen (prä = 0, post = 1 und follow-up = 2) definiert. Die Veränderungen über die Zeit werden in Form von einem linearen und einem kurvilinearen Verlauf modelliert. Die Zugehörigkeit der Kinder zu den Halbklassen (EG I MIT M als Referenzkategorie vs. EG II OHNE M und vs. BL) wird als Variable der zweiten Ebene definiert und in einem hierarchischen Vorgehen in die Analysen einbezogen. Im Vorfeld der oben genannten Mehrebenenanalysen wurden die entsprechenden ICCs im Rahmen eines Null-Modells berechnet.

Test geprüft. Hinzu kommt als Voraussetzung die sog. *Sphärizitätsannahme*, die ab mehr als zwei Faktorstufen relevant ist. Diese wird in der vorliegenden Annahme durch den Mauchly-Test geprüft. Die Voraussetzungen werden im Kapitel 6.5 ab S. 181 geprüft und ggf. notwendige Korrekturverfahren angewandt.

In Bezug auf die einzelnen formulierten Hypothesen ergeben sich folgende konkrete Auswertungsverfahren, um sie zu prüfen:

- Hypothese 1.a: Sowohl die EG I MIT M als auch die EG II OHNE M erreichen nach der Intervention im schriftlichen Test höhere Punktzahlen als vor der Intervention, wobei die EG I MIT M der EG II OHNE M im Paper-Pencil-Test (s. Kapitel 5.3 ab S. 102) zum zweiten Messzeitpunkt überlegen ist. – einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung
- Hypothese 1.b: Die Entwicklung des Verständnisses der Variablenkontrolle in den beiden Experimentalgruppen (EG – gemeint sind in diesem Fall die EG I MIT M und die EG II OHNE M) unterscheidet sich von der Entwicklung des Verständnisses der Variablenkontrolle in der Baseline (BL) zugunsten der beiden Experimentalgruppen, erfasst durch das Abschneiden im schriftlichen Test zu den drei Messzeitpunkten (prä, post und follow-up). – einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung
- Hypothese 1.c: Durch die Förderung entwickeln die Schülerinnen und Schüler ein transferierbares Verständnis der Variablenkontrolle. Daher ist anzunehmen, dass die Schülerinnen und Schüler der beiden Experimentalgruppen (EG I MIT M und EG II OHNE M) beim Lösen der Transferaufgaben zum zweiten (post) und dritten Messzeitpunkt (follow-up) der BL überlegen sind. Das implizite und explizite *Modeling* ermöglicht den Schülerinnen und Schülern der EG I MIT M ein stabiles und gut integriertes Verständnis, sodass sie zum dritten Messzeitpunkt ein Niveau erreichen, das sich nicht signifikant vom Niveau zum zweiten Messzeitpunkt unterscheidet, während sich die Leistung der anderen beiden Gruppen (EG II OHNE M und BL) im Transfertest signifikant verschlechtert. – geplante Kontraste mit Hilfe von *t*-Tests
- Hypothese 2.a: Die EG I MIT M ist der EG II OHNE M hinsichtlich der Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente überlegen. – *t*-Test bei unabhängigen Stichproben
- Hypothese 2.bI: Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Lernvoraussetzungen in der EG I MIT M sind hinsichtlich der Entwicklung, Durchführung und Bewertung ihrer eigenen Experimente den Schülerinnen und Schülern mit ungünstigen Lernvoraussetzungen in der EG II OHNE M überlegen. – *t*-Test bei

unabhängigen Stichproben

- Hypothese 2.bII: Bei den Schülerinnen und Schülern mit günstigen Lernvoraussetzungen gibt es zwischen den beiden Experimentalgruppen in Bezug auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung ihrer eigenen Experimente keine Unterschiede. – *t*-Test bei unabhängigen Stichproben
- Hypothese 3: Die Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit implizitem und explizitem *Modeling* in der EG I MIT M und die Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch einen am Offenen Experimentieren orientierten Unterricht ohne implizites und explizites *Modeling* in der EG II OHNE M sind gleichermaßen förderlich bzgl. der motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale. – *t*-Test bei unabhängigen Stichproben

Eine der Fragestellungen wird mit Hilfe explorativer Verfahren beantwortet. Dies betrifft die Frage 2.c: Welche Qualität bzgl. des erreichten Niveaus weisen die Experimente, die die Schülerinnen und Schüler der jeweiligen Experimentalgruppe, also mit und ohne *Modeling*, entwickeln, durchführen und bewerten, auf? Um hier einen Einblick zu ermöglichen, werden die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zum Verständnis der Variablenkontrolle graphisch dargestellt.

Die Ergebnisse der beschriebenen Verfahren werden in den folgenden Kapiteln dargestellt.

6.4 Darstellung der Ergebnisse der Testanalysen

Es wird damit begonnen, die Ergebnisse in Bezug auf die Prüfung der Güte der quantitativen Instrumente zu präsentieren (s. Kapitel 6.4.1 ab S. 174). Im Anschluss folgen die Ergebnisse der Messinvarianzprüfungen (s. Kapitel 6.4.2 ab S. 176) – sowohl zwischen den MZP als auch zwischen den untersuchten Gruppen – sowie die Ergebnisse zu den Analysen des Zusammenhangs der verschiedenen Testinstrumente zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle (s. Kapitel 6.4.3 ab S. 178). Bevor auf die Ergebnisse zu den einzelnen Fragestellungen und Hypothesen eingegangen wird, werden die Ergebnisse der Testanalysen zusammengefasst und bzgl. weiterer Auswertungen interpretiert (s. Kapitel 6.4.4 ab S. 179). Anschließend werden die Ergebnisse der Analysen zur Prüfung der Hypothesen dargestellt (s. Kapitel 6.5 ab S. 181).

6.4.1 Ergebnisse der Verfahren zur Prüfung der Güte der quantitativen Testinstrumente

Die Objektivität wird für alle eingesetzten schriftlichen Testinstrumente angenommen (s. Kapitel 6.2.1 ab S. 168).

Die Reliabilität wird anhand der internen Konsistenz durch den Reliabilitätskoeffizienten Cronbachs α ermittelt und kann für die einzelnen schriftlichen Testinstrumente den nun folgenden Tabellen entnommen werden. Die Tabellen zeigen die Kennwerte der Skalen aus den verschiedenen Testinstrumenten³.

Tabelle 6.1: Erfassung der Intelligenz mit Hilfe des CFT 20-R

Skala	N_{Items}	N_{SuS}	M	SD	α
Reihenfortsetzen	15	267	9.4195	2.7917	0.704
Matrizen	15	267	8.9139	2.3612	0.582
topologische Schlussfolgerungen	11	267	4.4494	1.9136	0.472
Gesamttest	41	267	22.7828	5.2176	0.750

Die Reliabilitäten der einzelnen Skalen des CFT 20-R zur Erfassung der Intelligenz liegen zwischen 0.472 und 0.704 (s. Tabelle 6.1). Die Reliabilität für den Gesamttest liegt bei 0.750.

Tabelle 6.2: Erfassung der Inhibitionsfähigkeit mit Hilfe des FWIT

Skala	N_{Items}	N_{SuS}	M	SD	α
Lesen von Farbwörtern	72	268	36.8545	10.1272	0.956
Benennen der Farben von Farbstrichen	72	268	43.9179	8.5487	0.945
Benennen von Farben bei Farbe-Wort-Inkongruenz (Interferenz)	72	268	40.5373	12.9216	0.969
Gesamttest	216	268	121.3097	25.8021	0.977

Die Reliabilitäten der einzelnen Skalen des FWIT zur Erhebung der Inhibitionsfähigkeit liegen zwischen 0.945 und 0.969 (s. Tabelle 6.2). Die Reliabilität für den Gesamttest liegt bei 0.977.

Tabelle 6.3: Erfassung der Problemlösefähigkeit mit Hilfe des TvL

Skala	N_{Items}	N_{SuS}	M	SD	α
Gesamttest	5	263	1.6502	1.7732	0.819

³Da alle Testinstrumente dieser Arbeit beiliegen (s. Anlagen A.7 ab S. 327, A.8 ab S. 327, A.9 ab S. 340, A.10 ab S. 345, A.6 ab S. 318, A.13 ab S. 371, A.14 ab S. 377 und A.19 ab S. 407), wird auf die Darstellung von Beispiel-Items an dieser Stelle verzichtet.

Die Reliabilität für den Gesamttest (eine Skalenbildung ergibt bei diesem Test keinen Sinn), mit dem die Problemlösefähigkeit erfasst wird (TvL) liegt bei 0.819 (s. Tabelle 6.3).

Tabelle 6.4: Erfassung des Leseverständnisses mit Hilfe des ELFE 1-6

Skala	N_{Items}	N_{SuS}	M	SD	α
Gesamttest	20	268	10.3582	4.2328	0.863

Auch bei dem Test zur Erhebung des Leseverständnisses werden keine Skalen gebildet, da aus dem Gesamttest nur eine Skala eingesetzt wird (Textverständnis). Die Reliabilität für die eingesetzte Skala, die in der vorliegenden Studie den Gesamttest bildet, beträgt 0.863 (s. Tabelle 6.4).

Tabelle 6.5: Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit Hilfe eines Paper-Pencil-Tests

Skala	N_{Items}	N_{SuS} (prä/post/ follow-up)	M (prä/post/ follow-up)	SD (prä/post/ follow-up)	α (prä/post/ follow-up)
konklusiver Test	5	238/223/231	11.1345/11.9103/ 12.3377	2.4647/2.4497/ 2.5398	0.405/.448/ 0.545
Variablenkon- trollstrategie	8	238/223/231	14.1765/15.4933/ 16.1515	2.8244/3.0770/ 3.1621	0.581/.643/ 0.654
Gesamttest	13	238/223/231	25.3109/27.4036/ 28.4892	4.5567/4.7371/ 4.9894	0.664/.697/ 0.739

Die Tabelle 6.5 zeigt die Kennwerte für den Paper-Pencil-Test zur Erhebung des Verständnisses der Variablenkontrolle für die drei MZP. Die Reliabilitäten liegen zum ersten MZP für die beiden Skalen bei 0.405 bzw. 0.581, zum zweiten MZP bei 0.448 bzw. 0.643 und beim dritten MZP bei 0.545 bzw. 0.654. Unter Berücksichtigung des Gesamttests ist Cronbachs α zum ersten MZP 0.664, zum zweiten MZP 0.697 und zum dritten MZP 0.739.

Tabelle 6.6: Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit Hilfe von Transferaufgaben

Skala	N_{Items}	N_{SuS} (post/ follow-up)	M (post/ follow-up)	SD (post/ follow-up)	α (post/ follow- up)
Gesamttest	7	239/257	9.5272/14.4942	4.4944/2.8643	0.752/.553

Wie die Tabelle 6.6 zeigt, beträgt Cronbachs α zum zweiten MZP für die zu diesem MZP zum ersten Mal eingesetzten Transferfragen 0.752 und zum dritten MZP 0.553.

Tabelle 6.7: Erfassung der motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale mit Hilfe des SIS

Skala	N_{Items}	N_{SuS}	M	SD	α
situationales Interesse	7	163	21.9202	4.4040	0.690
empfundene Kompetenz	4	163	13.6012	2.0109	0.580
themenspezifisches Interesse	6	163	11.6871	4.4145	0.804
themenspezifische Selbstwirksamkeit	5	163	14.3067	3.8878	0.808
Interesse Physik	5	163	12.3681	4.3061	0.828
Fähigkeitsselbstkonzept Physik	7	163	22.2515	4.4836	0.821

Die Reliabilitäten der einzelnen Skalen des SIS zur Erfassung der motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale liegen zwischen 0.580 und 0.828 (s. Tabelle 6.7).

Das Kriterium der Validität wird bei den aus anderen Studien bekannten Testverfahren vorausgesetzt. Für den Paper-Pencil-Test wird an dieser Stelle allerdings die Konstruktvalidität mit Hilfe einer konfirmatorischen Faktorenanalyse geprüft. Die Ergebnisse dieser Prüfung können der folgenden Tabelle entnommen werden. Dabei werden sowohl ein 1-Faktormodell mit dem latenten Konstrukt des Verständnisses der Variablenkontrolle als auch ein 2-Faktorenmodell mit den beiden Faktoren konklusiver Test und Variablenkontrollstrategie vergleichend berechnet. Dabei sind bereits problematische Items (z. B. keine signifikanten Ladungen) zuvor entfernt worden.

Tabelle 6.8: Modellfitstatistiken zum Vergleich des 1-Faktormodells mit dem 2-Faktorenmodell

	1-Faktormodell	2-Faktorenmodell
$\chi^2(df)$	78.634(65)	78.255(64)
$p(\chi^2)$	0.1193	0.1084
CFI / TLI	0.932/0.918	0.929/0.913
$RMSEA$	0.030	0.031

Wie die Tabelle 6.8 zeigt, bilden beide Modelle – das 1-Faktor- und das 2-Faktorenmodell – die Daten angemessen ab. Auf Basis dieser Daten lässt sich kein Modell favorisieren. Die beiden Faktoren (konklusiver Test und Variablenkontrollstrategie) korrelieren signifikant auf latenter Ebene (0.237**).

6.4.2 Ergebnisse der Prüfung der Messinvarianz

Für die vorliegende Studie ist es notwendig, die Messinvarianz des Paper-Pencil-Tests zu prüfen. So wird geprüft, ob sowohl zwischen den drei MZP als auch zwischen den

Gruppen eine Messinvarianz vorliegt, sodass sichergestellt ist, dass die Ergebnisse des Paper-Pencil-Tests bzgl. der Entwicklung zwischen den MZP als auch zur Unterscheidung der drei untersuchten Gruppen verglichen werden können, weil sie das gleiche latente Konstrukt abbilden.

Die Prüfung der Messinvarianz zwischen den drei MZP erfolgt anhand konfirmatorischer Faktorenanalysen. So wird ein 3-Faktorenmodell berechnet, wobei jeder MZP für einen Faktor steht. Dabei wird berücksichtigt, dass die Items der drei MZP miteinander korrelieren. Die Ergebnisse der verschiedenen konfirmatorischen Faktorenanalysen sind in Tabelle 6.9 dargestellt und unterscheiden sich dadurch, dass zur Prüfung der verschiedenen vorliegenden Invarianzen (konfigural, metrisch bzw. skalar) unterschiedliche – immer mehr – Parameter festgesetzt werden (s. Kapitel 6.2.2 ab S. 169).

Tabelle 6.9: Modellfitstatistiken zur Prüfung der Messinvarianz (MI) zwischen den MZP

	konfigurale MI	metrische MI	skalare MI	partielle skalare MI
<i>CFI/TLI</i>	0.923/0.913	0.917/0.910	0.844/0.843	0.882/0.875
<i>RMSEA</i>	0.028	0.029	0.042	0.034

Mit einem Anstieg des *RMSEA* von 0.005 Einheiten beim Vergleich der metrischen mit der partiell skalaren Invarianz (s. Tabelle 6.9) kann davon ausgegangen werden, dass beide Modelle dazu geeignet sind, die Daten gleichgut abzubilden (SCHWAB & HELM, 2015).

Zur Prüfung der Messinvarianz zwischen den drei Gruppen werden konfirmatorische Faktorenanalysen gerechnet, die sich in der Festlegung einzelner Parameter unterscheiden. Dabei wird aufgrund der bereits gezeigten Messinvarianz zwischen den drei MZP nur die Messinvarianz zum dritten MZP betrachtet. Die Ergebnisse dieser Analysen können der Tabelle 6.10 entnommen werden.

Tabelle 6.10: Modellfitstatistiken zur Prüfung der Messinvarianz (MI) zwischen den Gruppen

	konfigurale MI	metrische MI	(partielle) metrische MI	(partielle) skalare MI
<i>CFI/TLI</i>	0.925/0.910	0.895/0.889	0.942/0.937	0.942/0.947
<i>RMSEA</i>	0.067	0.075	0.056	0.052

Die Fitstatistiken zeigen, dass zwischen dem ersten und zweiten Schritt der Messinvarianz, also beim Gleichsetzen der Faktorladungen zwischen den drei Gruppen, eine deutliche Verschlechterung des Modellfits zu verzeichnen ist. Der *CFI* sinkt um 0.03 und der *RMSEA* steigt um 0.008. Aufgrund des Absinkens des *CFI* um mehr als 0.02

Einheiten, kann nicht davon ausgegangen werden, dass eine metrische Invarianz vorliegt (SCHWAB & HELM, 2015). Aus diesem Grund werden einzelne Faktorladungen wieder freigesetzt. Dies hat zur Folge, dass beide Modelle (das Modell der partiellen metrischen Invarianz und das Modell der partiellen skalaren Invarianz) im Vergleich zum Modell der konfiguralen Invarianz akzeptable Modellfits aufweisen.

6.4.3 Ergebnisse der Analysen des Zusammenhangs zwischen den einzelnen Testinstrumenten zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle

Neben dem Paper-Pencil-Test werden Transferaufgaben und ein Interview zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle eingesetzt. Ziel dieses Kapitels ist es, die Zusammenhänge zwischen den Testinstrumenten darzustellen und zu analysieren. Dabei wird der im Rahmen einer Pilotierung (s. Kapitel 5.3 ab S. 102) überprüfte Paper-Pencil-Test als Referenz gewählt. Dazu werden jeweils die Ergebnisse konfirmatorischer Faktorenanalysen und der Analyse der Korrelationen der beiden Faktoren (Transferaufgaben und Paper-Pencil-Test bzw. Interview und Paper-Pencil-Test) auf latenter Ebene berichtet.

Zusammenhang zwischen den Transferaufgaben und dem Paper-Pencil-Test

Zweck der Items zum Transfer ist die Überprüfung der Transferierbarkeit des Verständnisses der Variablenkontrolle seitens der Schülerinnen und Schüler. Bei der Durchführung einer konfirmatorischen Faktorenanalyse mit den beiden Faktoren Verständnis der Variablenkontrolle (Paper-Pencil-Test zum zweiten MZP) und den Transferaufgaben zu diesem Bereich zeigen sich folgende Ergebnisse (s. Tabelle 6.11):

Tabelle 6.11: Modellfitstatistiken zum Vergleich des latenten Konstrukts des Paper-Pencil-Tests und den Transferaufgaben

2-Faktorenmodell (2. MZP)	
$\chi^2(df)$	309.392(169)
$p(\chi^2)$	0.0000
CFI / TLI	0.638/0.593
$RMSEA$	0.061

Bei den standardisierten Lösungen wird eine Korrelation für die beiden Faktoren auf latenter Ebene von 1.028 ($p = 0.000$) ausgewiesen.

Zusammenhang zwischen dem Interview und dem Paper-Pencil-Test

Zur Prüfung des Zusammenhangs zwischen dem Interview und den Aufgaben im Paper-Pencil-Test wird eine konfirmatorische Faktorenanalyse durchgeführt. Dabei werden zwei Faktoren definiert – die Items des Paper-Pencil-Tests zum ersten MZP (Faktor 1) und die Items des Interviews (Faktor 2). Die Ergebnisse dieser Faktorenanalyse sind in Tabelle 6.12 zu sehen.

Tabelle 6.12: Modellfitstatistiken zum Vergleich des latenten Konstrukts des Paper-Pencil-Tests und einzelner Interviewfragen

	2-Faktorenmodell (1. MZP)	1-Faktormodell (1. MZP)
$\chi^2(df)$	250.397(188)	284.788(189)
$p(\chi^2)$	0.0016	0.0000
CFI/TLI	0.809/0.787	0.707/0.674
$RMSEA$	0.037	0.046

Das 2-Faktorenmodell weist bessere Modellfitstatistiken auf, sodass den Daten nicht ein gemeinsames Konstrukt auf latenter Ebene zugrunde zu liegen scheint. Dabei ist allerdings die Korrelation der beiden Faktoren bei dem 2-Faktorenmodell auf latenter Ebene von besonderem Interesse. Diese liegt bei der standardisierten Lösung bei 0.475 und ist mit $p \leq 0.001$ signifikant.

6.4.4 Zusammenfassende Interpretation der Ergebnisse der Testanalysen

Die bis hier dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die Qualität und somit auf die Aussagekraft der in der vorliegenden Untersuchung zum Einsatz kommenden Erhebungsinstrumente. In Anlehnung an MOOSBRUGGER & KELAVA (2011) wird für einen Reliabilitätskoeffizienten von mindestens 0.7 angenommen, dass es sich um einen guten Test handelt. Das bedeutet, dass es sich bei den folgenden Tests um gute Tests in Bezug auf ihre Reliabilität – bewertet anhand ihres Cronbachs α – handelt: CFT 20-R ($\alpha = 0.750$), FWIT inklusive aller Subskalen ($\alpha > 0.945$), TvL ($\alpha = 0.819$) und ELFE ($\alpha = 0.863$). Die Tests zur Erfassung der Kontrollvariablen sind folglich alle reliabel.

Die Reliabilitätswerte für den Paper-Pencil-Test zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle liegen beim ersten MZP bei 0.664, beim zweiten MZP bei 0.697 und beim dritten MZP bei 0.739 und damit – zumindest beim ersten und zweiten MZP – unter der von MOOSBRUGGER & KELAVA (2011) formulierten Grenze für gute Tests. Allerdings gilt es zu beachten, dass es sich bei dem Verständnis der Variablenkontrolle um ein anspruchsvoll zu operationalisierendes Konstrukt handelt.

Hinzu kommt, dass es bei fachdidaktischen inhaltlich anspruchsvollen Tests nicht möglich ist, die Item-Zahl unbegrenzt zu erhöhen, um ein besseres Cronbachs α zu erreichen (SCHECKER, 2014). Aus diesem Grund und aufgrund des zum zweiten und dritten MZP knapp unter 0.7 bzw. über 0.7 liegenden Cronbachs α für den Test, wird davon ausgegangen, dass der Test insgesamt reliabel ist, das Verständnis der Variablenkontrolle zu erfassen. Auf eine Unterteilung des Tests in die Subskalen (konklusiver Test und Variablenkontrollstrategie) wird hingegen sowohl auf Basis der Ergebnisse der Reliabilitätsanalyse als auch auf Basis der Ergebnisse der konfirmatorischen Faktorenanalyse verzichtet. Auch wenn beide Modelle (1-Faktor- und 2-Faktorenmodell) die Daten – gemessen anhand der Fitindizes – angemessen abbilden, weisen die beiden Faktoren beim 2-Faktorenmodell eine signifikante Korrelation auf latenter Ebene von 0.237 auf. Dies weist, wie auch die Reliabilitätsanalysen, darauf hin, dass das 1-Faktormodell besser geeignet ist, die Daten abzubilden. Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass der Test geeignet ist, das latente Konstrukt (Verständnis der Variablenkontrolle) angemessen abzubilden und die Konstruktvalidität somit gegeben ist.

Die Skalen des SIS zur Erhebung der motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale weisen in der vorliegenden Stichprobe sehr unterschiedliche Werte bei Cronbachs α auf. Sie liegen zwischen 0.580 und 0.828. Dabei fallen die beiden Skalen zum situationalen Interesse mit einem Cronbachs α von 0.690 und zur empfundenen Kompetenz mit einem Cronbachs α von 0.580 besonders auf. Da die anderen Skalen alle gute Werte, Cronbachs α von mindestens 0.804, aufweisen, kann davon ausgegangen werden, dass der Test insgesamt geeignet ist, die Motivation bei den Lernenden zu erfassen, jedoch werden die beiden Subskalen zum situationalen Interesse und zur empfundenen Kompetenz nicht weiter als separate Skalen berücksichtigt.

Die Analyse der Reliabilität der Transferaufgaben hat ergeben, dass Cronbachs α zum zweiten MZP bei 0.752 und zum dritten MZP bei 0.553 liegt. Bei der Betrachtung des Zusammenhangs zwischen den Aufgaben im Paper-Pencil-Test und den Transferaufgaben zeigt sich, dass die beiden Faktoren auf latenter Ebene stark miteinander korrelieren ($1.028, p = 0.000$). Die Korrelation weist darauf hin, dass beiden Faktoren ein gemeinsames Konstrukt zugrunde zu liegen scheint und dass die Transferaufgaben, wie auch der Paper-Pencil-Test, das Verständnis der Variablenkontrolle erheben. Allerdings handelt es sich bei den Transferaufgaben um Aufgaben, die für die Kinder neu bzw. unbekannt sind.

Eine Überprüfung der Messinvarianz ergibt, dass zum dritten MZP eine partielle skalare Invarianz zwischen den Gruppen vorliegt. Zwischen den MZP liegt ebenfalls

eine partielle skalare Invarianz vor. Dies ermöglicht einen Vergleich der Leistungen der Schülerinnen und Schüler sowohl zu den einzelnen MZP als auch zwischen den Gruppen in der vorliegenden Studie.

Die letzte Analyse bezieht sich auf den Zusammenhang zwischen dem Paper-Pencil-Test und den Fragen aus dem Interview, die sich auf die eigenen entwickelten Experimente der Kinder beziehen. Die konfirmatorische Faktorenanalyse zeigt, dass die Korrelation der beiden Faktoren (Verständnis der Variablenkontrolle erhoben durch den Paper-Pencil-Test und Verständnis der Variablenkontrolle erfasst durch das Interview) auf latenter Ebene bei der standardisierten Lösung bei 0.475 liegt und mit einem p von 0.000 signifikant ist. Dies kann als ein Hinweis darauf gedeutet werden, dass die beiden Faktoren ein ähnliches Konstrukt messen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Daten aus dem Interview zur differenzierteren Betrachtung des Verständnisses der Variablenkontrolle beitragen. Das Ergebnis deckt sich mit Ergebnissen aus anderen Studien, die ebenfalls nur geringe bis mittlere Korrelationen zwischen den Daten, die durch schriftliche Testverfahren erhoben wurden, und Daten, die mit Hilfe von Interviews erfasst wurden, finden (POLLMEIER et al., 2011; KONSORTIUM HARMOS NATURWISSENSCHAFTEN+, 2010) und weist zudem auf die Notwendigkeit einer Kombination verschiedener Testverfahren im Bereich des Experimentierens hin⁴ (DUIT, HÄUSSLER & PRENZEL, 2014; HELMKE, 2007).

6.5 Darstellung der Ergebnisse der Analysen zur Überprüfung der Hypothesen der quasi-experimentellen Studie zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle

Die Darstellung der Ergebnisse der quasi-experimentellen Interventionsstudie zur Untersuchung respektive Prüfung der in Kapitel 4 ab S. 85 abgeleiteten Fragestellungen und Hypothesen ist Inhalt der folgenden Kapitel. Bevor auf die Ergebnisse zu den einzelnen Fragestellungen und Hypothesen eingegangen wird, werden die Ergebnisse in Bezug auf die Eingangsvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler der untersuchten Gruppen als Voraussetzung für die weiterführenden Analysen dargestellt (s. Kapitel 6.5.1 ab S. 182).

Die nun folgenden Auswertungen erfolgen anhand der einzelnen in Kapitel 4 ab S. 85 formulierten Fragestellungen und Hypothesen. In einem ersten Schritt werden die Daten des Paper-Pencil-Tests ausgewertet (s. Kapitel 6.5.2 ab S. 186). Diese beziehen sich auf die Auswirkungen des Fördersettings auf das eigenständige Be-

⁴Für weitere Informationen hierzu s. Kapitel 7.9.1 ab S. 225.

werten und Entwickeln von Experimenten (Frage 1.a; s. Kapitel 6.5.2.1 ab S. 186), die Abgrenzung des Effekts von einem Testwiederholungseffekt (Frage 1.b; s. Kapitel 6.5.2.2 ab S. 187) und auf die Unterschiede bzgl. der Transferfähigkeit in Bezug auf das Verständnis der Variablenkontrolle der Schülerinnen und Schüler (Frage 1.c; s. Kapitel 6.5.2.3 ab S. 189). Sodann folgt die Auswertung der Daten des Interviews (s. Kapitel 6.5.3 ab S. 192). Dabei geht es um den Einfluss des Fördersettings auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente (Frage 2.a; s. Kapitel 6.5.3.1 ab S. 193), die differenziellen Auswirkungen des Fördersettings auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente unter Berücksichtigung der individuellen Lernvoraussetzungen (Frage 2.b; s. Kapitel 6.5.3.2 ab S. 195) sowie die Qualität bzgl. des erreichten Niveaus der entwickelten Experimente (Frage 2.c; s. Kapitel 6.5.3.3 ab S. 201). Die Darstellung der Ergebnisse schließt mit einer Auswertung der Daten des SIS-Fragebogens zur Analyse der Auswirkungen des Fördersettings in den beiden Experimentalgruppen (mit implizitem und explizitem *Modeling* bzw. ohne diese *Scaffolding*elemente) auf motivationale und selbstbezogene Schülermerkmale (Frage 3; s. Kapitel 6.5.4 ab S. 206).

6.5.1 Prüfung der Eingangsvoraussetzungen der einzelnen Gruppen

Da es in der vorliegenden Studie darum geht, die Wirksamkeit einer Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch eine strukturierte Intervention mit implizitem und explizitem *Modeling* (EG I MIT M) im Vergleich zu einem am Offenen Experimentieren orientierten Unterricht ohne implizites und explizites *Modeling* (EG II OHNE M) bei Kindern in der dritten Klasse zu untersuchen, wurden die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler unter Kontrolle der Intelligenz, der Inhibitions- sowie Problemlösefähigkeit, des Leseverständnisses und des Vorwissens in diesem Bereich den beiden Experimentalgruppen zugewiesen (s. Kapitel 5.1 ab S. 97). Des Weiteren gab es zur Kontrolle eines möglichen Testwiederholungseffekts eine Baseline (BL), die keine der beiden Interventionen erhielt, allerdings an den verschiedenen Testungen teilnahm.

Zur Gewährleistung einer Vergleichbarkeit der an der Studie teilnehmenden Gruppen ist es notwendig, die Eingangsvoraussetzungen der Untersuchungsstichprobe zu kontrollieren. Damit einher geht die Prüfung eines etwaigen Versuchspersoneneffekts. So wird die Nullhypothese geprüft, dass sich die untersuchten Gruppen präexperimentell nicht überzufällig bzgl. ihrer Eingangsvoraussetzungen unterscheiden. Die in Kapitel 5.1 ab S. 97 beschriebene Parallelisierung der Schülerinnen und Schüler lässt eine annähernde Gleichheit der Untersuchungsgruppen erwarten. Jedoch ist

insbesondere aufgrund des fallweisen Ausschlusses der fehlenden Daten die Gleichheit der Gruppen nach Reduzierung der ursprünglichen Stichprobe zu prüfen. Dies geschieht durch eine inferenzstatistische Prüfung der Nullhypothesen. Können die Nullhypothesen nach der Prüfung beibehalten werden, liegen Evidenzen dafür vor, dass sich herausstellende Unterschiede zwischen den Gruppen nicht auf präexperimentelle Unterschiede in den Lernvoraussetzungen zurückzuführen sind.

Folglich werden die Mittelwerte der Tests zur Intelligenz, zur Inhibitionsfähigkeit (hier sowohl der des gesamten Tests als auch der des dritten Subtests – Benennen von Farben bei Farbe-Wort-Inkongruenz (Interferenz)), zur Problemlösefähigkeit, zum Leseverständnis (hier der zum Vergleich errechnete Prozentrang der Schülerinnen und Schüler) und zum Vorwissen bzgl. des Verständnisses der Variablenkontrolle jeweils als abhängige Variable einer univariaten ANOVA mit der Gruppenzugehörigkeit als unabhängige Variable (EG I MIT M, EG II OHNE M und BL) unterzogen.

Die Prüfung der Voraussetzung der Normalverteilung innerhalb der einzelnen Gruppen ergibt, dass die Voraussetzung in allen drei Gruppen bei der Intelligenz und dem dritten Teil des Tests zur Inhibitionsfähigkeit gegeben ist. Bei dem Test zum Leseverständnis und der Problemlösefähigkeit zeigt der Kolmogorov-Smirnov-Test eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung in allen drei Gruppen sowie für den Test zum Verständnis der Variablenkontrolle (BL) und der Inhibitionsfähigkeit (EG I MIT M) in einzelnen Gruppen. Der Levene-Test bekräftigt die Homogenität der Varianzen hinsichtlich der Intelligenz, der Inhibitions-, der Problemlösefähigkeit und des Vorwissens bzgl. des Verständnisses der Variablenkontrolle mit Ausnahme des ELFE-Tests. Die detaillierten Ergebnisse liegen der Arbeit bei (s. Anlage A.20 ab S. 412 und Anlage A.21 ab S. 413). Aufgrund der annähernd gleich großen Stichprobengröße der drei Gruppen wird die ANOVA als robust gegenüber den Abweichungen von der Normalverteilung eingestuft (FIELD, 2013) und deshalb angewandt. Zur Prüfung der präexperimentellen Unterschiede in Bezug auf das Leseverständnis zwischen den drei Gruppen wird aufgrund der Varianzheterogenität auf den Games-Howell-Test zurückgegriffen.

Die Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der einzelnen Gruppen – EG I MIT M, EG II OHNE M und BL – können der Tabelle 6.13 entnommen werden. Die Ergebnisse zeigen auf deskriptiver Ebene, dass es keine systematischen Unterschiede zwischen den drei Gruppen bzgl. ihrer präexperimentellen Voraussetzungen gibt. Lediglich die Werte bzgl. des Leseverständnisses weisen auf deskriptiver Ebene Unterschiede von bis zu 7.1 Punkten im Mittel auf.

Tabelle 6.13: Eingangsvoraussetzungen der drei Untersuchungsgruppen (EG I MIT M, EG II OHNE M, BL)

	EG I	EG II	BL
	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>
Intelligenz	110.7(17.2)	112.6(18.0)	108.4(14.8)
Inhibitionsfähigkeit (FWIT – Teil 3)	40.5(13.0)	40.8(11.4)	40.7(14.5)
Inhibitionsfähigkeit (FWIT – gesamt)	121.3(26.9)	120.9(27.6)	121.9(24.6)
Problemlösefähigkeit	1.7(1.7)	1.7(1.9)	1.7(1.8)
Leseverständnis	55.4(29.7)	52.0(30.3)	48.3(25.2)
Vorwissen zum Verständnis der Variablenkontrolle	25.2(4.7)	25.6(4.6)	24.1(4.9)

Die inferenzstatistischen Analysen bekräftigen, wie in Tabelle 6.14 verdeutlicht wird, dass die Nullhypothese der Gleichheit bzgl. der Eingangsvoraussetzungen zutrifft.

Tabelle 6.14: Ergebnisse der univariaten Varianzanalyse zur Prüfung der Eingangsvoraussetzungen der drei Untersuchungsgruppen (EG I MIT M, EG II OHNE M, BL)

	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
Intelligenz	690.889	2	345.444	1.250	0.288	0.011
Inhibitionsfähigkeit (FWIT – Teil 3)	2.813	2	1.406	0.008	0.992	0.000
Inhibitionsfähigkeit (FWIT – gesamt)	39.249	2	19.625	0.028	0.972	0.000
Problemlösefähigkeit	0.000	2	0.000	0.000	1.000	0.000
Vorwissen zum Verständnis der Variablenkontrolle	98.229	2	49.115	2.157	0.118	0.018

Anmerkung: *SS* = Quadratsumme, *df* = degrees of freedom, *MS* = Mittel der Quadrate, *F* = F-Statistik, *p* = Signifikanzwert, η^2 = Effektstärke.

Der Games-Howell-Test ist ein paarweiser Test und überprüft die Unterschiede in den Mittelwerten zwischen verschiedenen Gruppen. Die Ergebnisse des Games-Howell-Tests sind in Tabelle 6.15 abgebildet.

Tabelle 6.15: Ergebnisse des Games-Howell-Tests zur Prüfung der Unterschiede im Leseverständnis der drei Untersuchungsgruppen (EG I MIT M, EG II OHNE M, BL)

		Mittelwertdifferenz	Standardfehler	<i>p</i>
EG I	EG II	3.4450	4.85263	0.758
	BL	7.1459	4.29063	0.222
EG II	EG I	-3.4450	4.85263	0.758
	BL	3.7009	4.51620	0.692
BL	EG I	-7.1459	4.29063	0.222
	EG II	-3.7009	4.51620	0.692

Der Games-Howell-Test bestätigt die Nullhypothese, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Gruppen bzgl. ihres Leseverständnisses gibt.

Tabelle 6.16: Vergleich der drei Untersuchungsgruppen (EG I MIT M, EG II OHNE M, BL) anhand der Stichprobengröße, des Durchschnittsalters und der Geschlechterverteilung

	EG I	EG II	BL
Stichprobengröße (<i>N</i>)	84	75	86
Ø-Alter (in Jahren)	8.8	8.7	8.5
Anzahl Jungen (<i>N_J</i>)	40	35	47
Anzahl Mädchen (<i>N_M</i>)	44	40	39

Auch die Stichprobengröße, das Durchschnittsalter und die Geschlechterverteilung zwischen den untersuchten Gruppen sind annähernd gleich verteilt (s. Tabelle 6.16). Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die in diesem Kapitel präsentierten Analysen Evidenzen dafür liefern, dass die Nullhypothese hinsichtlich der Eingangsvoraussetzungen beibehalten werden kann. Die Schülerinnen und Schüler der verschiedenen Untersuchungsbedingungen unterscheiden sich nicht signifikant bezüglich ihrer Intelligenz, ihrer Inhibitions- und Problemlösefähigkeit, ihres Leseverständnisses sowie ihres Vorwissens im Bereich des Verständnisses der Variablenkontrolle. Es kann davon ausgegangen werden, dass Unterschiede zwischen den untersuchten Gruppen nicht auf Unterschiede in den Lernvoraussetzungen zurückzuführen sind. Aus diesem Grund wird in den nachfolgenden Analysen keine der Kontrollvariablen als Kovariate berücksichtigt (MARSCHNER et al., 2012).

6.5.2 Auswertung der Daten des Paper-Pencil-Tests

Die Darstellung der Ergebnisse der folgenden Kapitel bezieht sich auf die Daten des Paper-Pencil-Tests. Dabei dienen die Fragestellungen und Hypothesen als Orientierung.

6.5.2.1 Auswirkungen des Fördersettings auf das eigenständige Bewerten und Entwickeln von Experimenten

Frage 1.a:

UV_Fördersetting $\rightarrow$ AV_eigenständiges Bewerten und Entwickeln von Experimenten?

Hypothese 1.a:

eigenständiges Bewerten und Entwickeln von Experimenten:

$EG_{I_{prä}} MIT M < EG_{I_{post}} MIT M$ und $EG_{II_{prä}} OHNE M < EG_{II_{post}} OHNE M$,
wobei $EG_{I_{post}} MIT M > EG_{II_{post}} OHNE M$

Die Prüfung der Hypothese 1.a erfolgt anhand der im Paper-Pencil-Test zum Verständnis der Variablenkontrolle erfassten Punkte, die die Schülerinnen und Schüler zum ersten, zweiten und dritten MZP erreichen. Dabei werden die von den Kindern im Mittel erreichten Punktwerte einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung mit dem Zwischensubjektfaktor der Experimentalbedingung (EG I MIT M und EG II OHNE M) unterzogen.

Zu den Voraussetzungen dieser Analyse gehören die Normalverteilung und die Varianzhomogenität. Die Prüfung auf Normalverteilung der von den Schülerinnen und Schülern erreichten Punkte im Paper-Pencil-Test anhand des Kolmogorov-Smirnov-Tests zeigt für die Experimentalgruppe ohne *Modeling* (EG II OHNE M) eine Verletzung dieser Annahme für den zweiten MZP:

1. $MZP_{EG I} D(68) = 0.090, p > 0.001$; 1. $MZP_{EG II} D(62) = 0.084, p > 0.001$;
2. $MZP_{EG I} D(68) = 0.119, p > 0.001$; 2. $MZP_{EG II} D(62) = 0.155, p = 0.001$;
3. $MZP_{EG I} D(68) = 0.119, p > 0.001$; 3. $MZP_{EG II} D(62) = 0.137, p > 0.001$.

Die Varianzen sind laut Levene-Test zu allen MZP homogen (1. MZP $p = 0.613$; 2. MZP $p = 0.741$; 3. MZP $p = 0.150$).

Aufgrund der Robustheit von Varianzanalysen bei Verletzungen der Normalverteilung bei annähernd gleich großen Stichproben (FIELD, 2013) bleibt die Verletzung gegen die Normalverteilung in der EG II OHNE M zum zweiten MZP in den folgenden Analysen unberücksichtigt. Der Mauchly-Test auf Sphärizität prüft die Sphärizitätsannahme (Zirkularitätsannahme) für den Faktor Zeit (in diesem Fall die drei verschiedenen MZP). Dieser ist mit $p = 0.007$ signifikant, weshalb eine Korrekturformel in Form der Greenhouse-Geisser-Adjustierung verwendet wird.

Die deskriptiven Analysen vor und nach der Intervention (s. Tabelle 6.17) zeigen, dass die Kinder zum zweiten und zum dritten MZP höhere Werte in Bezug auf das Verständnis der Variablenkontrolle (Verständnis VK) aufweisen als beim ersten MZP. Dieser Unterschied ist in beiden Gruppen von prä zu post signifikant ($p = 0.000$).

Tabelle 6.17: Deskriptive Ergebnisse des Prä-Post-Follow-up-Vergleiches zwischen den beiden Experimentalgruppen

		prä (13 Items)		post (13 Items)		follow-up (13 Items)	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
EG I	Verständnis VK	25.2	4.7	27.4	5.2	27.8	5.6
EG II	Verständnis VK	25.6	4.6	27.3	5.2	28.3	5.2

Die inferenzstatistische Auswertung ergibt einen signifikanten Effekt des Faktors Zeit (die drei MZP), $F(2, 127) = 21.08$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.249$. Nach den Konventionen von Cohen liegt mit einem η^2 von 0.249 ein großer Effekt vor (ca. 25 % der Varianz lässt sich durch den Faktor der drei MZP aufklären). Auch wenn deskriptiv die Werte zu den einzelnen MZP bei den beiden Experimentalgruppen auseinander liegen, so sind diese Unterschiede nicht signifikant. Es liegt also kein Interaktionseffekt zwischen MZP und den beiden Gruppen vor. Folglich entwickeln sich beide Experimentalgruppen ähnlich positiv.

6.5.2.2 Abgrenzung des Effekts von einem Testwiederholungseffekt

Ziel einer weiterführenden deskriptiven Analyse ist es herauszufinden, ob sich die Entwicklung des Verständnisses der Variablenkontrolle in den beiden Experimentalgruppen (EG I MIT M und EG II OHNE M) von der Entwicklung des Verständnisses der Variablenkontrolle in der Baseline (BL) unterscheidet.

Frage 1.b:

Lässt sich der Effekt der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle gemes-

sen mit Hilfe des Paper-Pencil-Tests von einem Testwiederholungseffekt abgrenzen?

Hypothese 1.b:

$$BL_{\text{prä}} = EG_{\text{prä}}$$

$$BL_{\text{post}} < EG_{\text{post}}$$

$$BL_{\text{follow-up}} < EG_{\text{follow-up}}$$

Zur Überprüfung dieser Hypothese werden die im Durchschnitt erreichten Punkte im Paper-Pencil-Test zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle auf deskriptiver Ebene miteinander verglichen (s. Tabelle 6.18).

Tabelle 6.18: Deskriptive Ergebnisse des Prä-Post-Follow-up-Vergleiches zwischen den drei untersuchten Gruppen

		prä (13 Items)		post (13 Items)		follow-up (13 Items)	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
EG I	Verständnis VK	25.2	4.7	27.4	5.2	27.8	5.6
EG II	Verständnis VK	25.6	4.6	27.3	5.2	28.3	5.2
BL	Verständnis VK	24.1	4.9	26.9	4.3	28.8	4.3

Auch die Baseline verbessert sich von prä zu post und von post zu follow-up. Deskriptiv liegen die Werte zu den einzelnen MZP bei den drei Gruppen auseinander. Eine univariate Varianzanalyse zeigt, dass die Unterschiede zwischen den MZP signifikant sind ($F(2, 199) = 47.926, p < 0.001, \eta^2 = 0.325$), die Interaktion der Gruppen mit den drei MZP jedoch nicht ($F(4, 400) = 1.669, p = 0.156, \eta^2 = 0.016$). Es liegt also kein Interaktionseffekt zwischen MZP und den drei Gruppen vor⁵.

Festgehalten werden kann, dass beide Experimentalgruppen, wie erwartet, innerhalb der drei MZP einen deutlichen Lerngewinn zeigen. Die EG I MIT M weist einen Lernzuwachs von 2.2 Punkten von prä zu post und von 0.4 Punkten von post zu follow-up auf und die EG II OHNE M einen Lernzuwachs von prä zu post um 1.7 Punkte und von post zu follow-up um 1.0 Punkte. Die erwartete Überlegenheit

⁵Die Ergebnisse des Null-Modells zeigen, dass sich die zu erklärende Varianz größtenteils über die individuelle Ebene ($ICC = 0.78, p < 0.001$) erklären lässt. Die restliche Varianz wird durch die Variable der zweiten Ebene „Zugehörigkeit zu einer Halbkategorie“ ($ICC = 0.17, p = 0.021$) und die Interaktion zwischen Individual- und Halbkategorieebene ($ICC = 0.05, p = 0.812$) aufgeklärt. Die Ergebnisse des endgültigen Modells, bei dem sukzessive die Variablen beider Ebenen und ihrer Interaktionen hinzugefügt wurden, zeigen signifikante kurvilineare Veränderungen der abhängigen Variable über die Zeit, aber keine signifikanten Einflüsse der Intervention bzw. der Interaktion von Intervention und Zeit. Somit kann auf Basis der Mehrebenenanalysen, ähnlich der Ergebnisse der Varianzanalysen, kein signifikanter Einfluss des Fördersettings auf die Entwicklung des Verständnisses der Variablenkontrolle festgestellt werden.

der beiden Experimentalgruppen gegenüber der Baseline hinsichtlich des Verständnisses der Variablenkontrolle kann auf Basis der vorliegenden Daten nicht bekräftigt werden – auch die Baseline steigert ihre durchschnittlichen Leistungen im Paper-Pencil-Test signifikant. Allein das mehrmalige Ausfüllen des Paper-Pencil-Tests hat eine Verbesserung der Leistungen in diesem Test zur Folge. Es scheint ein Testwiederholungseffekt vorzuliegen, der die Interpretation von Ergebnissen weiterer Analysen auf Basis des entwickelten Paper-Pencil-Tests zum Verständnis der Variablenkontrolle erschwert, da der Test nicht sensitiv genug zu sein scheint, die Unterschiede zwischen den Gruppen zu erfassen.

6.5.2.3 Unterschiede bzgl. der Transferfähigkeit in Bezug auf das Verständnis der Variablenkontrolle

Aufgrund des festgestellten Testwiederholungseffekts stellt sich die Frage, wie es sich bei Aufgaben verhält, die die Kinder zum zweiten MZP noch nicht bearbeitet haben – es folglich keinen Testwiederholungseffekt geben kann – und die zusätzlich die Transferierbarkeit des Wissens auf neue Aufgaben misst. Die dazugehörige Frage lautet:

Frage 1.c:

$$\begin{aligned} &(\text{EG I}_{\text{post}} \text{ MIT M und EG II}_{\text{post}} \text{ OHNE M}) > \text{BL}_{\text{post}}? \\ &(\text{EG I}_{\text{follow-up}} \text{ MIT M und EG II}_{\text{follow-up}} \text{ OHNE M}) > \text{BL}_{\text{follow-up}}? \\ &\text{EG I}_{\text{post}} \text{ MIT M} = \text{EG I}_{\text{follow-up}}? \end{aligned}$$

Es geht darum, zu prüfen, ob es einen Unterschied zwischen der Transferfähigkeit der Schülerinnen und Schüler, die eine Förderung zum Verständnis der Variablenkontrolle erhalten haben (EG I MIT M und EG II OHNE M), und der der Schülerinnen und Schüler, die keinerlei Förderung in diesem Bereich bekommen haben (BL), gibt. Untersucht wird dies anhand des Abschneidens im Transferteil des Paper-Pencil-Tests zum zweiten (post) und zum dritten Messzeitpunkt (follow-up). Zudem wird davon ausgegangen, dass das implizite und explizite *Modeling* den Schülerinnen und Schülern der EG I MIT M ein stabiles und gut integriertes Verständnis ermöglicht, sodass sie zum dritten Messzeitpunkt (follow-up) mit ihren Leistungen ein Niveau erreichen, das sich nicht signifikant vom Niveau zum zweiten Messzeitpunkt (post) unterscheidet, während sich die Leistung der anderen beiden Gruppen (EG II OHNE M und BL) im Transfertest signifikant verschlechtert.

Hypothese 1.c:

$$\begin{aligned}
& (EG\ I_{\text{post}}\ \text{MIT}\ M\ \text{und}\ EG\ II_{\text{post}}\ \text{OHNE}\ M) > BL_{\text{post}} \\
& (EG\ I_{\text{follow-up}}\ \text{MIT}\ M\ \text{und}\ EG\ II_{\text{follow-up}}\ \text{OHNE}\ M) > BL_{\text{follow-up}} \\
& \text{und} \\
& EG\ I_{\text{post}}\ \text{MIT}\ M \leq EG\ I_{\text{follow-up}}\ \text{MIT}\ M \\
& EG\ II_{\text{post}}\ \text{OHNE}\ M > EG\ II_{\text{follow-up}}\ \text{OHNE}\ M \\
& BL_{\text{post}} > BL_{\text{follow-up}}
\end{aligned}$$

Zu beiden Hypothesen werden, da es sich um gerichtete Hypothesen handelt, geplante Kontraste mit Hilfe von t -Tests berechnet.

Die Voraussetzungen dieser Analysen sind die gleichen wie die für Varianzanalysen, also die Normalverteilung und die Homogenität der Varianzen. Die Prüfung auf Normalverteilung der von den Lernenden in Bezug auf die maximal möglichen anteilig erreichten Punkte bei den Transferaufgaben anhand des Kolmogorov-Smirnov-Tests zeigt für alle drei zu untersuchenden Gruppen eine Verletzung dieser Annahme für den zweiten und dritten MZP:

- 2. $MZP_{EG\ I}\ D(69) = 0.122, p < 0.05;$
- 2. $MZP_{EG\ II}\ D(65) = 0.118, p < 0.05;$
- 2. $MZP_{BL}\ D(76) = 0.161, p < 0.05;$
- 3. $MZP_{EG\ I}\ D(69) = 0.162, p < 0.05;$
- 3. $MZP_{EG\ II}\ D(65) = 0.117, p < 0.05;$
- 3. $MZP_{BL}\ D(76) = 0.113, p < .05.$

Die Varianzen sind laut Levene-Test zu beiden MZP heterogen (2. MZP $p < .05$; 3. MZP $p < 0.05$). Da es sich um annähernd gleich große Stichproben handelt, gilt der t -Test als robust gegenüber der Verletzung der Normalverteilung (FIELD, 2013). Die Verletzung der Annahme der Varianzhomogenität wird bei t -Tests von SPSS automatisch korrigiert, sodass hier auf den Wert bei Varianzheterogenität zurückgegriffen wird.

Ein Vergleich mit Hilfe von Kontrast-Tests der beiden Experimentalgruppen, die eine Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle erfahren haben, mit der Baseline, die in diesem Bereich nicht gefördert wurde, zeigt, dass sie sich zu beiden MZP signifikant von der Baseline unterscheiden:

Zum zweiten MZP schneiden sowohl die Schülerinnen und Schüler der EG I MIT M signifikant besser im Transferteil ab als die Schülerinnen und Schüler der BL ($t(118)$

= 2.716, $p < 0.05$) als auch die Schülerinnen und Schüler der EG II OHNE M im Vergleich zur BL ($t(118) = 2.785$, $p < 0.05$).

Zum dritten MZP ist die EG I MIT M der BL im Transferteil signifikant überlegen ($t(152) = 2.478$, $p < 0.05$), die EG II OHNE M hingegen nicht ($t(135) = 1.641$, $p > 0.05$).

Die weiteren t -Tests werden an dieser Stelle dazu verwendet, die anteilig erreichten Punkte im Transferteil zum zweiten MZP mit den anteilig erreichten Punkten in diesem Bereich zum dritten MZP zu vergleichen. Die Ergebnisse können der Tabelle 6.19 entnommen werden.

Tabelle 6.19: Deskriptive Ergebnisse des Post-Follow-up-Vergleiches zwischen den drei Gruppen im Bereich der Transferaufgaben

		post (7 Items)		follow-up (7 Items)	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
EG I	Transfer	0.75	0.20	0.71	0.15
EG II	Transfer	0.74	0.20	0.69	0.15
BL	Transfer	0.67	0.13	0.64	0.12

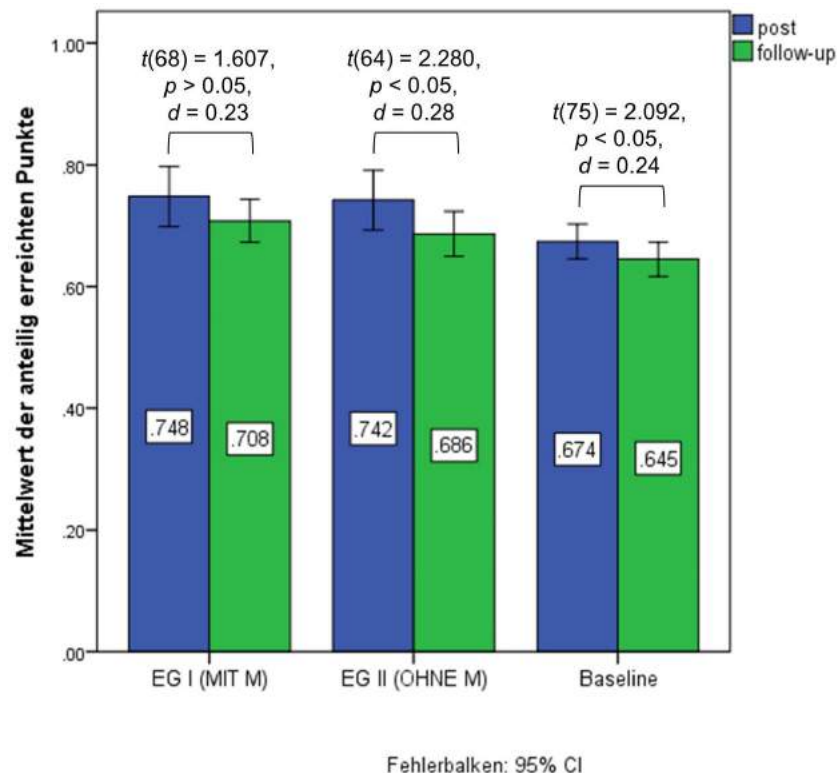


Abbildung 6.1: Vergleich der Entwicklung der drei untersuchten Gruppen bzgl. ihrer Transferfähigkeit vom zweiten zum dritten MZP

Die Abbildung 6.1 und die Ergebnisse der t -Tests zeigen, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden MZP sowohl für die EG II OHNE M ($t(64) = 2.280, p < 0.05$) als auch für die BL ($t(75) = 2.092, p < 0.05$) errechnet werden kann, wobei die Schülerinnen und Schüler beim zweiten MZP bessere Ergebnisse im Transferteil erzielen als beim dritten MZP. Für die EG I MIT M weist der t -Test keinen signifikanten Unterschied in den Leistungen der Lernenden zwischen den beiden MZP aus ($t(68) = 1.607, p > .05$). Die Schülerinnen und Schüler der EG I MIT M erreichen im Transferteil zum Verständnis der Variablenkontrolle zum zweiten MZP 75 % und zum dritten MZP 71 % der Maximalpunkte, also 4 % weniger. Dieser Unterschied von 4 % ist nicht signifikant. In der EG II OHNE M erreichen die Lernenden bei den Transferaufgaben zum zweiten MZP im Durchschnitt 74 % und zum dritten MZP 69 % der möglichen Maximalpunkte. Die Differenz von 5 % wird durch den t -Test als signifikant ausgewiesen und kann mit einem d von 0.28 als kleiner Effekt interpretiert werden. In der Baseline ergibt sich folgendes Bild: Die Schülerinnen und Schüler erreichen zum zweiten MZP 67 % der maximal möglichen Punkte bei den Transferaufgaben und zum dritten MZP 3 % weniger, folglich 64 %. Dabei ist der Unterschied von 3 % signifikant. Mit einem d von 0.24 liegt auch hier nach den Konventionen von Cohen ein kleiner Effekt vor.

Beide Experimentalgruppen unterscheiden sich in ihren Leistungen zum zweiten MZP signifikant von der BL, zum dritten MZP hingegen nur noch die EG I MIT M. Zusammenfassend bedeutet dies, dass sich für das erworbene integrierte Verständnis der Variablenkontrolle, das durch die Transferierbarkeit des Wissens auf neue Aufgaben erfasst wird, folgende Wirkung zeigt: Während sich das Verständnis der Variablenkontrolle direkt nach dem Unterricht zwar von der BL, nicht aber zwischen den beiden Experimentalgruppen unterscheidet, zeigt sich nach einem Zeitraum von sechs Wochen, neben einer signifikanten Überlegenheit der EG I MIT M gegenüber der nicht unterrichteten BL, eine signifikante Überlegenheit des Unterrichts mit implizitem und explizitem *Modeling*. Während die EG I MIT M vom Post- zum Follow-Up-Test keinen signifikanten Abfall im integrierten Verständnis zeigt, weisen die EG II OHNE M sowie die BL einen signifikanten Abfall auf.

6.5.3 Auswertung der Daten des Interviews

Es folgt die Auswertung der von den Kindern im Rahmen der Intervention entwickelten Experimente.

6.5.3.1 Einfluss des Fördersettings auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente

Untersucht wird der Einfluss der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch eine Intervention mit implizitem und explizitem *Modeling* (EG I MIT M) im Vergleich zu einem am Offenen Experimentieren orientierten Unterricht ohne implizites und explizites *Modeling* (EG II OHNE M) auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente.

Frage 2.a:

UV_Fördersetting $\rightarrow$ AV_Entwicklung, Durchführung und Bewertung eigener Experimente?

Hypothese 2.a:

Die EG I MIT M ist der EG II OHNE M hinsichtlich der Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente überlegen.

Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente:

EG I MIT M > EG II OHNE M

Erwartet wird eine Überlegenheit der EG I MIT M gegenüber der EG II OHNE M. Untersucht wird diese Fragestellung mit Hilfe des Interviews (s. Kapitel 5.4.2 ab S. 143). Dazu werden zunächst die im Interview insgesamt erreichten Punkte der beiden Experimentalgruppen miteinander verglichen. Summiert werden dabei nur die Punkte bei den Hauptfragen, um Kinder, die keine weiteren Nachfragen benötigen, nicht in ihren Leistungen zu unterschätzen. Anschließend werden zur differenziellen Analyse der Vorstellungen einzelne Interviewfragen ausgewählt und die Antworten der Schülerinnen und Schüler darauf untersucht. Diese beziehen sich konkret auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente.

Das Diagramm in Abbildung 6.2 zeigt die Gesamtwerte, die die Kinder in den beiden Experimentalgruppen durchschnittlich erreichen. Um herauszufinden, ob diese Differenz zwischen den beiden Gruppen signifikant ist, wird ein *t*-Test für unabhängige Stichproben berechnet.

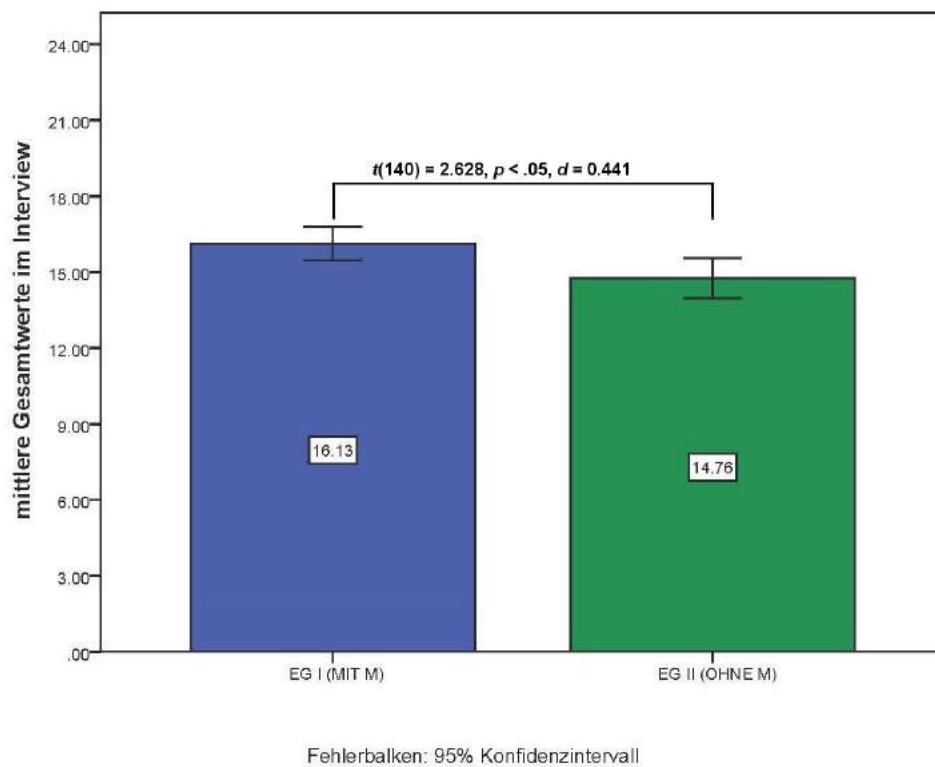


Abbildung 6.2: Vergleich der Interviewergebnisse zwischen EG I MIT M und EG II OHNE M

Bei der Analyse gilt es, bestimmte Voraussetzungen zu prüfen. Diese betreffen die Normalverteilung und die Homogenität der Varianzen. Der Kolmogorov-Smirnov-Test zeigt, dass die Annahme einer Normalverteilung in beiden Experimentalgruppen in Bezug auf die im Interview erreichten Punkte nicht beibehalten werden kann (EG I MIT M $D(71) = 0.156$, $p < 0.05$; EG II OHNE M $D(71) = 0.124$, $p < 0.05$). Dies ist aufgrund der gleichen Stichprobengröße für die weiteren Analysen unproblematisch, da der t -Test bei annähernd gleicher Stichprobengröße als robust gegenüber der Normalverteilungsverletzung gilt (FIELD, 2013). Der Levene-Test ergibt, dass die Varianzen zwischen den beiden Experimentalgruppen als homogen angenommen werden können ($p > 0.05$).

Das Ergebnis des t -Tests (s. Abbildung 6.2) zeigt, dass die Differenz in den Mittelwerten der beiden Experimentalgruppen signifikant ist ($t(149) = 2.628$, $p < 0.05$). Folglich erreichen die Lernenden der EG I MIT M 1.63 Punkte mehr im Interview insgesamt als die Kinder der EG II OHNE M. Die Antworten der Kinder beider Gruppen liegen im Mittel auf dem Niveau der Zwischenvorstellungen. Da sich das Interview ausschließlich auf die von den Kindern selbst entwickelten Experimente

bezieht, zeigen die Ergebnisse, dass eine Förderung durch implizites und explizites *Modeling* dazu führt, dass Kinder in der dritten Klasse ihre eigenen Experimente besser entwickeln, planen und bewerten können als Kinder, die kein implizites und explizites *Modeling* erhalten haben. Nach den Konventionen von Cohen liegt ein kleiner Effekt vor ($d = 0.441$, $p < 0.05$).

6.5.3.2 Weiterführende Analysen zu differenziellen Auswirkungen des Fördersettings

Vor dem Hintergrund der soeben präsentierten Ergebnisse ergibt sich eine weiterführende Frage: Welche differenziellen Auswirkungen hat die Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch eine Intervention mit implizitem und explizitem *Modeling* (EG I MIT M) im Vergleich zu einem am Offenen Experimentieren orientierten Unterricht ohne implizites und explizites *Modeling* (EG II OHNE M) auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente unter Berücksichtigung der individuellen kognitiven Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler.

Frage 2.b:

UV_Fördersetting unter Berücksichtigung individueller Lernvoraussetzungen →
AV_Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente?

Hypothese 2.bI:

Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente:

$$\text{SuS}(-\text{LV})_{\text{EG I MIT M}} > \text{SuS}(-\text{LV})_{\text{EG II OHNE M}}$$

Hypothese 2.bII:

Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente:

$$\text{SuS}(+\text{LV})_{\text{EG I MIT M}} = \text{SuS}(+\text{LV})_{\text{EG II OHNE M}}$$

Um einen möglichst differenzierten Blick auf diejenigen Schülerinnen und Schüler zu erhalten, die von einer Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit implizitem und explizitem *Modeling* in der EG I MIT M im Vergleich zu einer Förderung ohne diese Elemente in der EG II OHNE M profitieren, wurden auf Basis der erhobenen Kontrollvariablen (s. Kapitel 5.7 ab S. 149) Subgruppen innerhalb der beiden Experimentalgruppen gebildet. Die Leistungen im Interview dieser

Gruppen werden anschließend genauer betrachtet und miteinander verglichen. Die Gruppenbildung erfolgte auf Basis der jeweiligen Mittelwerte. Inhaltlich wurden so zwei Gruppen gebildet: Gruppe 1, die unter dem in der Stichprobe vorliegenden Mittelwert liegt (im Folgenden als Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Lernvoraussetzungen bezeichnet) und Gruppe 2, die sich über dem in der Stichprobe vorliegenden Mittelwert befindet (im Folgenden als Schülerinnen und Schüler mit günstigen Lernvoraussetzungen bezeichnet). Eine Übersicht über die so entstandenen Gruppen zeigt Tabelle 6.20.

Tabelle 6.20: Übersicht über die auf Basis der Eingangsvoraussetzungen gebildeten Subgruppen

	Gruppe 1		Gruppe 2	
	<i>N</i>	Intervall	<i>N</i>	Intervall
Intelligenz	72	[min, 111.56]	81	[111.57, max]
Inhibitionsfähigkeit (FWIT – Teil 3)	74	[min, 40.68]	80	[40.69, max]
Inhibitionsfähigkeit (FWIT – gesamt)	81	[min, 121.10]	73	[121.11, max]
Problemlösefähigkeit	87	[min, 1.70]	67	[1.70, max]
Leseverständnis	77	[min, 53.80]	77	[53.81, max]
Vorwissen zum Verständnis der Variablenkontrolle	76	[min, 25.39]	79	[25.40, max]

Eine Analyse der Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Lernvoraussetzungen erfolgt einzeln nach den erhobenen Kontrollvariablen. Ihre Leistungen im Interview werden betrachtet, um Informationen darüber zu erhalten, ob es Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Lernvoraussetzungen gibt, die besonders von der Förderung durch implizites und explizites *Modeling* profitieren. Dies geschieht mit Hilfe von *t*-Tests für unabhängige Stichproben.

Auswirkungen der Förderung auf Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Lernvoraussetzungen

Ein Vergleich der Leistungen im Interview der beiden Experimentalgruppen, wovon hier nur die Teilgruppe derer mit unterdurchschnittlicher Intelligenz berücksichtigt werden (Gruppe 1), zeigt eine signifikante Überlegenheit der Lernenden der EG I MIT M (s. Abbildung 6.3) ($t(61) = 2.841$, $p < 0.01$). Nach den Konventionen von Cohen liegt mit einem d von 0.717 ein mittlerer Effekt vor.

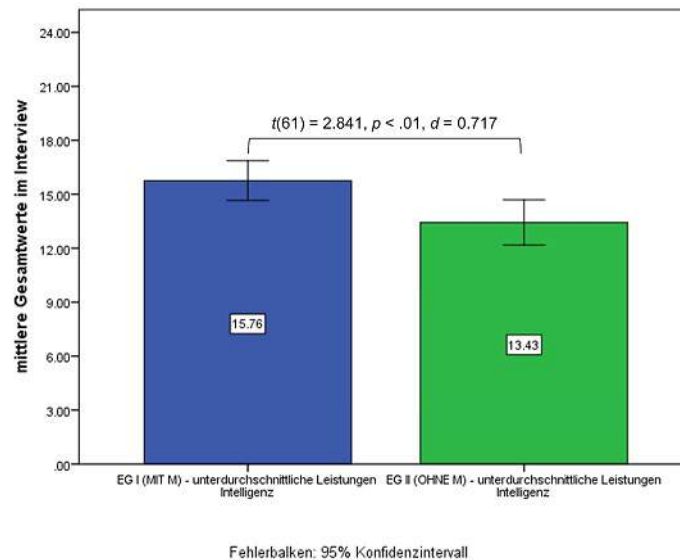


Abbildung 6.3: Vergleich der Interviewergebnisse zwischen EG I MIT M und EG II OHNE M unter Berücksichtigung der Intelligenz – unterdurchschnittliche Leistungen

Ähnliche Ergebnisse zeigen die Analysen mit Bezug auf die anderen Lernvoraussetzungen (**Inhibitions-** und **Problemlösefähigkeit**) (s. Abbildung 6.4, Abbildung 6.5 und Abbildung 6.6). Schülerinnen und Schüler der EG I MIT M, die unterdurchschnittliche Leistungen in den Bereichen Inhibition und Problemlösen zeigen, schneiden im Interview signifikant besser ab als Schülerinnen und Schüler der EG II OHNE M.

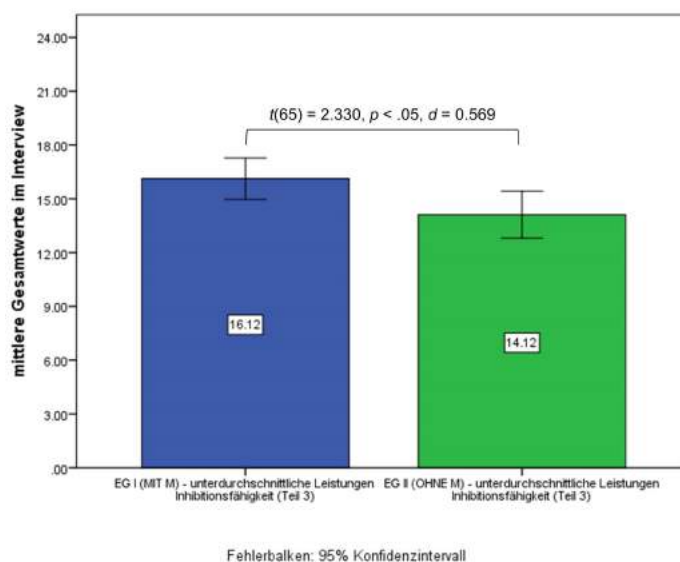


Abbildung 6.4: Vergleich der Interviewergebnisse zwischen EG I MIT M und EG II OHNE M unter Berücksichtigung der Inhibitionsfähigkeit (Testteil 3 – Interferenzttest) – unterdurchschnittliche Leistungen

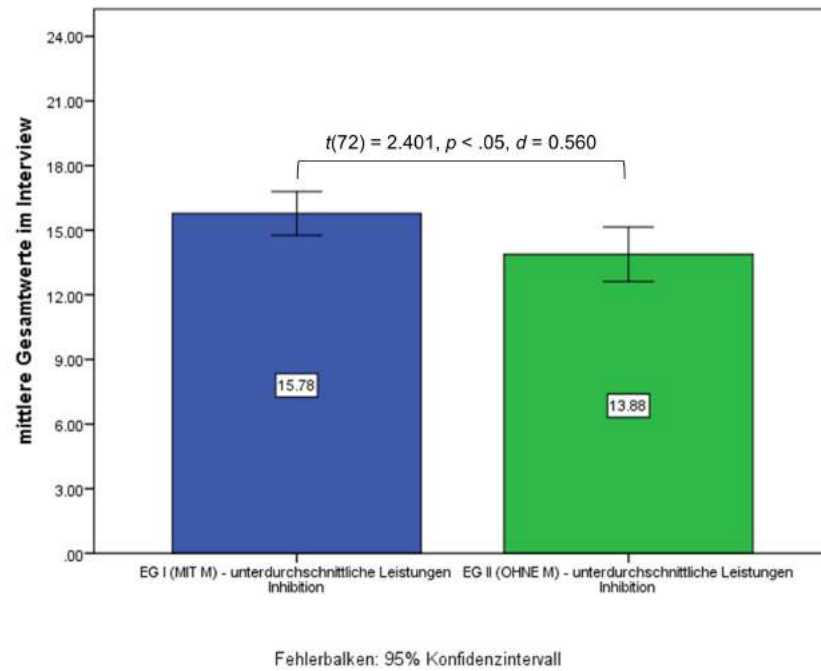


Abbildung 6.5: Vergleich der Interviewergebnisse zwischen EG I MIT M und EG II OHNE M unter Berücksichtigung der Inhibitionsfähigkeit (gesamt) – unterdurchschnittliche Leistungen

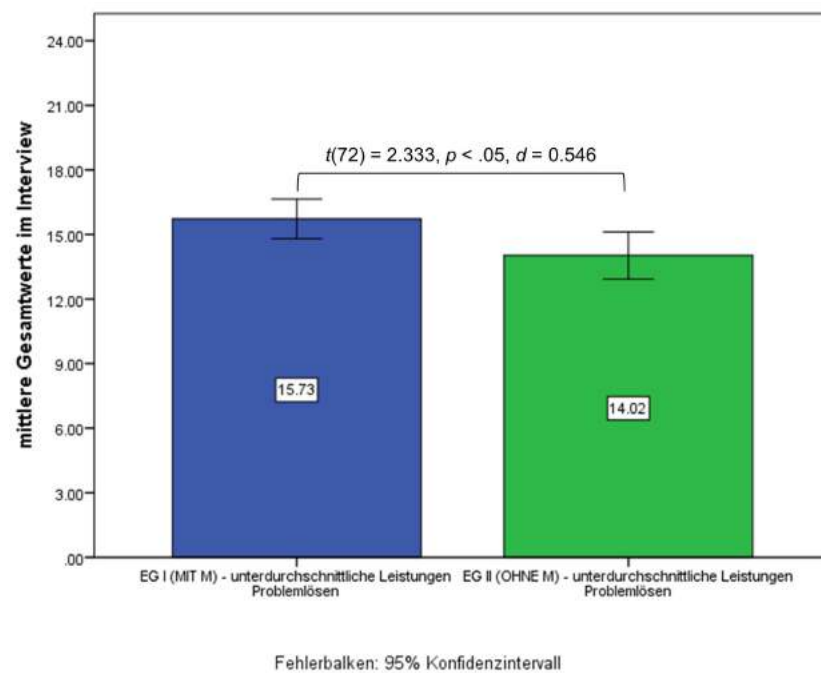


Abbildung 6.6: Vergleich der Interviewergebnisse zwischen EG I MIT M und EG II OHNE M unter Berücksichtigung der Problemlösefähigkeit – unterdurchschnittliche Leistungen

Schülerinnen und Schüler mit geringem **Vorwissen** und **Leseverständnis** in beiden

Experimentalgruppen scheinen sich hingegen in ihrer Leistung im Interview nicht signifikant zu unterscheiden (Vorwissen: $t(63) = 1.268$, $p > 0.05$; Leseverständnis: $t(66) = 1.775$, $p > 0.05$).

Ein signifikanter Einfluss der Zugehörigkeit zu einer der beiden Experimentalgruppen auf die im Durchschnitt erreichten Punkte im Interview kann anhand der vorliegenden Daten nachgewiesen werden: Kinder mit unterdurchschnittlichen Leistungen im Bereich der Intelligenz, der Inhibitions- und der Problemlösefähigkeit schneiden bei der Entwicklung, Durchführung und Bewertung ihres eigenen Experiments überzufällig besser ab, wenn sie in der EG I MIT M sind als die Kinder, die mit den gleichen Lernvoraussetzungen in der EG II OHNE M sind⁶.

Auswirkungen der Förderung auf Schülerinnen und Schüler mit günstigen Lernvoraussetzungen

Eine genauere Betrachtung der Schülerinnen und Schüler mit günstigen Lernvoraussetzungen, also denjenigen Kindern, die bei den insgesamt zwei gebildeten Subgruppen der Gruppe 2 (mit überdurchschnittlichen Leistungen in den Bereichen) angehören, zeigt, dass es bezogen auf die Intelligenz, die Inhibitions- und die Problemlösefähigkeit keinen Unterschied zwischen den beiden Experimentalgruppen bei der Entwicklung, Durchführung und Bewertung ihrer eigenen Experimente gibt (Intelligenz: $t(71) = 1.457$, $p > 0.05$; Inhibitionsfähigkeit (Testteil 3): $t(68) = 1.355$, $p > 0.05$; Inhibitionsfähigkeit: $t(61) = 1.672$, $p > 0.05$; Problemlösefähigkeit: $t(62) = 1.005$, $p > 0.05$).

Bei einem Vergleich der Leistungen im Interview der beiden Experimentalgruppen unter Berücksichtigung überdurchschnittlicher Leistungen im Bereich des **Leseverständnisses** (s. Abbildung 6.7) und des **Vorwissens** (s. Abbildung 6.8) zeigt sich eine Überlegenheit der Kinder in der EG I MIT M bzgl. ihrer Leistungen im Interview zur Entwicklung, Durchführung und Bewertung ihrer eigenen Experimente im Vergleich zu den Kindern in der EG II OHNE M. Dies deckt sich nicht mit der zuvor formulierten Hypothese, bei der davon ausgegangen wurde, dass Schülerinnen und Schüler mit günstigen Lernvoraussetzungen von beiden Lernsettings gleichermaßen

⁶Wichtig ist an dieser Stelle zu betonen, dass die Subgruppen nicht zwangsläufig aus denselben Kindern bestehen. Das bedeutet, dass die hier analysierten Kinder nicht unterdurchschnittlich in allen der angesprochenen Lernvoraussetzungen abschnitten. Wenn ein Kind bzgl. seiner Intelligenz unterdurchschnittliche Leistungen zeigt, muss dies nicht gleichzeitig für die Inhibitionsfähigkeit gelten. Mit Hilfe der hier durchgeführten Analysen konnte gezeigt werden, auf welche vielfältig verschiedenen Lernvoraussetzungen eine Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit implizitem und explizitem *Modeling* einen überzufällig positiven Einfluss zu haben scheint – im Vergleich zu einer am Offenen Experimentieren orientierten Förderung ohne implizites und explizites *Modeling*.

profitieren.

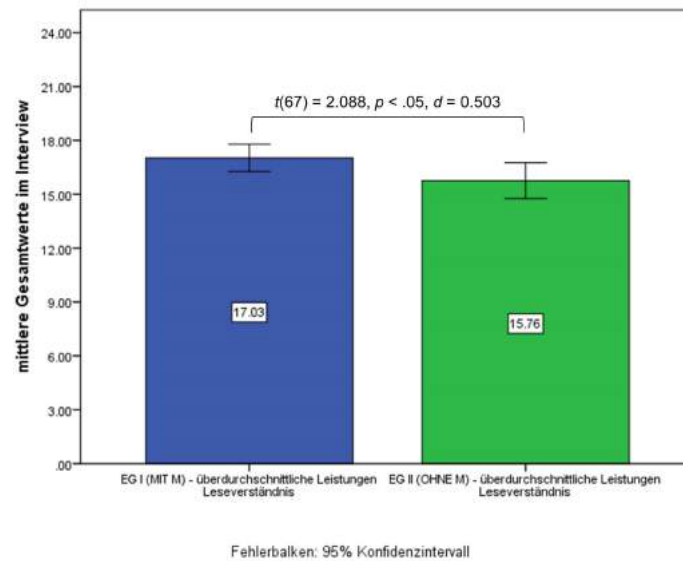


Abbildung 6.7: Vergleich der Interviewergebnisse zwischen EG I MIT M und EG II OHNE M unter Berücksichtigung des Leseverständnisses – überdurchschnittliche Leistungen

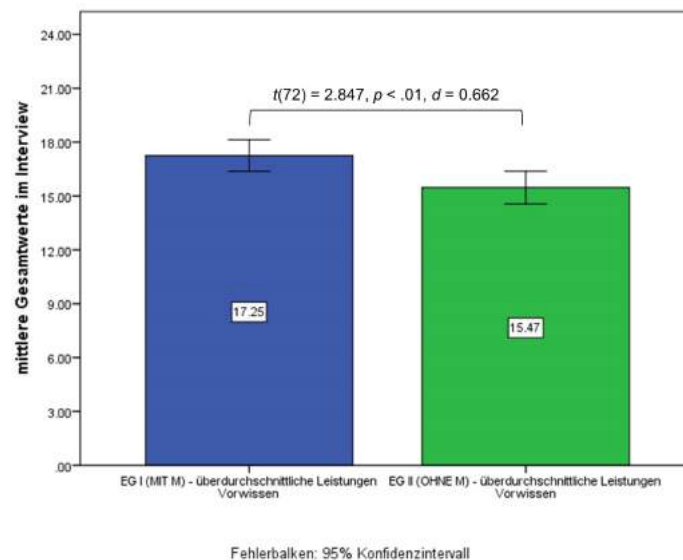


Abbildung 6.8: Vergleich der Interviewergebnisse zwischen EG I MIT M und EG II OHNE M unter Berücksichtigung des Vorwissens – überdurchschnittliche Leistungen

Nicht nur leistungsschwache Schülerinnen und Schüler, Kinder mit ungünstigen Lernvoraussetzungen, scheinen von einer Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch ein Lernsetting mit implizitem und explizitem *Modeling* zu profitieren, sondern ebenfalls leistungsstarke Schülerinnen und Schüler, also Kinder mit

günstigen Lernvoraussetzungen. Dies betrifft die Lernvoraussetzungen bzgl. des Leseverständnisses ($t(67) = 2.088$, $p < 0.05$, $d = 0.503$) und des Vorwissens ($t(72) = 2.847$, $p < 0.01$, $d = 0.662$).

Unter Berücksichtigung der insgesamt in diesem Kapitel präsentierten Ergebnisse zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler der EG I MIT M den Schülerinnen und Schülern der EG II OHNE M in Bezug auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung ihrer eigenen Experimente – erfasst durch das Interview – signifikant überlegen sind. Sowohl Kinder mit ungünstigen Lernvoraussetzungen – bzgl. ihrer Intelligenz, ihrer Inhibitions- und ihrer Problemlösefähigkeit – als auch Kinder mit günstigen Lernvoraussetzungen in den Bereichen Leseverständnis und Vorwissen zum Verständnis der Variablenkontrolle profitieren. In allen Fällen lässt sich ein mittlerer Effekt nach den Konventionen von Cohen feststellen.

6.5.3.3 Qualität bzgl. des erreichten Niveaus der entwickelten Experimente

Ziel der nun folgenden Auswertung ist es, die von den Schülerinnen und Schülern selbst entwickelten und innerhalb des durchgeführten Interviews präsentierten Experimente ausführlicher darzustellen, um so einen Eindruck zu vermitteln, wie die Experimente genau gestaltet sind.

Die diesem Kapitel zugrunde liegende Frage lautet:

Frage 2.c:

Welche Qualität bzgl. des erreichten Niveaus weisen die Experimente, die die Schülerinnen und Schüler der jeweiligen Experimentalgruppe, also mit und ohne *Modeling*, entwickeln, durchführen und bewerten, auf? Handelt es sich bei den Experimenten eher um konfundierte Experimente im Sinne einer naiven Vorstellung, um kontrastive Tests im Sinne einer Zwischenvorstellung oder um kontrollierte Experimente im Sinne einer wissenschaftlich adäquaten Vorstellung (s. Kapitel 5.3.2 ab S. 106)?

Zur Beantwortung dieser Frage werden sowohl die Experimente der Schülerinnen und Schüler als auch ihre Vorstellungen bzgl. einzelner Fragen aus dem Interview, die entscheidend für die Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten sind, analysiert.

Die aus dem Interview fokussierten Inhalte lauten:

- Frage 1.b) Warum hast du diese Dinge für dein Experiment ausgewählt? – Entwicklung bzw. Planung des Experiments
- Frage 3 und 4: Baue dein Experiment auf und beschreibe dabei, was wichtig

ist. Mache mir dein Experiment vor und beschreibe, wie es funktioniert. – Durchführung des Experiments

- Frage 7: Ist dein Experiment fair? Warum? – Bewertung des Experiments

Wie die Aufzählung zeigt, gibt es zu jedem Aspekt (Entwicklung, Durchführung und Bewertung) eine Frage bzw. Handlungsaufforderung. Zusätzlich wird das Experiment jedes Kindes bzgl. des Vorstellungsniveaus bewertet. Die so erfassten Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler werden analysiert. Dazu werden zu den einzelnen Aspekten Balkendiagramme präsentiert, bei denen die jeweiligen Mittelwerte, die gleichzeitig Aufschluss über die Vorstellungsniveaus geben, vergleichend abzulesen sind. So bedeutet ein Mittelwert von 1, dass es sich um naive Vorstellungen handelt, ein Mittelwert von 2 weist auf Zwischenvorstellungen und ein Mittelwert von 3 auf wissenschaftlich adäquate Vorstellungen hin (s. Kapitel 5.3.2 ab S. 106). Die ggf. auftretenden Differenzen der Mittelwerte werden mit *t*-Tests für unabhängige Stichproben geprüft. Dabei gilt es, bestimmte Voraussetzungen zu prüfen – die Normalverteilung und die Homogenität der Varianzen. Der Kolmogorov-Smirnov-Test zeigt, dass die Annahme einer Normalverteilung in beiden Experimentalgruppen in Bezug auf die einzelnen Aspekte nicht beibehalten werden kann, da *p* in allen Fällen einen Wert < 0.01 annimmt. Die genauen Ergebnisse der Tests liegen der Arbeit bei (s. Anlage A.22 ab S. 414). Aufgrund der annähernd gleichen Stichprobengröße ist dies unproblematisch (FIELD, 2013). Der Levene-Test ergibt, dass die Varianzen zwischen den beiden Experimentalgruppen bei allen Aspekten als homogen angenommen werden können, bis auf zwei Ausnahmen. Diese Ausnahmen sind die Frage 1.b) „Warum hast du diese Dinge für dein Experiment ausgewählt?“ ($p < 0.05$) und die Frage 7.c) „Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?“ ($p < 0.05$). Dies wird bei der Durchführung der *t*-Tests berücksichtigt, indem auf die korrigierten Werte zurückgegriffen wird.

Bei der Auswertung der Interviews ist zu beachten, dass es unter Umständen zu unterschiedlichen Anzahlen der Schülerinnen und Schüler, also zu einem Absinken des *N*, kommen kann. So werden z. B. die beiden Fragen 7.b) „Würdest du beim nächsten Mal etwas anders machen?“ und 7.c) „Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?“ nur Kindern gestellt, die die Frage 7 „Ist dein Experiment fair?“ nicht auf Level 3, also dem Niveau der wissenschaftlich adäquaten Vorstellungen, beantworten. Wenn sie zu dem Zeitpunkt bereits ihr Experiment als fair bewerten und es mit der Variablenkontrolle korrekt begründen, entfallen die anderen beiden Nachfragen⁷.

⁷Die Frage 7.a) ist nur eine Alternativformulierung zur Frage 7. Sie wird nur verwendet, wenn das Kind die Frage 7 nicht versteht und wird deshalb bei der Auswertung nicht separat berück-

Ein Vergleich der mittleren Antwortniveaus der Kinder der beiden Experimentalgruppen auf die Frage 1.b) „Warum hast du diese Dinge für dein Experiment ausgewählt?“, also bezogen auf die Entwicklung bzw. Planung der eigenen Experimente zeigt, dass die EG II OHNE M der EG I MIT M lediglich auf deskriptiver Ebene überlegen ist (s. Abbildung 6.9). Die Schülerinnen und Schüler der EG II OHNE M antworten im Durchschnitt auf dem Level 1.333 und die der EG I MIT M auf dem Level 1.217. Bei beiden Gruppen liegt das Vorstellungsniveau im Mittel zwischen den naiven und Zwischenvorstellungen mit einer Tendenz zu den naiven Vorstellungen.

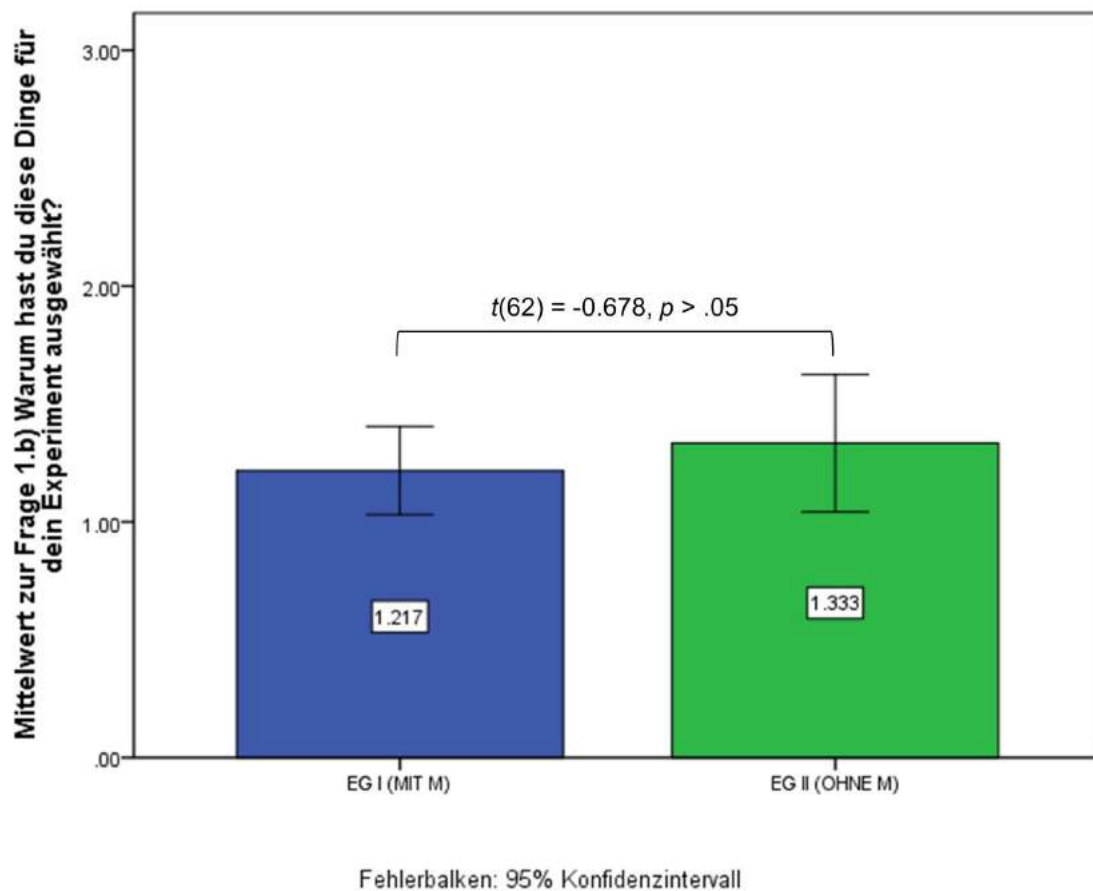


Abbildung 6.9: Vergleich der Vorstellungen zur Frage 1.b) Warum hast du diese Dinge für dein Experiment ausgewählt?

Das Ergebnis des t -Tests (s. Abbildung 6.9) zeigt, dass die Differenz in den Mittelwerten der beiden Experimentalgruppen nicht signifikant ist ($t(62) = -0.678$, $p > 0.05$). Die Lernenden der EG I MIT M, die eine Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit implizitem und explizitem *Modeling* erhalten haben, erreichen nicht signifikant weniger Punkte im Aspekt der Entwicklung bzw. Planung der eigenen Experimente als die Kinder der EG II OHNE M.

sichtigt, sondern ist bereits in die Frage 7 integriert, falls das Stellen der Frage nötig war.

Bei den Aspekten zum Aufbau und zur Durchführung der eigenen Experimente während des Interviews zeigt sich eine Überlegenheit der EG I MIT M gegenüber der EG II OHNE M (s. Abbildung 6.10).

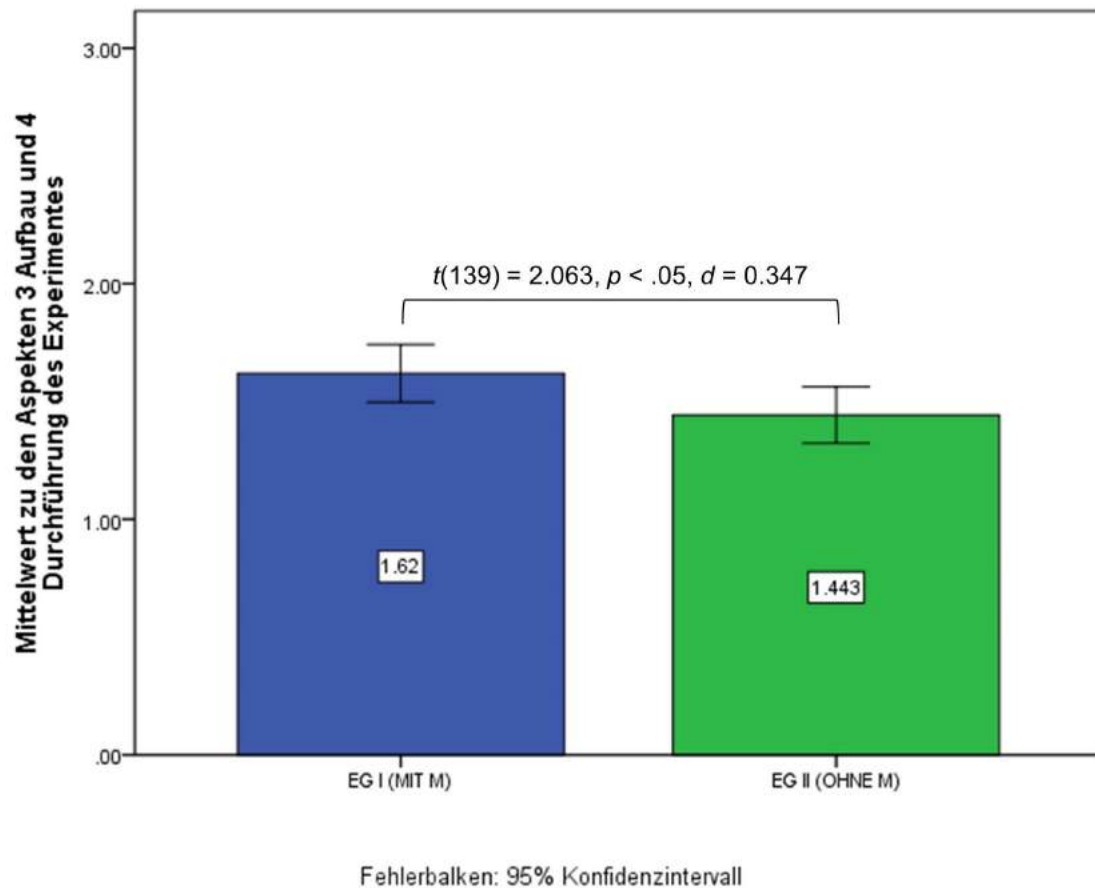


Abbildung 6.10: Vergleich der Vorstellungen zu den Aspekten 3 und 4 Aufbau und Durchführung des Experiments

Das Ergebnis des t -Tests zeigt, dass der Unterschied zwischen den beiden Gruppen von 0.177 Punkten signifikant ist ($t(139) = 2.063, p < 0.05$). Nach den Konventionen von Cohen liegt mit einem d von 0.347 ein kleiner Effekt vor. Beide Gruppen erreichen bei den Aspekten Aufbau und Durchführung des Experiments einen Mittelwert, der zwischen den naiven Vorstellungen und den Zwischenvorstellungen liegt, wobei die EG I MIT M im Schnitt eher eine Tendenz zu den Zwischenvorstellungen zeigt.

Abbildung 6.11 zeigt die drei Fragen zur Bewertung der eigenen Experimente gegenübergestellt. Abgetragen ist der jeweilige Mittelwert, den die Kinder der beiden Experimentalgruppen bei den einzelnen Fragen erreichen. Beim Vergleich der Mittelwerte der Antworten auf die Frage 7.b) „Würdest du beim nächsten Mal etwas

anders machen?“ gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen der EG I MIT M und der EG II OHNE M ($t(97) = 3.176, p < 0.01$). Bei der Frage 7.c) „Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?“ ist der Unterschied von 0.358 Punkten im Durchschnitt signifikant ($t(39) = 2.115, p < 0.05$). Nach den Konventionen von Cohen liegt in beiden Fällen mit einem d von 0.638 bzw. 0.625 ein mittlerer Effekt vor. Es zeigt sich, dass die Vorstellungen der Kinder der EG I MIT M bei dieser Frage zwischen den Niveaus der naiven Vorstellungen und der Zwischenvorstellungen mit einer Tendenz zu den Zwischenvorstellungen liegen. Die Vorstellungen der Lernenden der EG II OHNE M liegen ebenfalls zwischen den Niveaus der naiven Vorstellungen und Zwischenvorstellungen, jedoch mit einer Tendenz zu den naiven Vorstellungen.

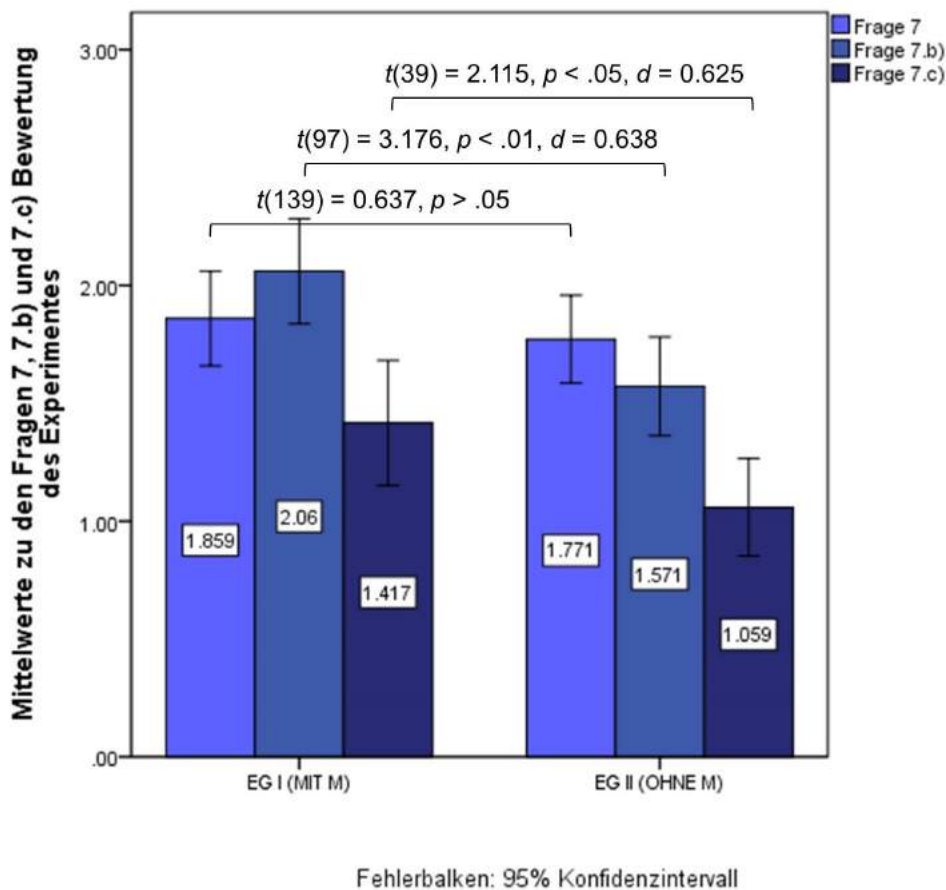


Abbildung 6.11: Vergleich der Vorstellungen zur Frage 7 „Ist dein Experiment fair?“

Ein Vergleich der von den Kindern selbst entwickelten Experimente zwischen der EG I MIT M und der EG II OHNE M anhand der Einschätzungen der bzw. des Codierenden zeigt, dass der Unterschied zwischen den beiden Experimentalgruppen signifikant ist ($t(140) = 2.142, p < 0.05$) und mit einem d von 0.360 nach den Konventionen von Cohen als ein kleiner Effekt gedeutet werden kann. Gleichzeitig

zeigt sich, dass die Kinder der EG I MIT M eher Experimente auf dem Niveau einer Zwischenvorstellung entwickelten als Kinder der EG II OHNE M (s. Abbildung 6.12).

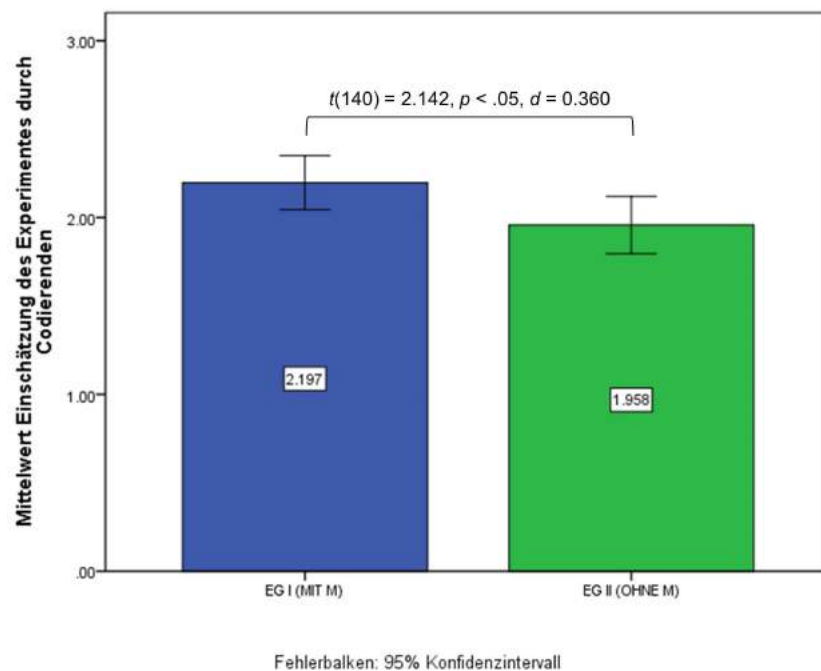


Abbildung 6.12: Vergleich der von den Kindern entwickelten Experimente

Insgesamt hat sich eine Überlegenheit der EG I MIT M in den Aspekten der Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente gezeigt.

6.5.4 Auswertung der Daten des SIS-Fragebogens

Der letzte Fokus der Auswertung liegt gemäß den in Kapitel 4 ab S. 85 dargestellten Fragen und Hypothesen auf dem Bereich der motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale im Kontext des erhaltenen Unterrichts (MIT M oder OHNE M).

Frage 3:

UV_Fördersetting → AV_motivationale und selbstbezogene Schülermerkmale?

Hypothese 3:

motivationale und selbstbezogene Schülermerkmale:

$$\text{EG I MIT M} = \text{EG II OHNE M}$$

Erfasst wurden das themenspezifische Interesse, die themenspezifische Selbstwirksamkeit bzgl. des unterrichteten Themas, das persönliche Interesse an Physik und

das Fähigkeitsselbstkonzept in Bezug auf physikalische Themen der Schülerinnen und Schüler. Die jeweiligen Facetten wurden mit Hilfe der in Kapitel 5.6 ab S. 148 beschriebenen Skalen operationalisiert. Je höher der aggregierte Wert, desto höher ist die Zustimmung des Kindes zu den einzelnen Aussagen des Tests (Min. = 1 = „stimmt gar nicht“, Max. = 4 = „stimmt genau“).

Zur Überprüfung der Hypothese werden, da nur ein MZP und zwei Gruppen vorliegen, t -Tests für die einzelnen Subskalen des Tests durchgeführt.

Die Prüfung der Voraussetzungen erfolgt durch den Kolmogorov-Smirnov-Test (Prüfung der Normalverteilung) und durch den Levene-Test (Prüfung der Homogenität der Varianzen). Das Ergebnis des Kolmogorov-Smirnov-Tests identifiziert eine Verletzung der Normalverteilung hinsichtlich aller auszuwertenden Subskalen (die detaillierten Testwerte liegen der Arbeit als Anlage A.23 im Anhang ab S. 415 bei). Die Homogenität der Varianzen zwischen den Experimentalgruppen ist laut des Levene-Tests sowohl für alle relevanten Subskalen gegeben. Die Verletzungen der Normalverteilungsvoraussetzung werden aufgrund der annähernd gleich großen Stichprobenverteilung bei den weiteren Auswertungen vernachlässigt (FIELD, 2013).

Die durchschnittliche Verteilung der Einschätzungen der Schülerinnen und Schüler bzgl. der einzelnen Subskalen zu motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmalen werden in der Tabelle 6.21 berichtet.

Tabelle 6.21: Durchschnittliche Einschätzungen der beiden Experimentalgruppen bzgl. der motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale

	EG I	EG II
	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>
themenspezifisches Interesse (6 Items)	12.12(4.46)	10.47(3.85)
themenspezifische Selbstwirksamkeit (5 Items)	14.82(3.52)	13.77(3.84)
Interesse Physik (5 Items)	12.86(4.29)	11.39(4.18)
Fähigkeitsselbstkonzept Physik (7 Items)	22.32(4.22)	21.71(4.80)

Deskriptiv betrachtet ist die Einschätzung der motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale der Kinder in der EG I MIT M in allen Subskalen höher als die der Kinder in der EG II OHNE M. Prozentual betrachtet liegen die Einschätzungen einer Zustimmung zu den einzelnen Aussagen zwischen 50.5 % beim themenspezifischen Interesse und 79.7 % beim Fähigkeitsselbstkonzept Physik (insgesamt 72.3 %) in der EG I MIT M und zwischen 43.6 % beim themenspezifischen Interesse und 77.5 % beim Fähigkeitsselbstkonzept Physik (insgesamt 67.7 %) in der EG II OHNE M. Insgesamt zeigt sich über alle Skalen hinweg eine Überlegenheit der EG I MIT M in Bezug auf ihre motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale.

Die signifikanten Ergebnisse der t -Tests können dem Diagramm 6.13 entnommen werden⁸. Es zeigt sich bei den Skalen zum themenspezifischen Interesse ($t(142) = 2.372$, $p < 0.05$, $d = 0.396$) und zum Interesse an Physik ($t(142) = 2.095$, $p < 0.05$, $d = 0.349$) eine signifikante Überlegenheit zugunsten der EG I MIT M. Das heißt, dass sich die Schülerinnen und Schüler der EG I MIT M in diesen Bereichen signifikant besser einschätzen als die Kinder der EG II OHNE M. Unter Rückgriff auf die deskriptiven Ergebnisse kann abgeleitet werden, dass die Einschätzungen der Kinder der EG I MIT M gegenüber den Einschätzungen der Kinder der EG II OHNE M bezüglich der motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale positiver ausfallen.

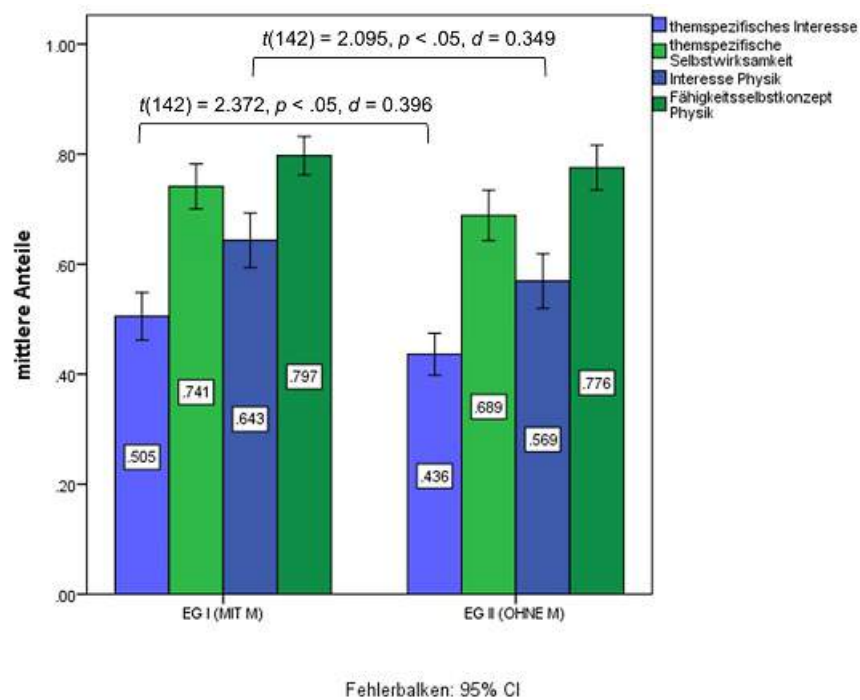


Abbildung 6.13: Vergleich der Einschätzungen bzgl. der motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale zwischen den beiden Experimentalgruppen

Besonders positiv bewerten die Schülerinnen und Schüler in beiden Experimentalgruppen ihr eigenes Fähigkeitsselbstkonzept bzgl. physikalischer Themen und ihre themenspezifische Selbstwirksamkeit. Signifikante Unterschiede, und zwar zugunsten der EG I MIT M, ergeben sich im Hinblick auf das themenspezifische Interesse und das Interesse an Physik.

Im folgenden Kapitel (s. Kapitel 7 ab S. 209) werden die im Kapitel 6.5 ab S. 181 dargestellten Ergebnisse zusammenfassend diskutiert.

⁸Zur besseren Übersichtlichkeit sind die nicht signifikanten Ergebnisse in dem Diagramm nicht aufgelistet.

7 Zusammenfassende Betrachtung und Diskussion der Ergebnisse

In der quasi-experimentellen Interventionsstudie wurden die Effekte eines entwickelten Unterrichts zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit implizitem und explizitem *Modeling* überprüft. Um die Wirkung der speziellen *Scaffolding*maßnahme des *Modelings* prüfen zu können, fand in zwei Gruppen eine Intervention statt – eine mit implizitem und explizitem *Modeling* (EG I MIT M) und eine ohne diese Elemente und orientiert am Ansatz des Offenen Experimentierens (EG II OHNE M). Zusätzlich gab es eine Baseline (BL), die sich an den jeweiligen Tests beteiligte und zwischenzeitlich regulären Sachunterricht erhielt. Aufgrund der hierbei gewonnenen Ergebnisse hat sich ein Testwiederholungseffekt des Paper-Pencil-Tests zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle gezeigt (s. Kapitel 6.5.2.2 ab S. 187). Zudem wurden schriftliche Transferaufgaben und ein Interview eingesetzt, um ein möglichst umfassendes Bild des Verständnisses der Variablenkontrolle der Schülerinnen und Schüler in der dritten Klasse zu erhalten.

Im vorliegenden Kapitel werden die Ergebnisse der quasi-experimentellen Studie hinsichtlich der Wirksamkeit der beiden variierten Lernsettings zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle diskutiert. Dabei wird Bezug genommen auf die Auswirkungen des Fördersettings auf das eigenständige Bewerten und Entwickeln von Experimenten (Frage 1.a; s. Kapitel 7.1 ab S. 210), die Abgrenzung des Effekts von einem Testwiederholungseffekt (Frage 1.b; s. Kapitel 7.2 ab S. 210) und die Unterschiede bzgl. der Transferfähigkeit (Frage 1.c; s. Kapitel 7.3 ab S. 213). Des Weiteren werden der Einfluss des Fördersettings auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente (Frage 2.a; s. Kapitel 7.4 ab S. 214), die differenziellen Auswirkungen des Fördersettings auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente unter Berücksichtigung der individuellen Lernvoraussetzungen (Frage 2.b; s. Kapitel 7.6 ab S. 217) sowie die Qualität bzgl. des erreichten Niveaus der entwickelten Experimente (Frage 2.c; s. Kapitel 7.5 ab S. 216) in den Blick genommen. Ebenfalls werden die Auswirkungen des Fördersettings auf motivationale und selbstbezogene Schülermerkmale (Frage 3; s. Kapitel 7.7 ab S. 220) diskutiert. Anschließend werden die Limitationen und die Stärken der

vorliegenden Studie erläutert (s. Kapitel 7.8 ab S. 223). Das Kapitel endet mit einer Ableitung von Implikationen sowohl für folgende Untersuchungen als auch für die Gestaltung naturwissenschaftlicher Lehr-Lernumgebungen zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im Sachunterricht der Grundschule (s. Kapitel 7.9 ab S. 225).

Die präexperimentelle Gleichheit der Gruppen (EG I MIT M, EG II OHNE M, BL) ist, als Voraussetzung der folgenden Auswertungen, gegeben – die Experimentalgruppen unterscheiden sich nicht signifikant hinsichtlich ihrer Intelligenz, ihrer Inhibitions- und Problemlösefähigkeit, ihres Leseverständnisses sowie ihres Vorwissens zum Verständnis der Variablenkontrolle (s. Kapitel 6.5.1 ab S. 182). Somit sind Unterschiede zwischen den (Experimental-)Gruppen in den Analysen zur Beantwortung der forschungsleitenden Fragestellungen und Überprüfung der Hypothesen nicht auf diese Faktoren zurückführbar.

7.1 Auswirkungen des Fördersettings auf das eigenständige Bewerten und Entwickeln von Experimenten

Es wurde erwartet, dass beide Experimentalgruppen von der Intervention profitieren – gemessen daran, dass sie nach der Intervention im schriftlichen Test höhere Punktzahlen als vor der Intervention erreichen (s. Kapitel 4 ab S. 85). Diese positive Entwicklung vom ersten zum zweiten MZP ($p < 0.01$) und vom zweiten zum dritten MZP ($p > 0.05$) konnte hypothesenkonform nachgewiesen werden. Ein Interaktionseffekt Zeit*Gruppe wurde nicht festgestellt (s. Kapitel 6.5.2.1 ab S. 186).

Die Frage 1.a konnte folglich auf Basis der Daten des Paper-Pencil-Tests beantwortet werden. Zwischen den beiden Experimentalgruppen gab es keinen signifikanten Unterschied.

7.2 Abgrenzung des Effekts von einem Testwiederholungseffekt

Daran anschließend wurde untersucht, ob sich dieser Effekt von einem Testwiederholungseffekt abgrenzen lässt. Dabei hat sich gezeigt, dass sich auch die Baseline – anders als erwartet – positiv vom ersten zum zweiten und vom zweiten zum dritten MZP entwickelt. Ein Interaktionseffekt MZP*Gruppe kann nicht nachgewiesen werden. Somit liegt bei dem entwickelten Paper-Pencil-Test ein Testwiederholungseffekt

vor, was daran liegen könnte, dass der Test in der eingesetzten Form nicht sensitiv genug zu sein scheint, Unterschiede zwischen den Gruppen – unabhängig von einer Testwiederholung – zu erfassen.

Die Lehrpersonen der Baseline wurden darüber informiert, dass das Experimentieren und die Vorstellungen, die die Schülerinnen und Schüler dazu haben, Inhalt der durchgeführten Untersuchung ist. Sie wurden deshalb darum gebeten, keinen Unterricht zum Experimentieren in der Zeit zwischen den Erhebungen durchzuführen. Überprüft wurde dies durch Angabe der behandelten Themen durch die entsprechenden Lehrpersonen – eine weitere Kontrolle des in der Zwischenzeit stattfindenden Unterrichts fand nicht statt. Es kann nicht eindeutig ausgeschlossen werden, dass die Schülerinnen und Schüler der Baseline entsprechenden Unterricht hatten, der zu einer Verbesserung in der im Test gezeigten Leistung geführt hat. Auf Basis der Angaben der entsprechenden Lehrpersonen muss aber davon ausgegangen werden, dass dies nicht der Fall war.

Insgesamt gestaltet sich die Auswertung der konzeptuellen Veränderungen hinsichtlich des Verständnisses der Variablenkontrolle mit Hilfe des Paper-Pencil-Tests als problematisch. Der Nachweis des Testwiederholungseffekts ermöglicht keine eindeutige Aussage darüber, was an Lernzuwachs in dem eingesetzten Test auf das wiederholte Ausfüllen des Tests zurückzuführen ist und was auf die Intervention. Weitere Hinweise auf die Notwendigkeit der Testüberarbeitung ergeben sich aus signifikanten Korrelationen zwischen dem Abschneiden im Test zum ersten MZP und der den Kindern vorgelegten Testversion (A oder B) ($r = -0.392$, $p < 0.01$), die sich in der Reihenfolge der Aufgaben unterscheiden (s. Kapitel 5.3 ab S. 102). Der Korrelationskoeffizient sinkt bei Betrachtung des zweiten MZP (Zusammenhang Test zum zweiten MZP und Version $r = -0.216$, $p < 0.01$). Der Lernzuwachs hingegen – berechnet über die Differenz Gesamtwert im Test zum zweiten MZP minus Gesamtwert im Test zum ersten MZP – hat keinen signifikanten Zusammenhang mit der Testversion ($r = 0.084$, $p = 0.220$).

Der signifikante Zusammenhang zwischen dem Abschneiden im Test zu den verschiedenen MZP und der Testversion und die Ergebnisse zu den konzeptuellen Veränderungen weisen darauf hin, dass der entwickelte Paper-Pencil-Test eine sog. *Testintelligenz* erfordert bzw. fördert. Dies wird auch als *Test-Wiseness* bezeichnet und geht zurück auf THORNDIKE (1951), der damit die Fähigkeit eines Individuums, zu verstehen, was genau im Test von einem verlangt wird, bezeichnet. Es geht folglich um das Verständnis der Logik eines Tests bzw. von Testaufgaben, um diesen bzw. diese erfolgreich bearbeiten zu können. Diese Fähigkeit lässt sich durch re-

gelmäßiges Üben trainieren, was beim mehrmaligen Ausfüllen des für die Studie entwickelten und in der Untersuchung eingesetzten Paper-Pencil-Tests der Fall ist¹. Zu allen drei MZP wurden dieselben Aufgaben eingesetzt und von den Schülerinnen und Schülern bearbeitet. Auf diese Weise ist es möglich, die Vorstellungen zum Verständnis der Variablenkontrolle zu vergleichen – unabhängig von Einflüssen, die durch eine Variation der Aufgaben zustande kommen können. Ein solcher Einfluss könnte z. B. dadurch entstehen, dass zu den drei MZP zwar ähnliche, aber nicht gleiche Aufgaben eingesetzt werden. Die vorliegende Untersuchung stößt trotz der möglichen Vergleichbarkeit der verschiedenen MZP hier an eine Grenze, da auf Basis des Paper-Pencil-Tests aufgrund des Testwiederholungseffekts eine Untersuchung der konzeptuellen Veränderungen trotz geprüfter und vorliegender Testgüte nicht zuverlässig und eindeutig möglich ist. So konnte sich mit Blick auf den Paper-Pencil-Test der Lerneffekt nicht „gegen einen Testwiederholungseffekt absichern“ (SODIAN et al., 2002, S. 203) lassen und lässt sich somit vermutlich hauptsächlich auf die wiederholte Bearbeitung gleicher Aufgaben zurückführen.

Es ist allerdings zu bedenken, dass die im Test eingesetzten Aufgaben basierend auf den Ergebnissen der Testgüteprüfung (s. Kapitel 5.3 ab S. 102, Kapitel 6.4 ab S. 173) grundsätzlich geeignet zu sein scheinen, das Verständnis der Variablenkontrolle zu erfassen. So sind die Gütekriterien (Objektivität, Reliabilität und Validität – sowohl auf Ebene des dahinterliegenden Konstrukts als auch auf Ebene verschiedener Kriterien) erfüllt, sodass hier ein Aufgabenpool zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle zur Verfügung zu stehen scheint, der mit Hilfe weiterer Optimierungen und Analysen nach der Item-Response-Theorie, also unter Berücksichtigung der einzelnen Items, zum Ausschluss des Testwiederholungseffekts zu einem geeigneten Testformat für folgende Untersuchungen in diesem Bereich ggf. verwendet werden könnte. Allerdings ist eine Prüfung dieser Vermutung auf Basis der vorliegenden Daten nicht möglich und bleibt daher weiteren Studien vorbehalten.

Auf die Frage 1.b bzgl. eines vorliegenden Testwiederholungseffekts gab es eindeutige Ergebnisse. Die Ergebnisse des Paper-Pencil-Tests liefern u. a. aufgrund des aufgetretenen Testwiederholungseffekts (s. Kapitel 7.2 ab S. 210) noch keine interpretierbaren Hinweise darauf, ob ein Fördereffekt stattgefunden hat. Zur Beantwortung der Frage nach den konzeptuellen Veränderungen hätte es eine Testversion zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle geben müssen, bei welcher kein

¹Ggf. könnte es beim Einsatz des Tests hilfreich sein, Übungsaufgaben mit den Kindern zu bearbeiten, die nicht ausgewertet werden. So wäre sichergestellt, dass die Kinder die Aufgabenbearbeitung vor der Durchführung der eigentlichen Testaufgaben eingehend verstanden haben. Dies ginge jedoch einher mit einer Verlängerung der Testzeit, die bei der eingesetzten Version bereits ca. 60 Minuten beträgt.

Testwiederholungseffekt vorliegt, der eine Abgrenzung zwischen dem Lerneffekt und dem aufgetretenen Testwiederholungseffekt ermöglicht hätte. Nur so hätten die konzeptuellen Veränderungen in diesem Bereich analysiert werden können, um herauszufinden, welcher Einfluss des Fördersettings auf die konzeptuellen Veränderungen in Bezug auf das Verständnis der Variablenkontrolle nachweisbar ist.

7.3 Unterschiede bzgl. der Transferfähigkeit in Bezug auf das Verständnis der Variablenkontrolle

Ein Ziel der vorliegenden Arbeit war die Untersuchung der Wirkung der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch eine Intervention mit implizitem und explizitem *Modeling* (EG I MIT M) auf die Transferfähigkeit. Dabei wurde davon ausgegangen, dass das implizite und explizite *Modeling* in der EG I MIT M den Schülerinnen und Schülern ein stabiles und gut integriertes Verständnis der Variablenkontrolle ermöglicht, sodass sie es auf andere ihnen fremde Aufgaben transferieren können. Eine Instruktion hat sich als relevant für die Transferfähigkeit hinsichtlich des Verständnisses der Variablenkontrolle von Kindern gezeigt (KLAHR, ZIMMERMAN & JIROUT, 2011). Gleiches gilt – jedoch in anderen Inhaltsgebieten – für einen konstruktivistisch orientierten Unterricht mit inhaltlicher Sequenzierung und kognitiv aktivierender Gesprächsführung (MÖLLER et al., 2002). Deshalb wurde erwartet, dass die Schülerinnen und Schüler der beiden Experimentalgruppen (EG I MIT M und EG II OHNE M) beim Lösen der Transferaufgaben, also bei ihnen unbekannten schriftlichen Testaufgaben (s. Kapitel 5.5 ab S. 146), zum zweiten (einen Tag nach der Intervention) und dritten Messzeitpunkt (sechs Wochen nach der Intervention) der BL überlegen sind. Zudem wurde davon ausgegangen, dass das implizite und explizite *Modeling* den Schülerinnen und Schülern der EG I MIT M ein stabiles und gut integriertes Verständnis ermöglicht, sodass sie zum dritten Messzeitpunkt ein Niveau erreichen, das sich nicht signifikant vom Niveau zum zweiten Messzeitpunkt unterscheidet, während sich die Leistung der anderen beiden Gruppen (EG II OHNE M und BL) im Transfertest signifikant verschlechtert.

Diese Frage konnte auf Basis des Designs der Studie beantwortet werden. Um herauszufinden, ob die Intervention einen Einfluss auf die im Test gezeigte Performanz der Schülerinnen und Schüler beider Experimentalgruppen hat, wurden die Lernenden beider Experimentalgruppen mit den Schülerinnen und Schülern der BL verglichen. Dabei wurde deutlich, dass sich die Leistungen der Schülerinnen und Schüler, die eine Förderung erhalten haben, zum zweiten MZP signifikant von der BL unter-

scheiden. Zum dritten MZP zeigten – anders als erwartet – nur die Schülerinnen und Schüler der EG I MIT M signifikant bessere Leistungen als die Lernenden der BL.

Die weitere Auswertung ergab, dass sich ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden MZP (post und follow-up) sowohl für die EG II OHNE M als auch für die BL zeigte. Die Schülerinnen und Schüler erzielten beim zweiten MZP bessere Ergebnisse im Transferteil als beim dritten MZP. Ihre Leistungen verschlechterten sich folglich. Die Leistungen der EG I MIT M hingegen wiesen keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden MZP auf. Während die EG I MIT M vom Post- zum Follow-Up-Test keinen signifikanten Abfall im integrierten Verständnis zeigte, wiesen die EG II OHNE M sowie die BL einen signifikanten Abfall auf. Das Wissen, das die EG I MIT M zum Verständnis der Variablenkontrolle bei der Bearbeitung der Transferaufgaben zeigt, scheint hypothesenkonform besser integriert zu sein, sodass es hier – anders als in den anderen beiden Gruppen – zu keinem signifikanten Leistungsabfall vom zweiten zum dritten MZP kam.

Das unterschiedliche Abschneiden und die unterschiedliche Entwicklung im Bereich der Transferaufgaben liefern somit Hinweise darauf, dass der Fördereffekt transferierbar ist. Gerade bei der Entwicklung der Leistungen vom zweiten zum dritten MZP könnte ebenfalls die Testintelligenz einen Einfluss haben. Der Befund, dass sich die beiden Experimentalgruppen zum zweiten MZP (post) und die EG I MIT M zum dritten MZP (follow-up) in diesem Bereich von der Baseline unterscheiden, kann jedoch als Indiz dafür gedeutet werden, dass bei den Transferaufgaben der Testintelligenz nur eine geringe – oder gar keine (?) – Bedeutung zuzukommen scheint. Damit kann im Rahmen der vorliegenden Studie eine Evidenz dafür geliefert werden, dass eine Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle innerhalb eines kontextualisierten Unterrichts bereits in der dritten Klasse nachhaltig zu sein scheint. Interessant wäre an dieser Stelle zu prüfen, wie es sich nach einem noch längeren Zeitraum, z. B. einem Jahr (statt sechs Wochen) verhält.

7.4 Einfluss des Fördersettings auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente

Der zweite Fragenkomplex, der in der vorliegenden Studie untersucht wurde, bezieht sich auf die von den Kindern im Rahmen der Intervention entwickelten Experimente. Es wurde der Frage nachgegangen, welchen Einfluss die Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch eine Intervention mit implizitem und explizitem

Modeling (EG I MIT M) im Vergleich zu einem am Offenen Experimentieren orientierten Unterricht ohne implizites und explizites *Modeling* (EG II OHNE M) auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente hat. Theoriebasiert wurde erwartet, dass sich eine Überlegenheit der EG I MIT M gegenüber der EG II OHNE M hinsichtlich der Entwicklung, Durchführung und Bewertung des eigenen Experiments zeigt. Basis dieser Auswertung waren die Interviews (s. Kapitel 5.4.2 ab S. 143).

Eine Analyse der insgesamt von den Schülerinnen und Schülern erreichten Punkte im Interview deckte einen signifikanten Unterschied in den Mittelwerten der beiden Experimentalgruppen auf. Die Lernenden der EG I MIT M erreichten 1.63 Punkte mehr im Interview als die Kinder der EG II OHNE M. Das Interview bezieht sich ausschließlich auf die von den Kindern selbst entwickelten Experimente. Die Ergebnisse zeigen also, dass eine Förderung durch implizites und explizites *Modeling* dazu führt, dass die Kinder in der dritten Klasse ihre eigenen Experimente besser entwickeln, planen und bewerten können als Kinder, die kein implizites und explizites *Modeling* erhalten haben. Nach den Konventionen von Cohen liegt hier ein kleiner Effekt vor ($d = 0.441$, $p < 0.05$).

Eine Betrachtung der von den Schülerinnen und Schülern erreichten Kompetenzniveaus zeigte, dass sie im Interview durchschnittlich eine Leistung zeigten, die dem Niveau der Zwischenvorstellungen entsprach – dies galt zudem für die Leistungen im Paper-Pencil-Test und bei den Transferaufgaben (hier jedoch mit einer Ausnahme: Die durchschnittliche Leistung der BL bzgl. der Transferaufgaben ist zum dritten MZP dem Niveau der naiven Vorstellungen zuzuordnen). Die Schülerinnen und Schüler haben im Durchschnitt eine Vorstellung davon, dass Experimente durchgeführt werden, um Hypothesen zu prüfen, und sind in der Lage, kontrastive Tests zu entwickeln. Allerdings fehlt noch der systematische Umgang mit allen relevanten Variablen, den ein kontrolliertes Experiment erfordert. Vor der Intervention erreichen die Schülerinnen und Schüler im Paper-Pencil-Test im Mittel einen Wert von 1.9 (zwischen den naiven und den Zwischenvorstellungen) und nach der Intervention einen durchschnittlichen Wert von 2.1 (also im Bereich der Zwischenvorstellungen). Aufgrund der doch sehr kurzen Intervention (fünf Schulstunden) kann man mit dieser Entwicklung in der dritten Klasse durchaus zufrieden sein. Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass eine Unterstützung der Lernenden durch implizites und explizites *Modeling* dazu geeignet ist, diese domänenübergreifende und prozessbezogene Kompetenz zu fördern. Außerdem kann es als eine Evidenz dafür gedeutet werden, dass die Defizite, die bei Schülerinnen und Schülern in der Grundschule im Bereich des Verständnisses der Variablenkontrolle auftreten, nicht auf entwicklungspsycho-

logischen Einschränkungen beruhen, sondern darauf, dass sich ein Verständnis der experimentellen Methode erst entwickeln muss (HAMMANN, 2004) und die Schülerinnen und Schüler dabei unterstützt werden müssen. Dies deutet auf die Relevanz und Notwendigkeit einer kontinuierlichen und systematischen Förderung (MIKELSKIS-SEIFERT & WIEBEL, 2011) des Verständnisses der Variablenkontrolle bereits ab der Grundschule hin.

Es konnte ein Zusammenhang zwischen den Interviewfragen und dem im Paper-Pencil-Test erfassten Konstrukt des Verständnisses der Variablenkontrolle gezeigt werden (s. Kapitel 6.2.3 ab S. 170). Allerdings ist anzumerken, dass das Verständnis der Variablenkontrolle präexperimentell nur durch den Paper-Pencil-Test und nicht durch das Interview erfasst wurde. Da sich die Kinder nicht signifikant in ihren Eingangsvoraussetzungen (Intelligenz, Inhibitions- und Problemlösefähigkeit, Leseverständis und Vorwissen im Bereich des Verständnisses der Variablenkontrolle) unterschieden (s. Kapitel 6.5.1 ab S. 182), ist davon auszugehen, dass sich bei einer Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit Hilfe des Interviews das Vorwissen und damit die Untersuchungsbedingungen der beiden Experimentalgruppen präexperimentell nicht bedeutend unterscheiden. Zudem war es aufgrund des Bezugs der Interviews auf die von den Kindern selbst entwickelten Experimente nicht möglich, das Interview sinnvoll mit den Schülerinnen und Schülern der Baseline durchzuführen.

Eine Prüfung auf einen Testwiederholungseffekt scheint nicht sinnvoll, da das Interview im Sinne der Triangulation ergänzend eingesetzt wurde und dazu diente, die Schülerinnen und Schüler bei der Präsentation ihrer Experimente zu unterstützen, um differenziertere Informationen zu ihren Vorstellungen zur Entwicklung, Durchführung und Bewertung von eigenen Experimenten zu erhalten. Es ging beim Einsatz des Interviews folglich nicht darum, konzeptuelle Veränderungen bzgl. des Verständnisses der Variablenkontrolle zu erfassen².

7.5 Qualität bzgl. des erreichten Niveaus der entwickelten Experimente

Basierend auf den Einschätzungen der bzw. des Codierenden hat sich gezeigt, dass die Qualität bzgl. des erreichten Niveaus der entwickelten Experimente bei den Kindern der EG I MIT M signifikant häufiger dem Niveau einer Zwischenvorstellung

²Weitere Informationen zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle und gleichzeitig eine Begründung für die in dieser Studie eingesetzte Methodentriangulation können in Kapitel 3.4 ab S. 79 nachgelesen werden.

entsprechen als bei den Kindern der EG II OHNE M ($d = 0.360$ – kleiner Effekt). Die Experimente entsprechen folglich kontrastiven Tests, bei denen die fokale Variable (in diesem Kontext die beiden Magneten) bewusst verändert wird, jedoch nicht alle anderen relevanten Variablen konstant gehalten werden. Die Schülerinnen und Schüler der EG II OHNE M entwickelten eher Experimente auf dem Niveau naiver Vorstellungen. Dabei findet keinerlei oder eine komplett unsystematische Manipulation von Variablen statt. Ihre entwickelten Experimente dienen eher dazu, positive Effekte zu produzieren (z. B. möglichst viele Büroklammern an einen Magneten zu hängen).

Insgesamt hat sich bei der Präsentation der von den Kindern selbst entwickelten Experimente eine Überlegenheit der EG I MIT M in den Aspekten der Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente gezeigt.

7.6 Differenzielle Auswirkungen des Fördersettings auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente unter Berücksichtigung der individuellen Lernvoraussetzungen

Eine weitere Frage, die sich bzgl. der von den Kindern entwickelten Experimente stellte, war, welche differenziellen Auswirkungen die Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch eine Intervention mit implizitem und explizitem *Modeling* (EG I MIT M) im Vergleich zu einem am Offenen Experimentieren orientierten Unterricht ohne implizites und explizites *Modeling* (EG II OHNE M) auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente unter Berücksichtigung der individuellen kognitiven Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler hatte. Es wurde erwartet, dass Kinder mit ungünstigen Lernvoraussetzungen, die im Kontext „Verständnis der Variablenkontrolle“ durch implizites und explizites *Modeling* (EG I MIT M) den nicht durch implizites und explizites *Modeling*, sondern in Anlehnung an den didaktischen Ansatz des Offenen Experimentierens, geförderten EG II OHNE M in ihren Leistungen im Interview überlegen sind. Die Performanz der EG I MIT M wurde erneut als die der EG II OHNE M übertreffend vermutet.

Diese Frage konnte basierend auf dem Design der Studie beantwortet werden. Dazu wurden unter Berücksichtigung der Lernvoraussetzungen Subgruppen innerhalb der beiden Experimentalgruppen gebildet, deren Leistungen im Interview genauer betrachtet und miteinander verglichen wurden. Dabei war es nicht Ziel, Profile von

Kindern zu erstellen, die besonders gefördert werden, sondern die Lernvoraussetzungen einzeln genauer zu betrachten, um eine Wirkung der *Scaffolding*maßnahme des impliziten und expliziten *Modelings* in der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle auf verschiedene ungünstige Lernvoraussetzungen aufzuzeigen.

Pro erfasste Kontrollvariable (Intelligenz, Inhibitions-, Problemlösefähigkeit, Leseverständnis und Vorwissen) entstanden zwei Gruppen – Gruppe 1 mit unterdurchschnittlichen Leistungen und Gruppe 2 mit überdurchschnittlichen Leistungen.

Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlichen Leistungen

Die Analysen haben gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlichen Leistungen im Bereich der Intelligenz, der Inhibitions- und Problemlösefähigkeit von der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle stärker profitierten als Kinder mit vergleichbaren Lernvoraussetzungen, die nicht durch implizites und explizites *Modeling* gefördert wurden. Es hat sich gezeigt, dass die Zugehörigkeit zu einer der beiden Experimentalgruppen einen signifikanten Einfluss auf die im Durchschnitt erreichten Punkte im Interview hatte. Die Performanz der Kinder mit unterdurchschnittlichen Leistungen im Bereich der Intelligenz, der Inhibitions- und der Problemlösefähigkeit bei der Erfassung der Entwicklung, Durchführung und Bewertung ihrer eigenen Experimente mit Hilfe des Interviews war, wenn sie in der EG I MIT M waren, der Performanz der Kinder, die mit den gleichen Lernvoraussetzungen in der EG II OHNE M, überlegen.

Bezüglich unterdurchschnittlicher Leistungen im Vorwissen und im Leseverständnis konnten zwischen den Kindern der EG I MIT M und den Kindern der EG II OHNE M kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Schülerinnen und Schüler mit überdurchschnittlichen Leistungen

Bei einer Betrachtung der Subgruppen mit überdurchschnittlichen Leistungen hingen – sowohl im Vorwissen zum Verständnis der Variablenkontrolle als auch im Leseverständnis – zeigte sich im Vergleich der durchschnittlichen Leistungen im Interview eine signifikante Überlegenheit der Kinder der EG I MIT M. Bei Schülerinnen und Schülern mit günstigen Lernvoraussetzungen konnte in Bezug auf überdurchschnittliche Lese- und Vorwissensleistungen ein Effekt der Förderung durch implizites und explizites *Modeling* gezeigt werden.

Zusammenfassung der differenziellen Auswirkungen

Dass Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Lernvoraussetzungen stärker von einer Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit implizitem und explizitem *Modeling* profitieren, als von einer Förderung ohne diese *Scaffolding*maßnahme, deckt sich mit Befunden aus anderen Studien. Beispielsweise hat sich im Rahmen der BiQua-Studie gezeigt, dass Kinder mit ungünstigen Lernvoraussetzungen durch ein höheres Maß an Strukturierung, das in der vorliegenden Untersuchung durch den Einsatz des impliziten und expliziten *Modelings* umgesetzt wurde, besser gefördert werden können (HARDY et al., 2006). Gleichzeitig hat sich hypothesennonkonform – jedoch anders als in der BiQua-Studie – gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler mit günstigen Lernvoraussetzungen bzgl. ihres Vorwissens und ihres Leseverständnisses ebenfalls stärker von der Förderung mit implizitem und explizitem *Modeling* profitierten als von einem Unterricht, der diese Elemente nicht enthält und didaktisch an das Konzept des Offenen Experimentierens angelehnt ist. Eine mögliche Begründung dafür könnte sein, dass Kinder in der dritten Klasse, wenn sie es nicht gewohnt sind, in offeneren Lernformen zu arbeiten, mit der Offenheit überfordert sind. So gibt es Evidenzen dafür, dass direkte Instruktion offener Lernformen überlegen ist, weil dabei die Erkenntnisse über die kognitive Struktur von Menschen und die kognitive Belastung besser berücksichtigt werden (KIRSCHNER, SWELLER & CLARK, 2006). Hinzu kommt ein hoher Anspruch an die Lernenden im Bereich des Verständnisses der Variablenkontrolle. Somit könnte es im Rahmen der durchgeführten Intervention zu einer doppelten Anforderung gekommen sein – ein anspruchsvoller Lerninhalt und eine anspruchsvolle Lernform. Kritisch muss auch angemerkt werden, dass Ansätze zum Offenen Experimentieren meist langfristig angelegt sind (PESCHEL, 2008; KÖSTER, 2006). Dies könnte das Ergebnis der vorliegenden Studie beeinflusst haben, da nicht explizit Klassen ausgesucht wurden, die Erfahrungen im Bereich des Offenen Experimentierens haben. Folglich ist es nicht auszuschließen, dass die Lernenden innerhalb der Intervention zum ersten Mal mit dieser Form des Experimentierens konfrontiert waren. Das vorliegende Ergebnis zeigt, dass eine Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch eine kurzfristige Intervention (insgesamt fünf Unterrichtsstunden) mit implizitem und explizitem *Modeling* sowohl Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen als auch Lernende mit günstigen Lernvoraussetzungen zu unterstützen scheint – unabhängig von ihren Erfahrungen mit dem spezifischen unterrichtlichen Zugang.

Eine mögliche Erklärung für einen nicht feststellbaren Unterschied zwischen den Leistungen der Kinder der beiden Experimentalgruppen unter Berücksichtigung ihres Leseverständnisses kann die Erhebungsmethode des Interviews sein. Wie eine

Analyse der Korrelationen zeigt, gibt es einen stärkeren Zusammenhang zwischen dem Abschneiden im Paper-Pencil-Test und dem Leseverständnis ($r = 0.461$, $p < 0.01$) als zwischen dem Abschneiden im Interview und dem Leseverständnis ($r = 0.375$, $p < 0.01$). Dies kann als ein Indiz dafür gedeutet werden, dass das in dieser Studie durchgeführte Interview besser geeignet zu sein scheint, die Leistungen der Kinder unabhängig ihrer Einschränkungen durch ihre schriftsprachlichen Fähigkeiten zu erfassen, als der Paper-Pencil-Test³.

7.7 Auswirkungen des Fördersettings auf motivationale und selbstbezogene Schülermerkmale

Die untersuchten motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale beinhalten verschiedene Aspekte: (1) themenspezifisches Interesse, (2) themenspezifische Selbstwirksamkeit, (3) persönliches Interesse an Physik und (4) Fähigkeitsselbstkonzept bzgl. physikalischer Themen (BLUMBERG, 2008). Der Einsatz offener Lernformen geht einher mit einem Empfinden von Selbstbestimmung seitens der Lernenden. Genau diese empfundene Selbstbestimmung gilt als Voraussetzung für die Entwicklung von Interesse und Motivation im Bereich des Sachunterrichts (MARTSCHINKE & HARTINGER, 2015; WALDENMAIER et al., 2015). Allerdings kann die Offenheit auch zu einer Überforderung der Schülerinnen und Schüler führen, was sich wiederum negativ auf das Interesse und die Motivation auswirken kann. Ergebnisse der BiQua-Studie liefern Evidenzen dafür, dass stärker strukturierte Lernsettings gerade in anspruchsvollen Inhaltsbereichen bzgl. des Erreichens motivationaler und selbstbezogener Ziele offenen Unterrichtsformen teilweise überlegen sind (BLUMBERG, MÖLLER & HARDY, 2004; BLUMBERG et al., 2001).

Das in der vorliegenden Studie eingesetzte *Modeling* als eine *Scaffolding*maßnahme führte zwar zu einer stärkeren Lenkung des Unterrichts durch die Lehrperson, gab aber gleichzeitig den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, selbst weiterzudenken, eigenständig zu experimentieren und die Experimentiermethode produktiv zu hinterfragen. Zudem sind beide Lernumgebungen konstruktivistisch orientiert und enthalten einen hohen Anteil des aktiven Lernens. Aus den genannten Gründen wurde erwartet, dass die Lernzufriedenheit der Schülerinnen und Schüler beider Ex-

³Selbstverständlich wären an dieser Stelle noch weitere Analysen zu differenziellen Effekten des Fördersettings auf einzelne Schülergruppen sinnvoll und denkbar. So könnten z. B. der Indikator des heimischen Buchbestandes, der häufig als einfache Möglichkeit zur Einschätzung des Sozialstatus' der Familien herangezogen wird (SCHWIPPert, BOS & LANKES, 2003), die vorliegenden Informationen zum Migrationshintergrund oder zur Verwendung der deutschen Sprache im Alltag als wichtige und bildungsrelevante Merkmale (WALTER & TASKINEN, 2008) für weitere Analysen herangezogen werden.

perimentalgruppen (EG I MIT M und EG II OHNE M) bzgl. der motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale gleichermaßen ausgeprägt ist.

Auf deskriptiver Ebene zeigte sich, anders als erwartet, in allen angesprochenen Facetten eine Überlegenheit der EG I MIT M. Eine signifikante Überlegenheit der EG I MIT M zeigte sich bei den Skalen zum themenspezifischen Interesse und zum Interesse an Physik. Dies weist darauf hin, dass die Kinder im Unterricht mit implizitem und explizitem *Modeling* stärker darin unterstützt zu werden scheinen, dass sie ein größeres Interesse entwickeln, sich auch außerhalb des Unterrichts mit dem Thema „Magnetismus“ zu beschäftigen, und ihre Fähigkeiten in diesem Bereich selbst positiver wahrnehmen, sich also selbst mehr zutrauen.

Die vorliegenden Befunde zum Interesse und zur Motivation könnten, wie erwähnt, damit zusammenhängen, dass die Schülerinnen und Schüler durch die stärkere Unterstützung seitens der Lehrperson in der EG I MIT M besser in der Lage waren, die komplexe Aufgabe, ein eigenes faires Experiment zu entwickeln, zu lösen. So sind die von den Kindern in der EG I MIT M entwickelten Experimente den Experimenten der Schülerinnen und Schüler der EG II OHNE M überlegen. Gleichzeitig gilt das Experimentieren als eine Möglichkeit zur Förderung von Interesse und Motivation (RIESS & ROBIN, 2012).

Beide Aspekte zusammengefasst legen die Vermutung nahe, dass das Experimentieren im Unterricht geeignet ist, das Interesse und die Motivation bei den Lernenden zu fördern, allerdings nur, wenn sie angemessen beim Experimentieren unterstützt werden. Zu einer angemessenen Unterstützung gehören im Sinne des *Scaffoldings* drei wesentliche Merkmale: *Contingency*, *Fading* und *Transfer of Responsibility* (VAN DE POL, VOLMAN & BEISHUIZEN, 2010, s. Kapitel 2.4.3.1 ab S. 39). Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden diese drei Merkmale berücksichtigt und mit dem impliziten und expliziten *Modeling* als eine spezifische *Scaffolding*maßnahme umgesetzt. In der EG II OHNE M hingegen wurde die Unterstützung früher zurückgenommen, als in der EG I MIT M. Dadurch wurde den Lernenden die Verantwortung für die Lösung der Aufgabe, ein faires Experiment zu entwickeln, früher übergeben (*Transfer of Responsibility*). Die Experimentalgruppen unterschieden sich primär vor dem Hintergrund der eingesetzten *Scaffolding*maßnahme und somit im Grad der Lernunterstützung (s. Kapitel 5.8 ab S. 153). Dass bei der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle die stärkere Lernunterstützung in der EG I MIT M zu einer signifikanten Überlegenheit bzgl. des themenspezifischen Interesses und des Interesses an Physik führte, bietet Anlass zu der Annahme, dass die Möglichkeit zur längeren handelnden Auseinandersetzung mit einem eigenen Experiment im Unter-

richt von nachrangiger Bedeutung ist, sofern die Lernunterstützung im Bereich des Experimentierens angemessen ist. Es fehlen allerdings Vergleichswerte bzgl. der motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale. So wurden diese nur direkt nach dem und bezogen auf den durchgeführten Unterricht erfasst, sodass die Annahme weiterer Erforschung bedarf.

Erwartungsgemäß zeigte sich in der Skala zur themenspezifischen Selbstwirksamkeit kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Experimentalgruppen⁴. Die Ergebnisse könnten damit zusammenhängen, dass beide Unterrichtsarten als konstruktivistisch-orientiert angesehen werden können, den Schülerinnen und Schülern somit eine aktive Wissenskonstruktion ermöglichen (s. Kapitel 2.4.2 ab S. 33) und sie dadurch in beiden Experimentalgruppen die Möglichkeit haben, sich in dem im Unterricht behandelten Thema als selbstwirksam zu erleben. Eine weitere Evidenz für diesen Zusammenhang liefert das Ergebnis, dass in beiden Experimentalgruppen das eigene Fähigkeitsselbstkonzept bzgl. physikalischer Themen und die themenspezifische Selbstwirksamkeit besonders positiv eingeschätzt wurden.

Entgegen der eingangs aufgestellten Vermutung zeigte sich der Unterricht mit implizitem und explizitem *Modeling* für alle Schülerinnen und Schüler sowohl beim themenspezifischen Interesse als auch beim Interesse an Physik mit Effektstärken im mittleren Bereich als überlegen. Die stärkere Unterstützung der Lernenden durch das *Modeling* scheint demnach in einem komplexen Inhaltsbereich notwendig zu sein, damit die Schülerinnen und Schüler Interesse entwickeln können und sich insgesamt motivierter und interessierter wahrnehmen. Dabei scheint das *Modeling* die Kinder nicht in ihrer Unterrichtsaktivität und ihrem Experimentieren einzuschränken.

Bezüglich der multikriterialen Zielerreichung, wie sie beispielsweise im Rahmen einer naturwissenschaftlichen Grundbildung gefordert wird (s. Kapitel 2.1 ab S. 6), lässt sich anhand der Befunde festhalten, dass eine Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit implizitem und explizitem *Modeling* dazu geeignet zu sein scheint, kognitive, motivationale sowie selbstbezogene Zielsetzungen miteinander zu vereinbaren.

Nach einer zusammenfassenden Interpretation und Diskussion der Ergebnisse der vorliegenden Studie im Hinblick auf die aufgestellten Fragestellungen und Hypothesen werden nun die Limitationen und die Stärken der Studie aufgezeigt.

⁴Aufgrund der niedrigen Reliabilitätswerte wurden die Skalen zum situationalen Interesse (Cronbachs $\alpha = 0.690$) und zur empfundenen Kompetenz (Cronbachs $\alpha = 0.580$) nicht als Einzelskalen betrachtet (s. Kapitel 6.4.1 ab S. 174).

7.8 Limitationen und Stärken der vorliegenden Studie

Als eine der wesentlich einschränkenden Grenze der vorliegenden Studie ist der nachgewiesene **Testwiederholungseffekt** zu nennen. Aufgrund dieses Effekts war mit Hilfe des Paper-Pencil-Tests keine eindeutige und interpretierbare Aussage über die tatsächlich stattgefundenen konzeptuellen Veränderungen im Verständnis der Variablenkontrolle durch die Intervention möglich. Auch die Baseline zeigte trotz keiner Förderung im Verständnis der Variablenkontrolle eine signifikante Verbesserung in der Performanz im Paper-Pencil-Test vom ersten zum zweiten MZP. Somit ließ sich der signifikante Lerneffekt in den beiden Experimentalgruppen nicht von einem Testwiederholungseffekt abgrenzen.

Ein weiterer kritisch anzumerkender Punkt ist die **Dauer der Intervention**. So hat sich zwar gezeigt, dass eine Verbesserung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch eine wissenschaftstheoretische Intervention in der Grundschule möglich ist (SODIAN et al., 2006; CHEN & KLAHR, 1999), und dass bereits kurze Interventionen eindeutige positive Effekte haben (GRYGIER, 2008), allerdings ist die in der vorliegenden Untersuchung durchgeführte Intervention mit einem Umfang von insgesamt fünf Schulstunden sehr kurz – und somit kürzer als die anderen bisher in Studien durchgeführten Interventionen. Somit stellt sich die Frage, ob eine längere Intervention evtl. zu einem höheren Lerneffekt geführt hätte, der über den bereits angesprochenen Testwiederholungseffekt hinausgeht, sodass sich folglich der Trainingseffekt gegen einen Testwiederholungseffekt absichern ließe.

Des Weiteren untersuchte die vorliegende Studie die Wirksamkeit einer Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch eine Intervention mit implizitem und explizitem *Modeling* (EG I MIT M) im Vergleich zu einem am Offenen Experimentieren orientierten Unterricht ohne implizites und explizites *Modeling* (EG II OHNE M) nicht in einer Situation innerhalb einer gesamten Klasse, sondern in Halbklassen. So wurde die Intervention in **Gruppengrößen** durchgeführt, die von der Anzahl der Kinder her nicht der Realsituation in der Schule entsprechen. Eine Übertragung der Ergebnisse auf einen Unterricht, der in gesamten Klassen stattfindet, ist somit nicht ohne Einschränkungen möglich. Daher sollte in einem nächsten Schritt die Intervention in Gesamtklassen durchgeführt werden, um auf diese Weise überprüfen zu können, ob die Gruppengröße während der Förderung einen Einfluss auf das Verständnis der Variablenkontrolle hat.

Mit dieser Limitation einher geht eine Stärke der vorliegenden Untersuchung. Gerade im Kontext von Schulstudien kommt es häufig zu Stichprobenproblemen, die mit

der „Frage nach der inneren Schlüssigkeit des Experiments und [...] der Frage nach der Generalisierbarkeit der Ergebnisse“ (KLAUER, 2005, S. 99) einhergeht. Aufgrund der **parallelisierten Halbklassen**, die jeweils die EG I MIT M und EG II OHNE M bildeten, war es möglich, die beiden Experimentalgruppen miteinander zu vergleichen⁵.

Die **Parallelisierung der Experimentalgruppen** sowie das **Design der Studie** ermöglichen eine aussagekräftige Untersuchung der Wirksamkeit einer Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle. Zwar hat sich in anderen Studien gezeigt, dass ein *Conceptual Change*-fördernder Unterricht eine effektive Möglichkeit zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der dritten Klasse ist (s. Kapitel 3.2 ab S. 57), jedoch konnte bis jetzt noch nicht geklärt werden, auf welche einzelnen Merkmale des Unterrichts diese Effekte zurückgeführt werden können. Die vorliegende Untersuchung fokussierte deshalb auf eine spezielle Unterstützungsmaßnahme im Sinne des *Scaffoldings* und variierte diese systematisch (EG I MIT M und EG II OHNE M) in den beiden Experimentalgruppen. Dabei stand das *Modeling* im Fokus, da ihm zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle eine Funktion zuzukommen scheint (KLAHR & NIGAM, 2004). Damit wird die vorliegende Studie der von LOHRMANN formulierten Forderung gerecht, dass „insbesondere quasi-experimentelle Studien [erforderlich sind], die Auskunft über die Wirksamkeit einzelner instruktionaler Maßnahmen auf die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler geben und damit Empfehlungen sowohl für die Unterrichtspraxis als auch für die Lehreraus- und Lehrerfortbildung erlauben.“ (2015, S. 412)

Die vermutlich größte Stärke der im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Untersuchung ist die Kombination verschiedener Erhebungsmethoden im Sinne einer **Methodentriangulation**. So weisen BLANCHARD et al. (2010) darauf hin, dass gerade bei der Untersuchung der Wirksamkeit verschiedener Lernsettings Studien dann besonders aufschlussreich sind, wenn sie im Sinne des Mixed-Methods-Ansatzes angelegt und durchgeführt werden. Dabei sollte eine Kombination qualitativer und quantitativer Methoden im Sinne einer Methodentriangulation miteinander kombiniert werden. Deshalb wurden zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle insgesamt drei Verfahren eingesetzt: ein Paper-Pencil-Test, schriftliche Transferaufgaben und ein Interview. Dadurch ist es möglich, ein umfassendes Bild des Verständnisses der Variablenkontrolle und dessen Entwicklung durch die Interventi-

⁵Es gibt auch andere Methoden, um das Stichprobenproblem zu umgehen. Allerdings sind diese häufig mit einer extremen Erhöhung der Stichprobe verbunden. Alternativ kann die Klassenzugehörigkeit, z. B. im Rahmen von Mehrebenenanalysen, bei der Auswertung der Daten berücksichtigt und somit kontrolliert werden.

on zu erhalten und die Wirksamkeit der Förderung gegenüber anderen Maßnahmen beurteilen und deren Nachhaltigkeit prüfen zu können (KÖLLER, 2009). Im Kontext der vorliegenden Studie mit dem beim mehrfachen Einsatz des Paper-Pencil-Tests aufgetretenen Testwiederholungseffekt ist es aufgrund der systematischen Vielfalt an Methoden dennoch möglich, Aussagen bzgl. der Wirksamkeit der Förderung zu treffen. Denn in der vorliegenden Studie wurde auf diese Weise ein untersuchter Gegenstand – das Verständnis der Variablenkontrolle – unter Einnahme verschiedener Perspektiven untersucht – und diese Perspektiven miteinander in Zusammenhang gebracht und miteinander verknüpft (FLICK, 2011).

7.9 Implikationen der vorliegenden Studie

Auf Basis der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit können Implikationen auf zwei Ebenen abgeleitet werden – zum einen bzgl. weiterer Forschungsvorhaben zum Verständnis der Variablenkontrolle (s. Kapitel 7.9.1 ab S. 225) und zum anderen im Hinblick auf naturwissenschaftlichen Sachunterricht zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle (s. Kapitel 7.9.2 ab S. 227).

7.9.1 Implikationen bzgl. der Erforschung des Verständnisses der Variablenkontrolle in der Grundschule

Der in der quasi-experimentellen Interventionsstudie im Prä-Post-Follow-up-Design eingesetzte Paper-Pencil-Test zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle weist einen Testwiederholungseffekt auf, der sich nicht von einem Lerneffekt abgrenzen lässt. Die Erforschung von Lernprozessen im Sinne eines *Conceptual Change* erfordert einen Vergleich der Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler vor und nach dem jeweiligen Unterricht. Eine Vergleichbarkeit der Vorstellungen ist allerdings nur gegeben, wenn die Vorstellungen in gleicher Weise erfasst werden. Dies wurde im Rahmen der vorliegenden Studie dadurch umgesetzt, dass die Schülerinnen und Schüler zum ersten, zweiten und dritten MZP den gleichen Paper-Pencil-Test ausgefüllt haben. Die Ergebnisse der Baseline, die keine Intervention erhielt, zeigen, dass allein das mehrmalige Ausfüllen des Paper-Pencil-Tests bereits zu einem signifikant besseren Abschneiden in diesem Test führt. Gleichzeitig ergeben sich dadurch zwei wichtige Aspekte für weitere Forschungen in diesem Bereich: Zum einen bedeutet das, dass bei weiteren Forschungsvorhaben in einem Prä-Post-Follow-up-Design diese Testwiederholungseffekte mit Hilfe von Baselines zu kontrollieren bzw.

zu prüfen sind⁶. Zum anderen weisen die Ergebnisse darauf hin, dass es notwendig zu sein scheint, strukturell gleiche, aber inhaltlich verschiedene Aufgaben für die unterschiedlichen MZP zu verwenden. Dabei muss allerdings, z. B. mit Hilfe der Item-Response-Theorie, sichergestellt werden, dass die Aufgaben in all ihren Merkmalen vergleichbar sind. Nur so sind Aussagen über konzeptuelle Veränderungen bei Schülerinnen und Schülern möglich.

Zudem hat sich in der vorliegenden Studie die Kombination qualitativer und quantitativer Methoden als gewinnbringend erwiesen. So ist es durch die systematische Verknüpfung verschiedener Methoden im Sinne einer Triangulation möglich, einen Untersuchungsgegenstand, hier das Verständnis der Variablenkontrolle, aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten. In der vorliegenden Studie wurden diese Perspektiven im Sinne der Triangulation „gleichberechtigt und gleichermaßen konsequent behandelt und umgesetzt“ (FLICK, 2011, S. 12), was einen prinzipiellen Erkenntniszuwachs ermöglichte, da Erkenntnisse auf verschiedenen Ebenen gewonnen wurden, die zusammen weiter reichen, als es mit nur einem Zugang möglich gewesen wäre (FLICK, 2011). Dies scheint gerade bei der Untersuchung des Verständnisses der Variablenkontrolle in der Grundschule sinnvoll, da dieses Vorgehen eine umfassende und differenzierte Erhebung der Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler ermöglicht. Zwar deuten die Ergebnisse von POLLMEIER et al. (2011) darauf hin, dass schriftliche Testverfahren bereits in der Grundschule als valide zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle als Teil des wissenschaftlichen Denkens eingeschätzt werden können, allerdings unterliegen sie, wie die vorliegende Studie gezeigt hat, einigen Einschränkungen. So liefern die Ergebnisse der vorliegenden Studie Evidenz dafür, dass die Leistungen der Kinder im Paper-Pencil-Test stärker von den schriftsprachlichen Fähigkeiten abhängig sind, als die im Interview gezeigten Leistungen der Schülerinnen und Schüler, und das Ausfüllen des verwendeten Paper-Pencil-Tests eine Testintelligenz voraussetzen bzw. zu fördern scheint.

Gleichzeitig war es auf Basis der vorliegenden Interviews möglich, die Qualität der von den Schülerinnen und Schülern entwickelten Experimente differenziert zu erfassen, um so einen Eindruck davon zu gewinnen, wie die Experimente von Drittklässlerinnen und -klässlern gestaltet sind. Ein weiterer Grund für eine Methodentriangulation bei der Erforschung des Verständnisses der Variablenkontrolle in der Grundschule liegt darin, dass es sich beim Experimentieren um eine Handlungskompetenz handelt, deren umfängliche Erfassung nur durch konkrete Experimentieraufgaben möglich und sinnvoll zu sein scheint (KONSORTIUM HARMOS NATURWISSENSCHAFT-

⁶Das Vorliegen eines Testwiederholungseffekts gilt es gleichzeitig für bereits vorliegende Befunde in diesem Bereich kritisch zu prüfen.

TEN+, 2010; RAMSEIER, LABUDDE & ADAMINA, 2011).

7.9.2 Implikationen bzgl. der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle in der Grundschule

Basierend auf den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung scheint eine Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle bereits in der dritten Klasse möglich zu sein. Dabei ist eine Lernunterstützung durch implizites und explizites *Modeling* im Sinne des *Scaffoldings* im Vergleich zu einer Förderung, die diese Elemente nicht enthält und an das Konzept des Offenen Experimentierens angelehnt ist, besonders effektiv, um sowohl Kinder mit ungünstigen als auch mit günstigen Lernvoraussetzungen darin zu unterstützen, selbst eigene kontrollierte Experimente auf dem Niveau von Zwischenvorstellungen, also im Sinne kontrastiver Tests, zu entwickeln. Diese Förderung führt gleichzeitig dazu, dass die Schülerinnen und Schüler ihr themenspezifisches Interesse sowie ihr Interesse an Physik signifikant höher einschätzen als die Kinder der EG II OHNE M. Somit scheinen sich multikriteriale Ziele, wie sie im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung gefordert werden, durch eine Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit implizitem und explizitem *Modeling* erreichen zu lassen. Dabei bedarf es nicht eines langandauernden Strategietrainings. So kann prozessbezogenes (hier das Verständnis der Variablenkontrolle) mit inhaltsbezogenem Lernen (hier im Kontext Magnetismus) innerhalb einer kurzen Intervention in Verbindung gebracht werden.

Die Befunde der vorliegenden Studie zeigen außerdem, dass ein Plädoyer für mehr *Nature of Scientific Inquiry* als Teil einer naturwissenschaftlichen Grundbildung in der Grundschule keine übertriebene Wissenschaftsorientierung meint. Es geht nicht um das Einführen von schwierigen Fachbegriffen, das bloße Durchführen von Untersuchungen oder das Vorverlegen von Inhalten aus der Sekundarstufe in die Primarstufe, sondern darum, auch in diesem Bereich einen kumulativen Lernprozess zu ermöglichen, der sowohl an den Wissenschaften als auch an den Lernenden orientiert ist und an den bereits vorhandenen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler anknüpft, ohne sie dabei zu über- oder unterfordern. Dies scheint im Rahmen einer Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit implizitem und explizitem *Modeling* möglich zu sein.

8 Fazit und Ausblick

Eine naturwissenschaftliche Grundbildung im Sinne einer *Scientific Literacy* wird bereits im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule angestrebt (s. Kapitel 2.1 ab S. 6). Dabei geht es u. a. um den Einsatz und ein Verständnis naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen. Das Erlernen naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit fokussiert. So stand ein Verständnis der Variablenkontrolle als ein wesentliches Element beim Experimentieren im Zentrum der Betrachtung (s. Kapitel 2.2 ab S. 14). Der internationale Bildungsanspruch lässt sich auf die Inhalte und Ziele des frühen naturwissenschaftlichen Lernens im Sachunterricht übertragen (s. Kapitel 2.3 ab S. 28) und legitimiert eine Behandlung des Verständnisses der Variablenkontrolle in der Grundschule. Auf Basis des Angebots-Nutzungs-Modells zur Erforschung von Unterrichtsprozessen (s. Kapitel 2.4.1 ab S. 31) und unter der Annahme, dass naturwissenschaftliches Lernen als ein konzeptuelles, anwendungsfähiges und übertragbares Verständnis definiert werden kann, und folglich eine aktive Konstruktion von Wissen und eine Veränderung von Vorstellungen darstellt (s. Kapitel 2.4.2 ab S. 33), wurde die unterstützende Rolle der Lehrperson bei der Förderung von *Conceptual Change*-Prozessen in den Blick genommen (s. Kapitel 2.4.3 ab S. 38).

Fachdidaktische und entwicklungspsychologische Befunde zeigen, dass – anders als lange Zeit angenommen – bereits Grundschülerinnen und -schüler in der Lage sind, wesentliche Merkmale des Experimentierens zu verstehen und dass eine Förderung dieses Verständnisses durch geeignete Unterrichtszugänge möglich ist (s. Kapitel 3.1 ab S. 47). Zentrale Befunde aus der fachdidaktischen und entwicklungspsychologischen Forschung ließen vermuten, dass das Verständnis der Variablenkontrolle bereits in der dritten Klasse durch einen Unterricht mit *Modeling* (implizit und explizit) gefördert werden kann (s. Kapitel 3.2 ab S. 57).

Daher wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Wirksamkeit eines Lernsettings zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch eine Intervention mit implizitem und explizitem *Modeling* (EG I MIT M) im Vergleich zu einem am Offenen Experimentieren orientierten Unterricht ohne implizites und explizites *Modeling* (EG II OHNE M)

- (1) auf das eigenständige Bewerten und Entwickeln von Experimenten – unter Abgrenzung des Effekts von einem Testwiederholungseffekt – und auf Unterschiede bzgl. der Transferfähigkeit,
- (2) auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente und die Qualität bzgl. des erreichten Niveaus der entwickelten Experimente unter Berücksichtigung der individuellen Lernvoraussetzungen sowie
- (3) auf motivationale und selbstbezogene Schülermerkmale

geprüft. Dazu war es notwendig, einen validen gruppenfähigen Paper-Pencil-Test zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle zu entwickeln und zu pilotieren (s. Kapitel 5.3 ab S. 102).

Im Folgenden werden die zentralen Ergebnisse (s. Kapitel 6.5 ab S. 181 und Kapitel 7 ab S. 209) der quasi-experimentellen Interventionsstudie im Prä-Post-Follow-up-Design (s. Kapitel 5 ab S. 97) hinsichtlich der drei oben genannten Bereiche zusammengefasst präsentiert, um die Arbeit mit einem Ausblick auf künftige Forschungen zu schließen.

Fokus 1: Auswirkungen auf das eigenständige Bewerten und Entwickeln von Experimenten unter Abgrenzung des Effekts von einem Testwiederholungseffekt und auf die Transferfähigkeit

Basierend auf den Ergebnissen des Paper-Pencil-Tests zeigte sich, dass beide Experimentalgruppen von der Intervention profitierten. So konnte eine positive Entwicklung vom ersten zum zweiten MZP ($p < 0.01$) und vom zweiten zum dritten MZP ($p > 0.05$) nachgewiesen werden. Gleichzeitig zeigte sich auf Basis der Analyse der Baseline-Daten, dass bei dem entwickelten Paper-Pencil-Test ein Testwiederholungseffekt vorliegt, weshalb sich die Auswertung der konzeptuellen Veränderungen hinsichtlich des Verständnisses der Variablenkontrolle mit Hilfe des Paper-Pencil-Tests als problematisch erwies und eine Überarbeitung des Tests erfordert.

Da die Ergebnisse der Testgüteprüfung Evidenzen dafür liefern, dass der Test grundsätzlich geeignet ist, das Verständnis der Variablenkontrolle zu erfassen, scheint ein Aufgabenpool zur Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle zur Verfügung zu stehen, der mit Hilfe weiterer Optimierungen und Analysen nach der Item-Response-Theorie zu einem geeigneten Testformat für folgende Untersuchungen in diesem Bereich verwendet werden könnte.

Die Analyse der vorliegenden Daten in Bezug auf die Transferfähigkeit ergab sowohl für die EG II OHNE M ($t(64) = 2.280$, $p < 0.05$, $d = 0.28$) als auch für die BL ($t(75)$

= 2.092, $p < 0.05$, $d = 0.24$) einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden MZP (post und follow-up), welcher sich in einer Verschlechterung der Performanz der Schülerinnen und Schüler beim dritten MZP zeigte. Die Leistungen der EG I MIT M blieben konstant. Es kann davon ausgegangen werden, dass das Wissen, das die EG I MIT M zum Verständnis der Variablenkontrolle bei der Bearbeitung der Transferaufgaben zeigte, besser integriert ist als in den anderen beiden Gruppen, und sich nach einem Zeitraum von sechs Wochen noch eine signifikante Überlegenheit des Unterrichts mit implizitem und explizitem *Modeling* im Vergleich zu dem Unterricht ohne diese *Scaffolding*maßnahmen zeigte.

Fokus 2: Einfluss des Fördersettings auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente unter Berücksichtigung der individuellen Lernvoraussetzungen und auf die Qualität bzgl. des erreichten Niveaus der entwickelten Experimente

In Bezug auf die Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente waren die Schülerinnen und Schüler der EG I MIT M den Kindern der EG II OHNE M signifikant überlegen ($t(149) = 2.628$, $p < 0.05$, $d = 0.441$). Eine Förderung durch implizites und explizites *Modeling* scheint dazu beizutragen, dass die Schülerinnen und Schüler in der EG I MIT M in der Lage sind, Experimente auf dem Niveau der Zwischenvorstellungen (kontrastive Tests) zu entwickeln, wohingegen die Experimente der Lernenden der EG II OHNE M eher dem Niveau der naiven Vorstellungen zuzuordnen sind und somit noch einem unsystematischen Umgang mit Variablen entsprechen ($t(140) = 2.142$, $p < 0.05$, $d = 0.360$). Dies kann auch als Evidenz dafür gesehen werden, dass die bei Schülerinnen und Schülern in der Grundschule im Bereich des Verständnisses der Variablenkontrolle auftretenden Defizite, wie auch andere Forschungen zeigen, nicht auf entwicklungspsychologischen Einschränkungen beruhen, sondern darauf, dass sich ein Verständnis der experimentellen Methode entwickelt und die Schülerinnen und Schüler dabei unterstützt werden müssen.

Durchgeführte Analysen von Schülerinnen und Schülern mit unterdurchschnittlichen Leistungen im Bereich der Intelligenz, der Inhibitions- und Problemlösefähigkeit verdeutlichten, dass diese Kinder von einer Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch implizites und explizites *Modeling* stärker profitieren als die Kinder mit vergleichbaren Lernvoraussetzungen, die nicht durch implizites und explizites *Modeling* gefördert werden. Gleichzeitig zeigte sich, dass Kinder mit günstigen Lernvoraussetzungen im Vorwissen zum Verständnis der Variablenkontrolle und im Leseverständnis ebenfalls stärker von der Förderung mit implizitem und

explizitem *Modeling* profitieren als von einem Unterricht, der diese Elemente nicht enthält und didaktisch an das Konzept des Offenen Experimentierens angelehnt ist. Im Kontext sehr anspruchsvoller Themen, wie dem Verständnis der Variablenkontrolle, erweist sich ein höherer Anteil an Lernunterstützung im Sinne eines implizitem und explizitem *Modelings* für die Entwicklung, Durchführung und Bewertung von Experimenten – unabhängig von den individuellen Lernvoraussetzungen – förderlich.

Fokus 3: Auswirkungen auf motivationale und selbstbezogene Schülermerkmale

Rein deskriptiv betrachtet waren die Lernenden der EG I MIT M den Lernenden der EG II OHNE M bzgl. ihrer motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale überlegen. Signifikant war diese Überlegenheit der EG I MIT M bei den Skalen zum themenspezifischen Interesse ($t(142) = 2.372, p < 0.05, d = 0.396$) und zum Interesse an Physik ($t(142) = 2.095, p < 0.05, d = 0.349$). Somit liegt die Vermutung nahe, dass das Experimentieren im Unterricht geeignet ist, das Interesse und die Motivation bei den Lernenden dann zu fördern, wenn sie angemessen – also z. B. durch implizites und explizites *Modeling* – beim Experimentieren unterstützt werden. Die stärkere Unterstützung der Lernenden durch das *Modeling* in einem komplexen Inhaltsbereich scheint notwendig zu sein und verdeutlicht gleichzeitig, dass einer multikriterialen Zielerreichung durch eine Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit implizitem und explizitem *Modeling* gerecht werden kann.

Fazit

Eine Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle durch implizites und explizites *Modeling* wirkte sich folglich sowohl positiv auf die Transferfähigkeit, die Entwicklung, Durchführung und Bewertung eigener Experimente als auch auf die motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale aus. So machte sich die stärkere Lernunterstützung durch das *Modeling* insbesondere beim Entwickeln eigener Experimente bemerkbar. Die Qualität der Experimente unterschied sich dahingehend, dass die Experimente der EG II OHNE M eher einen unsystematischen Umgang mit Variablen verdeutlichten, wohingegen die Experimente der EG I MIT M dem Niveau der Zwischenvorstellungen zugeordnet werden konnten, es sich folglich um kontrastive Tests handelte.

Bei der in der Studie eingesetzten Intervention handelte es sich, wie z. B. auch bei GRYGIER (2008), nicht um ein Strategietraining, sondern um einen Unterricht zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im Kontext „Magnetismus“.

Dabei wird das Verständnis der Variablenkontrolle als eine domänenübergreifende prozessbezogene Kompetenz verstanden, die in der vorliegenden Arbeit mit inhaltsbezogenem Lernen zum Magnetismus kombiniert wurde. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass es im Sachunterricht folglich durchaus möglich ist, das inhaltliche mit dem prozeduralen Lernen sinnvoll zu verknüpfen und dabei eine Balance zwischen Wissenschafts- und Kindorientierung zu erreichen.

Ausblick

Auf Basis der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit können folgende Perspektiven für künftige Forschungsvorhaben abgeleitet werden:

Die Analyse der Leistungen der Schülerinnen und Schüler beim Entwickeln, Durchführen und Bewerten eigener Experimente unter Berücksichtigung individueller Lernvoraussetzungen fand im Rahmen dieser Arbeit über eine Bildung von Subgruppen basierend auf den zuvor erfassten Kontrollvariablen statt. Befunde von PISA 2000 zeigen den starken Zusammenhang zwischen der sozialen Herkunft und den Kompetenzen von Jugendlichen (EHMKE & BAUMERT, 2008). So können weitere Auswertungen im Hinblick auf die individuellen Lernvoraussetzungen, z. B. den sozioökonomischen Status betreffend, interessante und unterrichtsrelevante Ergebnisse liefern.

Das Interview bezog sich nur auf die von den Schülerinnen und Schülern entwickelten Experimente. Um das Interview als Instrument in künftigen Studien einsetzen zu können, wäre zu überlegen, das Interview so zu adaptieren, dass es auch ohne von den Schülerinnen und Schülern entwickelte Experimente durchgeführt werden kann. Dabei wäre es von Interesse, wie die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern auf der Handlungsebene zum Experimentieren ausfallen, die keine Intervention erhalten haben, im Vergleich zu den in dieser Studie untersuchten Kindern. Dadurch könnten die hier präsentierten Ergebnisse zu den Unterschieden zwischen den beiden Experimentalgruppen ggf. weiter bekräftigt werden.

Des Weiteren basieren die Analysen des Interviews in der vorliegenden Studie zwar auf der insgesamt im Interview gezeigten Leistung der Schülerinnen und Schüler, allerdings wurden bei der weiteren Auswertung einzelne Fragen des Interviews fokussiert. Dabei lag der Schwerpunkt auf den Fragen zur Entwicklung, Durchführung und Bewertung der eigenen Experimente. Andere Fragen, z. B. zur Schlussfolgerungsfähigkeit (Frage 5 des Interviews: Was hast du mit deinem Experiment herausgefunden?), wurden noch nicht genauer untersucht. Insofern kann die Analyse weiterer Interviewfragen vielversprechend sein, um einen qualitativen Zugang zu

anderen zum Experimentieren gehörenden Kompetenzen zu erhalten. Gleiches gilt für weiteres Datenmaterial, wie z. B. der vorliegenden Videos der Intervention, zur genaueren Analyse des Lehr-Lernprozesses.

Eine letzte für die Gestaltung naturwissenschaftlicher Lernumgebungen zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle relevante Forschungsidee basiert auf den während der Intervention gemachten Beobachtungen und ist sowohl für die weitere Unterrichtsforschung in diesem Bereich als auch für die Unterrichtspraxis relevant. So hat sich während des Unterrichts in der EG II OHNE M Folgendes gezeigt: Die Explorationsphase war ein wesentliches Element und ermöglichte den Schülerinnen und Schülern einen ersten handelnden Umgang mit den zur Verfügung stehenden Materialien. Dabei zeigte sich, dass die Kinder viele Ideen ausprobierten und dabei feststellten, dass die ausgewählten Materialien für sie nicht geeignet sind, ein faires Experiment zu entwickeln. Diese Phase fehlte in der EG I MIT M und führte in dieser Gruppe dazu, dass die Schülerinnen und Schüler beim Entwickeln ihrer Experimente die Materialien aufgrund der Zeit nicht mehr austauschen konnten und damit weiter experimentierten, obwohl sie sie als nicht geeignet für ihr Experiment empfunden haben¹. Hierzu passt auch die im Interview gezeigte partielle Überlegenheit auf deskriptiver Ebene der EG II OHNE M gegenüber der EG I MIT M bzgl. der Entwicklung bzw. Planung des eigenen Experiments. Aus diesem Grund, wäre es eine Überlegung, den Unterricht in der EG I MIT M dahingehend zu optimieren, dass eine Phase der Exploration stattfindet. Die Wirksamkeit dieser Phase könnte im Rahmen weiterer Forschungen genauer untersucht werden. Gleichzeitig zeigt die vorliegende Studie, wie es möglich ist, Ergebnisse aus der empirischen Lehr-Lernforschung in die Unterrichtspraxis zu transferieren und dadurch die „Kluft zwischen theoretischem Wissen und der Schulpraxis“ (LABUDDE & MÖLLER, 2012, S. 31) zu überwinden und einen Nutzen aus der Forschung für die Praxis zu ziehen.

¹Der Unterricht in der EG II OHNE M ist so konzipiert, dass die Lernenden bereits in der Explorationsphase mit allen Materialien arbeiten können. Die Schülerinnen und Schüler der EG I MIT M hingegen, erhalten in dieser Phase das implizite *Modeling* und arbeiten noch nicht mit allen Materialien.

Literaturverzeichnis

- AAAS (1990). *Science for All Americans. Project 2061*. New York: Oxford University Press.
- ABD-EL-KHALICK, F. (2006). Over and Over Again: College Students' View of Nature of Science. In: *Scientific Inquiry and Nature of Science. Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education*. Herausgegeben von L. B. FLICK & N. G. LEDERMAN. Dordrecht: Springer, S. 389–425.
- ABD-EL-KHALICK, F. & LEDERMAN, N. G. (2000). Improving Science Teachers' Conceptions of Nature of Science: a Critical Review of the Literature. *International Journal of Science Education*, 22.7, 665–701.
- BACKHAUS, K., ERICHSON, B. & WEIBER, R. (2011). *Fortgeschrittene Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. Berlin und Heidelberg: Springer.
- BARZEL, B., REINHOFER, B. & SCHRENK, M. (2012). Das Experimentieren im Unterricht. In: *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten*. Herausgegeben von W. RIESS, M. WIRTZ, B. BARZEL & A. SCHULZ. Münster: Waxmann, S. 103–127.
- BELL, R. L. (2008). *Teaching the Nature of Science through Process Skills. Activities for Grades 3-8*. Boston: Pearson Education.
- BLANCHARD, M. R., SOUTHERLAND, S. A., OSBORNE, J. W., SAMPSON, V. D., ANNETTA, L. A. & GRANGER, E. M. (2010). Is Inquiry Possible in Light of Accountability?: A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction. *Science Education*, 94.4, 577–616.
- BLISS, J. (1996). Piaget und Vygotsky: Ihre Bedeutung für das Lehren und Lernen der Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 2.3, 3–16.
- BLUMBERG, E., MÖLLER, K. & HARDY, I. (2004). Erreichen motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen in einem schülerorientierten naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht – Bestehen Unterschiede in Abhängigkeit von der Leistungsstärke? In: *Heterogenität. Eine Herausforderung an die empirische Bildungs-*

- forschung. Herausgegeben von W. BOS, E.-M. LANKES, N. PLASSMEIER & K. SCHWIPPert. Münster: Waxmann, S. 41–55.
- BLUMBERG, E. (2008). „Multikriteriale Zielerreichung im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht der Grundschule – Eine Studie zum Einfluss von Strukturierung in schülerorientierten Lehr-Lernumgebungen auf das Erreichen kognitiver, motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen“. Dissertation. Münster: Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- BLUMBERG, E., JONEN, A., MÖLLER, K., HARDY, I. & STERN, E. (2001). Auswirkungen von Unterricht zum Thema ‚Schwimmen und Sinken‘ auf das Erlernen physikalischer Basiskonzepte und auf nicht-kognitive Zielsetzungen im Grundschulalter. In: Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik/Chemie in Dortmund, September 2001. Herausgegeben von R. BRECHEL. Zur Didaktik der Physik und Chemie L22. Alsbach/Bergstraße: Leuchtturm-Verlag, S. 71–73.
- BOHRMANN, M., TODOROVA, M. & MÖLLER, K. (2016). Welchen Einfluss hat der bereichsspezifische Aus- und Fortbildungshintergrund von Sachunterrichtslehrkräften auf die Bewertung und Entwicklung von Experimenten bei Grundschulkindern? In: Sachunterricht – zwischen Kompetenzorientierung, Persönlichkeitsentwicklung, Lebenswelt und Fachbezug. Herausgegeben von H. GIEST, T. GOLL & A. HARTINGER. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts 26. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 99–106.
- BRAUN, T. (2009). „Offene Experimente in der Lehramtsausbildung. Analyse physikalischer Phänomene für eine naturwissenschaftliche Experimentierweise“. Dissertation. Essen: Universität Duisburg-Essen.
- BROSIUS, F. (2014). SPSS 22 für Dummies. Weinheim: Wiley-VCH.
- BULLOCK, M. & SODIAN, B. (2003). Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens. In: Entwicklung, Lehren und Lernen. Zum Gedenken an Franz Emanuel Weinert. Herausgegeben von W. SCHNEIDER & M. KNOPF. Göttingen: Hogrefe, S. 75–91.
- BULLOCK, M., SODIAN, B. & KOERBER, S. (2009). Doing Experiments and Understanding Science. Development of Scientific Reasoning from Childhood to Adulthood. In: Human Development from Early Childhood to Early Adulthood: Findings from a 20 Year Longitudinal Study. Herausgegeben von W. SCHNEIDER & M. BULLOCK. New York: Psychology Press, S. 173–197.
- BULLOCK, M. & ZIEGLER, A. (1999). Scientific Reasoning: Developmental and Individual Differences. In: Individual Development From 3 to 12. Findings From the Munich Longitudinal Study. Herausgegeben von F. E. WEINERT & W. SCHNEIDER. Cambridge: Cambridge University Press, S. 38–54.

- BÄUMLER, G. (1985). Farbe-Wort-Interferenztest (FWIT) nach J. R. Stroop. Göttingen: Hogrefe.
- BYBEE, R. W. (1997). Toward an Understanding of Scientific Literacy. In: Scientific Literacy. Herausgegeben von W. GRÄBER & C. BOLTE. Band 154. IPN. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel, S. 37–68.
- BYBEE, R. W. (2002). Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In: Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung. Herausgegeben von W. GRÄBER, P. NENTWIG, T. KOBALLA & R. EVANS. Opladen: Leske + Budrich, S. 21–42.
- BYBEE, R. W. (2006). Scientific Inquiry and Science Teaching. In: Scientific Inquiry and Nature of Science. Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education. Herausgegeben von L. B. FLICK & N. G. LEDERMAN. Band 25. Science & Technology Education Library. Dordrecht: Springer, S. 1–14.
- CAREY, S. (1986). Cognitive Science and Science Education. *American Psychologist*, 41.10, 1123–1130.
- CAREY, S. (2000). Science Education as Conceptual Change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21.1, 13–19.
- CAREY, S. & EVANS, R. (1989). 'An experiment is when you try it and see if it works': a study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11.Special Issue, 514–529.
- CHEN, F. F. (2007). Sensitivity of Goodness of Fit Indexes to Lack of Measurement Invariance. *Structural Equation Modeling*, 14, 464–504.
- CHEN, Z. & KLAHR, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70.5, 1098–1120.
- CHRIST, O. & SCHLÜTER, E. (2012). Strukturgleichungsmodelle mit Mplus. Eine praktische Einführung. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.
- DEBOER, G. E. (2000). Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37.6, 582–601.
- DEBOER, G. E. (2006). Historical Perspectives on Inquiry Teaching in Schools. In: Scientific Inquiry and Nature of Science. Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education. Herausgegeben von L. B. FLICK & N. G. LEDERMAN. Band 25. Science & Technology Education Library. Dordrecht: Springer, S. 17–35.

- DEAN, D. J. & KUHN, D. (2006). Direct Instruction vs. Discovery: The Long View. *Science Education*, 91.3, 384–397.
- DITTON, H. (2009). Unterrichtsqualität. In: Handbuch Unterricht. Herausgegeben von K.-H. ARNOLD, U. SANDFUCHS & J. WIECHMANN. 2., aktualisierte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 177–183.
- DRIVER, R., LEACH, J., MILLAR, R. & SCOTT, P. (1996). Young People's Images of Science. Bristol: Open University Press.
- DUIT, R., HÄUSSLER, P. & PRENZEL, M. (2014). Schulleistungen im Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung. In: Leistungsmessungen in Schulen. Herausgegeben von F. E. WEINERT. 3., aktualisierte Auflage. Weinheim und Basel: Beltz, S. 169–185.
- DUNBAR, K. & KLAHR, D. (1988). Developmental Differences in Scientific Discovery Processes. In: Complex Information Processing: The Impact of Herbert A. Simon. Herausgegeben von D. KLAHR & K. KOTOVSKY. Hillsdale, NJ: Erlbaum, S. 109–143.
- EDELSBRUNNER, P. A., SCHALK, L., SCHUMACHER, R. & STERN, E. (2015). Pathways of Conceptual Change: Investigating the Influence of Experimentation Skills on Conceptual Knowledge Development in Early Science Education. In: Proceedings of the 37th Annual Conference of the Cognitive Science Society. Herausgegeben von D. C. NOELLE, R. DALE, A. S. WARLAUMONT, J. YOSHIMI, T. MATLOCK, C. D. JENNINGS & P. P. MAGLIO. Austin: Cognitive Science Society, S. 620–625.
- EHMKE, T. & BAUMERT, J. (2008). Soziale Disparitäten des Kompetenzerwerbs und der Bildungsbeteiligung in den Ländern: Vergleiche zwischen PISA 2000 und 2006. In: PISA 2006 in Deutschland. Die Kompetenzen der Jugendlichen im dritten Ländervergleich. Herausgegeben von M. PRENZEL, C. ARTELT, J. BAUMERT, W. BLUM, M. HAMMANN, E. KLIEME & R. PEKRUN. Münster: Waxmann, S. 319–342.
- EINSIEDLER, W. (2015). Methoden und Prinzipien des Sachunterrichts. In: Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Herausgegeben von J. KAHLERT, M. FÖLLINGALBERS, M. GÖTZ, A. HARTINGER, S. MILLER & S. WITTKOWSKA. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 383–393.
- EINSIEDLER, W. & HARDY, I. (2010). Kognitive Strukturierung im Unterricht: Einführung und Begriffsklärung. *Unterrichtswissenschaft*, 38.3, 194–209.
- ENDERS, C. K. (2010). Applied missing data analysis. New York: Guilford.
- ESHACH, H. (2006). Science Literacy in Primary Schools and Pre-Schools. Band 1. Classics in Science Education. Dordrecht: Springer.

- FENG, Y. (1996). Some thoughts about applying constructivist theories to guide instruction. *Computers in the schools*, 12, 71–84.
- FIELD, A. (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. Herausgegeben von M. CARMICHAEL. 4. Edition. London: SAGE Publications Limited.
- FISCHER, H.-J., GIEST, H. & MICHALIK, K. (2015). Editorial. In: *Bildung im und durch Sachunterricht*. Herausgegeben von H.-J. FISCHER, H. GIEST & K. MICHALIK. Band 25. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 11–14.
- FLICK, U. (2011). *Triangulation. Eine Einführung*. Herausgegeben von R. BOHN-SACK, U. FLICK, C. LÜDERS & J. REICHERTZ. 3., aktualisierte Auflage. Qualitative Sozialforschung. Praktiken – Methodologien – Anwendungsfelder 12. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- FRISCHKNECHT-TOBLER, U. & LABUDDE, P. (2010). Beobachten und Experimentieren. In: *Fachdidaktik Naturwissenschaft*. 1.–9. Schuljahr. Herausgegeben von P. LABUDDE. Bern: Haupt, S. 133–148.
- FURTAK, E. M. (2006). The Problem with Answers: An Exploration of Guided Scientific Inquiry Teaching. *Science Education*, 90.3, 453–467.
- GDSU (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- GEISER, C. (2011). *Datenanalyse mit Mplus. Eine anwendungsorientierte Einführung*. 2., durchgesehene Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- GELO, O., BRAAKMANN, D. & BENETKA, G. (2008). Quantitative and Qualitative Research: Beyond the Debate. *Integrative Psychological and Behavioral Science*, 42, 266–290.
- GERSTENMAIER, J. & MANDL, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41.6, 867–888.
- GIEST, H. (2009). *Zur Didaktik des Sachunterrichts. Aktuelle Probleme, Fragen und Antworten*. Potsdam: Universitätsverlag Potsdam.
- GIEST, H. (2015a). Kognitive Entwicklung. In: *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. Herausgegeben von J. KAHLERT, M. FÖLLING-ALBERS, M. GÖTZ, A. HARTINGER, S. MILLER & S. WITTKOWSKE. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 321–329.
- GIEST, H. (2015b). Methodisches Erschließen. In: *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. Herausgegeben von J. KAHLERT, M. FÖLLING-ALBERS, M. GÖTZ, A. HARTINGER, S. MILLER & S. WITTKOWSKE. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 97–101.

- GIEST, H. & WITTKOWSKE, S. (2008). Umgehen mit Natur und naturbezogenes Lernen im Sachunterricht – Lebende Natur. In: Naturbezogenes und naturwissenschaftliches Lernen im Sachunterricht. Herausgegeben von S. WITTKOWSKE & H. GIEST. Sachunterricht konkret. Bad Heilbrunn & Braunschweig: Julius Klinkhardt und Westermann, S. 7–32.
- GLUG, I. (2009). „Entwicklung und Validierung eines Multiple-Choice-Tests zur Erfassung prozessbezogener naturwissenschaftlicher Grundbildung“. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades. Kiel: Philosophische Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- GÜNTHER, J. (2006). Lehrerfortbildung über die Natur der Naturwissenschaften. Studien über das Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften. Herausgegeben von H. NIEDDERER, H. FISCHLER & E. SUMFLETH. Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos.
- GRAAF, J. van der, SEGERS, E. & VERHOEVEN, L. (2015). Scientific Reasoning Abilities in Kindergarten: Dynamic Assessment of the Control of Variables Strategy. *Instructional Science*, 43, 381–400.
- GREINSTETTER, R. (2007). „Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht in der Grundschule. Eine Empirische Studie zu konstruktivistisch orientiertem Lehren und Lernen“. Dissertation. Salzburg: Kultur- und Gesellschaftswissenschaftliche Fakultät der Universität Salzburg.
- GRYGIER, P. (2008). Wissenschaftsverständnis von Grundschulern im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- GRYGIER, P., GÜNTHER, J. & KIRCHER, E. (2007). Über Naturwissenschaften lernen. Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. Herausgegeben von P. GRYGIER, J. GÜNTHER & E. KIRCHER. 2. überarbeitete Auflage 1007. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- GRYGIER, P. & HARTINGER, A. (2009). Grundschulkinder als Forscher. Auf dem Weg zum naturwissenschaftlichen Experimentieren. *Grundschulmagazin*, 77.4, 43–48.
- GÖTZ, M., KAHLERT, J., FÖLLING-ALBERS, M., HARTINGER, A., REEKEN, D. von & WITTKOWSKE, S. (2015). Didaktik des Sachunterrichts als bildungswissenschaftliche Disziplin. In: Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Herausgegeben von J. KAHLERT, M. FÖLLING-ALBERS, M. GÖTZ, A. HARTINGER, S. MILLER & S. WITTKOWSKE. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 13–26.
- HAMMANN, M., PHAN, T. H., EHMER, M. & GRIMM, T. (2008). Assessing pupils' skills in experimentation. *Journal of Biological Education*, 42.2, 66–72.

- HAMMANN, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 57.4, 196–203.
- HAMMANN, M., PHAN, T. H. & BAYRHUBER, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, Sonderheft 8, 33–49.
- HAMMANN, M., PHAN, T. T. H., EHMER, M. & BAYRHUBER, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 59.5, 292–299.
- HARDY, I., JONEN, A., MÖLLER, K. & STERN, E. (2006). Effects of Instruction Support Within Constructivist Learning Environments for Elementary School Students' Understanding of 'Floating and Sinking'. *Journal of Educational Psychology*, 98.2, 307–326.
- HARDY, I., KLEICKMANN, T., KOERBER, S., MAYER, D., MÖLLER, K., POLLMEIER, J., SCHWIPPERT, K. & SODIAN, B. (2010). Die Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Grundschulalter. *Zeitschrift für Pädagogik*, 56.Beiheft, 115–125.
- HARTIG, J. & KLIEME, E. (2006). Kompetenz und Kompetenzdiagnostik. In: *Leistung und Leistungsdiagnostik*. Herausgegeben von K. SCHWEIZER. Heidelberg: Springer, S. 127–143.
- HARTINGER, A. (2003). Experimente und Versuche. In: *Handbuch Methoden im Sachunterricht*. Herausgegeben von D. von REEKEN. Band 3. Dimensionen des Sachunterrichts. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, S. 68–75.
- HARTINGER, A. & GIEST, H. (2015). Perspektivrahmen Sachunterricht. In: *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. Herausgegeben von J. KAHLERT, M. FÖLLINGALBERS, M. GÖTZ, A. HARTINGER, S. MILLER & S. WITTKOWSKA. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 257–263.
- HELFFERICH, C. (2011). Die Qualität qualitativer Daten: Manual für die Durchführung qualitativer Interviews. 4. Auflage. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- HELMKE, A. (2007). Unterrichtsqualität – erfassen, bewerten, verbessern. 5. Auflage. ifb-Reihe ‚Schulisches Qualitätsmanagement‘. Seelze: Kallmeyer.
- HELMKE, A. (2009). Unterrichtsforschung. In: *Handbuch Unterricht*. Herausgegeben von K.-H. ARNOLD, U. SANDFUCHS & J. WIECHMANN. 2., aktualisierte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 44–50.
- HELMKE, A., HOSENFELD, I., OPHOFF, J. G., HALT, A. C., HOCHWEBER, J., ISAAC, K., KOCH, U. & SCHERTHAN, F. (2006). VERA VERgleichsArbeiten in 4.

- Grundschulklassen. Ergebnisbericht VERA 2005: Nordrhein-Westfalen. Landau: Universität Koblenz-Landau, Campus Landau.
- HOF, S. (2011). Wissenschaftsmethodischer Kompetenzerwerb durch Forschendes Lernen: Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie. Kassel: Kassel University Press.
- HOFSTEIN, A. (2009). Learning in and from Science Laboratories. Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008. In: Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Herausgegeben von D. HÖTTECKE. Band 29. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Berlin: LIT, S. 13–21.
- HOGAN, K. & PRESSLEY, M. (1997). Scaffolding Scientific Competencies within Classroom Communities of Inquiry. In: Scaffolding Student Learning. Instructional Approaches und Issues. Herausgegeben von K. HOGAN & M. PRESSLEY. Cambridge: Brookline Books, S. 74–107.
- HÖTTECKE, D. (2001). Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen. Herausgegeben von H. NIEDDERER, H. FISCHLER & E. SUMFLETH. Band 16. Studien zum Physiklernen. Berlin: Logos.
- HUSSY, W., SCHREIER, M. & ECHTERHOFF, G. (2013). Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor. 2., überarbeitete Auflage. Berlin: Springer.
- JONEN, A., HARDY, I. & MÖLLER, K. (2003). Schwimmt ein Holzbrett mit Löchern? Erklärungen von Kindern zum Schwimmen und Sinken verschiedener Gegenstände vor und nach dem Unterricht. In: Kulturelle Vielfalt. Religiöses Lernen. Herausgegeben von A. SPECK-HAMDAN, H. BRÜGELMANN, M. FÖLLING-ALBERS & S. RICHTER. Jahrbuch Grundschule 4. Seelze: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung, S. 159–164.
- JONEN, A., MÖLLER, K. & HARDY, I. (2003). Lernen als Veränderung von Konzepten – am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In: Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Herausgegeben von D. CECIL & H.-J. SCHWIER. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 93–108.
- KAHLERT, J. (2009). Sachunterricht. In: Handbuch Unterricht. Herausgegeben von K.-H. ARNOLD, U. SANDFUCHS & J. WIECHMANN. 2., aktualisierte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 406–411.
- KAUERTZ, A., KLEICKMANN, T., EWERHARDY, A., FRICKE, K., LANGE, K., OHLE, A., POLLMEIER, K., TRÖBST, S., WALPER, L., FISCHER, H. & MÖLLER, K. (2011). Dokumentation der Erhebungsinstrumente im Projekt PLUS. deutsch.

- Uni Duisburg-Essen. http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-36697/Dokumentation_der_Erhebungsinstrumente_im_Projekt_PLUS_2013_final2.pdf (besucht am 12. 11. 2016).
- KÖHNLEIN, W. (1998). Martin Wagenschein, die Kinder und naturwissenschaftliches Denken. In: Der Vorrang des Verstehens. Beiträge zur Pädagogik Martin Wagenscheins. Herausgegeben von W. KÖHNLEIN. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 66–86.
- KÖHNLEIN, W. (2015). Aufgaben und Ziele des Sachunterrichts. In: Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Herausgegeben von J. KAHLERT, M. FÖLLING-ALBERS, M. GÖTZ, A. HARTINGER, S. MILLER & S. WITTKOWSKA. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 88–97.
- KIRCHER, E. & SODIAN, B. (2001). Wissenschaftsverständnis – schon in der Grundschule? *Bayerische Schule*, 10, 23–27.
- KIRCHNER, S. (2013). „Der Umgang mit Variablen bei offenen Experimentieraufgaben im Physikunterricht. Eine Beobachtungsstudie am Beispiel der Konstruktion von auftriebserzeugenden Profilen für ein Windradmodell“. Dissertation. Humboldt-Universität zu 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. *Educational Psychologist*, 41.2, 75–86.
- KLAHR, D. (2000). Exploring Science. The Cognition and Development of Discovery Processes. Cambridge: The MIT Press.
- KLAHR, D. & DUNBAR, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1–48.
- KLAHR, D. & NIGAM, M. (2004). The Equivalence of Learning Paths in Early Science Instruction. Effects of Direct Instruction and Discovery Learning. *American Psychological Society*, 15.10, 661–667.
- KLAHR, D., ZIMMERMAN, C. & JIROUT, J. (2011). Educational Interventions to Advance Children’s Scientific Thinking. *Science*, 333, 971–974.
- KLAUER, K. J. (2005). Das Experiment in der pädagogisch-psychologischen Forschung. Eine Einführung. Herausgegeben von D. H. ROST. Band 2. Standardwerke aus Psychologie und Pädagogik. Reprints. Münster: Waxmann.
- KLAUER, K. J. & LEUTNER, D. (2012). Grundlagen der Lehr-Lern-Forschung. In: Lehren und Lernen. Eine Einführung in die Instruktionspsychologie. 2., überarbeitete Auflage. Weinheim, Basel: Beltz, S. 14–22.

- KLIEME, E., FUNKE, J., LEUTNER, D., REIMANN, P. & WIRTH, J. (2001). Problemlösen als fächerübergreifende Kompetenz. Konzeption und erste Resultate aus einer Schulleistungsstudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 47, 179–200.
- KÖLLER, O. (2009). Quantitative Schulforschung. In: Handbuch Schule. Theorie – Organisation – Entwicklung. Herausgegeben von S. BLÖMEKE, T. BOHL, L. HAAK, G. LANG-WOJTASIK & W. SACHER. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 126–134.
- KÖLLER, O., BAUMERT, J. & BOS, W. (2014). Third International Mathematics and Science Study: Dritte internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. In: Leistungsmessungen in Schulen. Herausgegeben von F. E. WEINERT. Weinheim und Basel: Beltz, S. 269–284.
- KÜNSTING, J. (2007). „Effekte von Zielqualität und Zielspezifität auf selbstreguliert-entdeckendes Lernen durch Experimentieren“. Dissertation. Essen: Universität Duisburg-Essen.
- KOBARG, M., ALTMANN, U., WITTWER, J., SEIDEL, T. & PRENZEL, M. (2008). Naturwissenschaftlicher Unterricht im Ländervergleich. In: PISA 2006 in Deutschland. Die Kompetenzen der Jugendlichen im dritten Ländervergleich. Herausgegeben von M. PRENZEL, C. ARTELT, J. BAUMERT, W. BLUM, M. HAMMANN, E. KLIEME & R. PEKRUN. Münster: Waxmann. 7, S. 265–296.
- KOERBER, S. (2006). Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Vier- bis Achtjährigen. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 24.2, 192–201.
- KOERBER, S., SODIAN, B., KROPF, N., MAYER, D. & SCHWIPPERT, K. (2011). Die Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens im Grundschulalter. Theorieverständnis, Experimentierstrategien, Dateninterpretation. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 43.1, 1–6.
- KONSORTIUM HARMOS NATURWISSENSCHAFTEN+ (2010). Naturwissenschaften. Wissenschaftlicher Kurzbericht und Kompetenzmodell. SINUS an Grundschulen.
- KÖSTER, H. (2006). Freies Explorieren und Experimentieren – eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht. Herausgegeben von H. NIEDDERER, H. FISCHLER & E. SUMFLETH. Studien zum Physik- und Chemielernen 55. Berlin: Logos.
- KUHN, D. & FRANKLIN, S. (2006). The second decade. What develops (and how). In: Handbook of Child Psychology: Volume 2. Cognitive, perception and language. Herausgegeben von D. KUHN & R. S. SIEGLER. Hoboken, NJ: Wiley, S. 953–993.
- KWON, Y.-J. & LAWSON, A. E. (2000). Linking Brain Growth with the Development of Scientific Reasoning Ability and Conceptual Change during Adolescence. *Journal of Research in Science Teaching*, 37.1, 44–62.

- LABUDDE, P. & MÖLLER, K. (2012). Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15, 11–36.
- LABUDDE, P., DUIT, R., FICKERMANN, D., FISCHER, H., HARMS, U., MIKELSKIS, H., SCHECKER, H., SCHROETER, B., WELLENSIEK, A. & WEIGLHOFFER, H. (2009). Schwerpunkttagung „Kompetenzmodelle und Bildungsstandards: Aufgaben für die Naturwissenschaftsdidaktische Forschung“. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 343–370.
- LANGE, K. & EWERHARDY, A. (2014). Naturwissenschaftliches Lehren und Lernen. In: Sachunterricht – Didaktik für die Grundschule. Herausgegeben von A. HARTINGER & K. LANGE. Berlin: Corn. 2.1, S. 35–57.
- LÜDTKE, O., ROBITSCH, A., TRAUTWEIN, U. & KÖLLER, O. (2007). Umgang mit fehlenden Werten in der psychologischen Forschung. Probleme und Lösungen. *Psychologische Rundschau*, 58.2, 103–117.
- LEDERMAN, N. G. (2006). Foreword. Research on Nature of Science: Reflections on the Past, Anticipations of the Future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7.1, 1–11.
- LENHARD, W. & SCHNEIDER, W. (2006). ELFE 1–6. Ein Leseverständnistest für Erst- bis Sechstklässler. Göttingen: Hogrefe.
- LESCHINSKY, A. (2005). Vom Bildungsrat (nach) zu PISA. Eine zeitgeschichtliche Studie zur deutschen Bildungspolitik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 51.6, 818–839.
- LIENERT, G. A. & RAATZ, U. (1998). Testaufbau und Testanalyse. 6. Auflage. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- LOHRMANN, K. (2015). Instruktionsorientierter Sachunterricht. In: Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Herausgegeben von J. KAHLERT, M. FÖLLINGALBERS, M. GÖTZ, A. HARTINGER, S. MILLER & S. WITTKOWSKA. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 408–413.
- MARSCHNER, J., THILLMANN, H., WIRTH, J. & LEUTNER, D. (2012). Wie lässt sich die Experimentierstrategie-Nutzung fördern? Ein Vergleich verschieden gestalteter Prompts. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15, 77–93.
- MARTSCHINKE, S. & HARTINGER, A. (2015). Öffnung von Unterricht. In: Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Herausgegeben von J. KAHLERT, M. FÖLLINGALBERS, M. GÖTZ, A. HARTINGER, S. MILLER & S. WITTKOWSKA. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 413–418.
- MAYER, D. (2011). „Die Modellierung des wissenschaftlichen Denkens im Grundschulalter. Zusammenhänge zu kognitiven Fähigkeiten und motivationalen Orientierungen“. Dissertation. München: Ludwig-Maximilians-Universität München.

- MAYER, D., SODIAN, B., KOERBER, S. & SCHWIPPET, K. (2014). Scientific reasoning in elementary school children: Assessment and relations with cognitive abilities. *Learning and Instruction*, 29, 43–55.
- MAYRING, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12., überarbeitete Auflage. Weinheim und Basel: Beltz.
- METZGER, S. (2009). Design und spezielle Handlungsaspekte des Experimentier-tests. In: Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008. Herausgegeben von D. HÖTTECKE. Band 29. Berlin: LIT, S. 312–314.
- MIKELSKIS-SEIFERT, S. & WIEBEL, K. (2011). Anschlussfähige naturwissenschaftliche Kompetenzen erwerben durch Experimentieren. Herausgegeben von SINUS AN GRUNDSCHULEN. Handreichungen des Programms SINUS an Grundschulen. Kiel: IPN.
- MILLER, J. D. (1997). Civic Scientific Literacy in the United States: A Developmental Analysis from Middle-school through Adulthood. In: Scientific Literacy. Herausgegeben von W. GRÄBER & C. BOLTE. Band 154. IPN. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel, S. 121–142.
- MÖLLER, K. (2006). Naturwissenschaftliches Lernen – eine (neue) Herausforderung für den Sachunterricht? In: Grundschule in Entwicklung. Herausforderungen und Perspektiven für die Grundschule heute. Herausgegeben von P. HANKE. Münster: Waxmann, S. 107–127.
- MÖLLER, K. (2007a). Genetisches Lernen und Conceptual Change. In: Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Herausgegeben von J. KAHLERT. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 258–266.
- MÖLLER, K. (2007b). Naturwissenschaftlicher Sachunterricht. Kindern beim Erlernen von Naturwissenschaften helfen. *Grundschulmagazin*, 1, 8–10.
- MÖLLER, K. (2007c). 'Primary Science' – ein internationaler Überblick. In: Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Herausgegeben von D. HÖTTECKE. Gesellschaft für Didaktik des Chemie und Physik. Berlin: LIT Verlag, S. 98–121.
- MÖLLER, K. (2012). Konstruktion vs. Instruktion oder Konstruktion durch Instruktion? Konstruktionsfördernde Unterstützungsmaßnahmen im Sachunterricht. In: Lernen und Lehren im Sachunterricht. Zum Verhältnis von Konstruktion und Instruktion. Herausgegeben von H. GIEST, E. HERAN-DÖRR & C. ARCHIE. Kempten: Klinkhardt, S. 37–50.
- MÖLLER, K. (2015). Genetisches Lernen und Conceptual Change. In: Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Herausgegeben von J. KAHLERT, M. FÖLLING-

- ALBERS, M. GÖTZ, A. HARTINGER, S. MILLER & S. WITTKOWSKE. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 243–249.
- MÖLLER, K., HARDY, I. & LANGE, K. (2012). Moving Beyond Standards: How Can We Improve Elementary Science Learning? A German Perspective. In: Making it tangible. Learning outcomes in science education. Herausgegeben von S. BERNHOLT, K. NEUMANN & P. NENTWIG. Münster: Waxmann, S. 31–54.
- MÖLLER, K., KLEICKMANN, T. & SODIAN, B. (2011). Naturwissenschaftlich-technischer Lernbereich. In: Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik. Herausgegeben von W. EINSIEDLER, M. GÖTZ, A. HARTINGER, F. HEINZEL, J. KAHLERT & U. SANDFUCHS. Band 3. vollständig überarbeitete. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 509–517.
- MÖLLER, K., JONEN, A., HARDY, I. & STERN, E. (2002). Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45.Beiheft, 176–191.
- MÖLLER, K., BOHRMANN, M., HIRSCHMANN, A., WILKE, T. & WYSSEN, H.-P. (2013). Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Primarbereich. Herausgegeben von K. MÖLLER. Seelze: Friedrich Verlag.
- MOOSBRUGGER, H. & KELAVA, A. (2011). Qualitätsanforderungen an einen psychologischen Test (Testgütekriterien). In: Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. 2. Auflage. Springer, S. 8–26.
- NRC (2008a). Inquiry and the National Science Education Standards. A Guide for Teaching and Learning. 10. Auflage. Washington, D.C.: National Academy Press.
- NRC (2008b). National Science Education Standards. 13. Auflage. Washington, D.C.: National Academy Press.
- NRW QUA-LIS (2016). Sachunterricht LP. Kompetenzerwartungen. <http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-grundschule/sachunterricht/lehrplan-sachunterricht/kompetenzen/kompetenzen.html> (besucht am 12.11.2016).
- NIESSELER, A. (2015a). Den Sachen begegnen. In: Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Herausgegeben von J. KAHLERT, M. FÖLLING-ALBERS, M. GÖTZ, A. HARTINGER, S. MILLER & S. WITTKOWSKE. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 441–448.
- NIESSELER, A. (2015b). Reflektiertes Verstehen. In: Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Herausgegeben von J. KAHLERT, M. FÖLLING-ALBERS, M. GÖTZ, A. HARTINGER, S. MILLER & S. WITTKOWSKE. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 101–105.

- OECD (2006). Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006. OECD.
- OERTER, R. & MONTADA, L. (2008). Glossar. In: Entwicklungspsychologie. Herausgegeben von R. OERTER & L. MONTADA. 6., vollständig überarbeitete Auflage. Weinheim und Basel: Beltz, S. 957–976.
- PARENT, M. C. (2013). Handling Item-Level Missing Data: Simpler Is Just as Good. *The Counseling Psychologist*, 41.4, 568–600.
- PEA, R. D. (2004). The Social and Technological Dimensions of Scaffolding and Related Theoretical Concepts for Learning, Education, and Human Activity. *The Journal of the Learning Sciences*, 13.3, 423–451.
- PESCHEL, M. (2008). Grundsullabor für Offenes Experimentieren – Grundlegende Konzeption. In: Didaktik der Physik. Frühjahrstagung Berlin. Regensburg, Berlin: Lehmanns Media - LOB.de.
- PESCHEL, M. (2009). Der Begriff der Offenheit beim Offenen Experimentieren. In: Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008. Herausgegeben von D. HÖTTECKE. Band 29. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Berlin: LIT, S. 268–270.
- PIAGET, J. (1967). Psychologie der Intelligenz. Stuttgart: Klett-Cotta.
- POLLMEIER, J., HARDY, I., KOERBER, S. & MÖLLER, K. (2011). Lassen sich naturwissenschaftliche Lernstände im Grundschulalter mit schriftlichen Aufgaben valide erfassen? *Zeitschrift für Pädagogik*, 57.6, 834–853.
- POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. & GERTZOG, W. A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66.2, 211–227.
- PRENZEL, M. (2008a). Ergebnisse des Ländervergleichs bei PISA 2006 im Überblick. In: PISA 2006 in Deutschland. Die Kompetenzen der Jugendlichen im dritten Ländervergleich. Herausgegeben von M. PRENZEL, C. ARTELT, J. BAUMERT, W. BLUM, M. HAMMANN, E. KLIEME & R. PEKRUN. Münster: Waxmann, S. 15–30.
- PRENZEL, M. (2008b). Ergebnisse des Ländervergleichs bei PISA 2006 im Überblick. In: PISA 2006 in Deutschland. Die Kompetenzen der Jugendlichen im dritten Ländervergleich. Herausgegeben von M. PRENZEL, C. ARTELT, J. BAUMERT, W. BLUM, M. HAMMANN, E. KLIEME & R. PEKRUN. Münster: Waxmann, S. 15–30.
- PRENZEL, M., GEISER, H., LANGEHEINE, R. & LOBEMEIER, K. (2003). Das naturwissenschaftliche Verständnis am Ende der Grundschulzeit. In: Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. Herausgegeben von W. BOS, E.-M. LANKES, M. PRENZEL, K. SCHWIPPert, G. WALTHER & R. VALTIN. Münster: Waxmann, S. 143–187.

- PRIEMER, B. (2011). Was ist das Offene beim offenen Experimentieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 315–337.
- PUNTAMBEKAR, S. & HÜBSCHER, R. (2005). Tools for Scaffolding Students in a Complex Learning Environment: What Have We Gained and What Have We Missed? *Educational Psychologist*, 40.1, 1–12.
- RAMSEIER, E., LABUDDE, P. & ADAMINA, M. (2011). Validierung des Kompetenzmodells HarMoS Naturwissenschaften: Fazite und Defizite. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 7–33.
- REINHOLD, P. (1996). Offenes Experimentieren und Physiklernen. Band 149. IPN. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.
- REINMANN-ROTHMEIER, G. & MANDL, H. (2004). Problemorientiertes Lernen. In: Aktuelle theoretische Ansätze und empirische Befunde im Bereich der Lehr-Lern-Forschung – Schwerpunkt Erwachsenenbildung. München: Deutsches Institut für Erwachsenenbildung. 2.4, S. 26–29.
- RIESS, W. (2012). Ein (fachdidaktisches) Rahmenmodell zum Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten. Herausgegeben von W. RIESS, M. WIRTZ, B. BARZEL & A. SCHULZ. Münster: Waxmann, S. 153–164.
- RIESS, W. & ROBIN, N. (2012). Befunde aus der empirischen Forschung zum Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten. Herausgegeben von W. RIESS, M. WIRTZ, B. BARZEL & A. SCHULZ. Münster: Waxmann, S. 129–152.
- RÖNNEBECK, S., SCHÖPS, K., PRENZEL, M., MILDNER, D. & HOCHWEBER, J. (2010). Naturwissenschaftliche Kompetenz von PISA 2006 bis PISA 2009. In: PISA 2009. Bilanz nach einem Jahrzehnt. Herausgegeben von E. KLIEME, C. ARTELT, J. HARTIG, N. JUDE, O. KÖLLER, M. PRENZEL, W. SCHNEIDER & P. STANAT. Münster/New York/München/Berlin: Waxmann, S. 177–198.
- ROST, J. (2004). Lehrbuch Testtheorie – Testkonstruktion. 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Bern: Hans Huber.
- ROTH, H. (1968). Begabung und Lernen. Herausgegeben von DEUTSCHER BILDUNGSRAT. Gutachten und Studien der Bildungskommission 4. Stuttgart: Klett.
- SACHER, W. (2009). Lernstandsbeurteilung: Tests, Zensuren, Zeugnisse. In: Handbuch Unterricht. Herausgegeben von K.-H. ARNOLD, U. SANDFUCHS & J. WIECHMANN. 2., aktualisierte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 483–490.

- SCHAUBLE, L. (1996). The Development of Scientific Reasoning in Knowledge-Rich Contexts. *Developmental Psychology*, 32.1, 102–119.
- SHECKER, H. (2014). Überprüfung der Konsistenz von Itemgruppen mit Cronbachs Alpha. https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjsjOGu78jMAhUFvhQKHVYLCvQQFgguMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.springer.com%2Fcd%2Fcontent%2Fdocument%2Fcd_downloaddocument%2FCronbach%2BAlpha.pdf%3FSGWID%3D0-0-45-1426184-p175274210&usg=AFQjCNH0Iy0zI4J7v7lWaSy9uDbWw2BoJg&cad=rja (besucht am 12. 11. 2016).
- SCHIEPE-TISKA, A., SCHÖPS, K., RÖNNEBECK, S., KÖLLER, O. & PRENZEL, M. (2013). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2012: Ergebnisse und Herausforderungen. In: PISA 2012. Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland. Herausgegeben von M. PRENZEL, C. SÄLZER, E. KLIEME & O. KÖLLER. Münster: Waxmann, S. 189–215.
- SCHRADER, F.-W. (2009). Kognitive Voraussetzungen. In: Handbuch Unterricht. Herausgegeben von K.-H. ARNOLD, U. SANDFUCHS & J. WIECHMANN. 2., aktualisierte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 425–429.
- SCHRADER, F.-W. & HELMKE, A. (2008). Determinanten der Schulleistung. In: Lehrer-Schüler-Interaktion. Inhaltsfelder, Forschungsperspektiven und methodische Zugänge. Herausgegeben von M. K. W. SCHWEER. 2., vollständig überarbeitete Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 285–302.
- SCHWAB, S. & HELM, C. (2015). Überprüfung von Messinvarianz mittels CFA und DIF-Analysen. *Empirische Sonderpädagogik*, 3, 175–193.
- SCHWARTZ, R. S. & CRAWFORD, B. A. (2006). Authentic Scientific Inquiry as Context for Teaching Nature of Science. Identifying Critical Elements for Success. In: Scientific Inquiry and Nature of Science. Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education. Herausgegeben von L. B. FLICK & N. G. LEDERMAN. Dordrecht: Springer, S. 331–355.
- SCHWIPPERT, K. (2015). Wie viel Bildung steckt in groß angelegten Schulvergleichsuntersuchungen? In: Bildung im und durch Sachunterricht. Herausgegeben von H.-J. FISCHER, H. GIEST & K. MICHALIK. Band 25. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 39–50.
- SCHWIPPERT, K., BOS, W. & LANKES, E.-M. (2003). Heterogenität und Chancengleichheit am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. In: Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. Herausgegeben von W. BOS, E.-M. LANKES,

- M. PRENZEL, K. SCHWIPPERT, G. WALTHER & R. VALTIN. Münster: Waxmann, S. 265–302.
- SEDLMEIER, P. & RENKEWITZ, F. (2008). Forschungsmethoden und Statistik in der Psychologie. München: Pearson Studium.
- SEIFERTH, N. Y., THIENEL, R. & KIRCHER, T. (2007). Exekutive Funktionen. In: Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie. Herausgegeben von F. SCHNEIDER & G. R. FINK. Berlin: Springer, S. 265–277.
- SETTLAGE, J. & SOUTHERLAND, S. (2007). Teaching Science to Every Child. Using Culture as a Starting Point. New York: Routledge.
- SHERIN, B., REISER, B. J. & EDELSON, D. (2004). Scaffolding Analysis: Extending the Scaffolding Metaphor to Learning Artifacts. *The Journal of the Learning Sciences*, 13.3, 387–421.
- SODIAN, B. (2008). Entwicklung des Denkens. In: Entwicklungspsychologie. Herausgegeben von R. OERTER & L. MONTADA. 6., vollständig überarbeitete Auflage. Weinheim und Basel: Beltz, S. 436–479.
- SODIAN, B. (2012). Denken. In: Entwicklungspsychologie. Herausgegeben von W. SCHNEIDER & U. LINDENBERGER. 7., vollständig überarbeitete Auflage. Weinheim, Basel: Beltz, S. 385–411.
- SODIAN, B. & THOERMER, C. (2002). Naturwissenschaftliches Denken im Grundschulalter. Die Koordination von Theorie und Evidenz. In: Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht. Herausgegeben von K. SPRECKELSEN, K. MÖLLER & A. HARTINGER. Band 5. Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 105–117.
- SODIAN, B., THOERMER, C. & KOERBER, S. (2008). Das Kind als Wissenschaftler – schon im Vor- und Grundschulalter? In: Das wissbegierige Kind. Neue Perspektiven in der Früh- und Elementarpädagogik. Herausgegeben von L. FRIED. Weinheim und München: Juventa, S. 29–36.
- SODIAN, B., ZAITCHIK, D. & CAREY, S. (1991). Young Children's Differentiation of Hypothetical Beliefs from Evidence. *Child Development*, 62, 753–766.
- SODIAN, B., THOERMER, C., KIRCHER, E., GRYGIER, P. & GÜNTHER, J. (2002). Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45.Beiheft, 192–206.
- SODIAN, B., JONEN, A., THOERMER, C. & KIRCHER, E. (2006). Die Natur der Naturwissenschaften verstehen. Implementierung wissenschaftstheoretischen Unterrichts in der Grundschule. In: Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms. Herausgegeben von M. PRENZEL & L. ALLOLIO-NÄCKE. Münster: Waxmann, S. 147–160.

- SPRECKELSEN, K. (1971). Naturwissenschaftlicher Unterricht in der Grundschule. Stoffe und ihre Eigenschaften. Frankfurt am Main, Berlin, München: Diesterweg.
- STERN, E. & MÖLLER, K. (2004). Der Erwerb anschlussfähigen Wissens als Ziel des Grundschulunterrichts. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. PISA und die Konsequenzen für die erziehungswissenschaftliche Forschung*, 7.Beiheft 3, 25–36.
- STOLTENBERG, U., ASMUSSEN, S., GOLLY, N., HOLZ, V., KOSLER, T., OFFEN, S. & UZUN, B. (2013). Sachunterricht für das 21. Jahrhundert. Mit dem Konzept Bildung für eine nachhaltige Entwicklung arbeiten. In: Der Sachunterricht und seine Didaktik. Bestände prüfen und Perspektiven entwickeln. Herausgegeben von H.-J. FISCHER, H. GIEST & D. PECH. Band 23. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 99–119.
- STOLZ, A. & ERB, R. (2011). Die Auswirkungen verschiedener Experimentiersituationen auf Leistung, Motivation und Kompetenzerwartung der Schülerinnen und Schüler. In: Didaktik der Physik. Frühjahrstagung – Münster 2011.
- SUMFLETH, E., WIRTH, J. & THILLMANN, H. (2013). Selbstreguliertes Experimentieren. In: nwu-essen 10 Jahre Essener Forschung zum naturwissenschaftlichen Unterricht. Herausgegeben von H. NIEDDERER, H. FISCHLER & E. SUMFLETH. Band 100. Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos, S. 163–207.
- TESCH, M. (2005). Das Experiment im Physikunterricht. Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie. Herausgegeben von H. NIEDDERER, H. FISCHLER & E. SUMFLETH. Band 42. Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos.
- THOMAS, B. (2015). Wissenschaftsorientierung als konzeptioneller Anspruch. In: Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Herausgegeben von J. KAHLERT, M. FÖLLING-ALBERS, M. GÖTZ, A. HARTINGER, S. MILLER & S. WITTKOWSKA. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 236–242.
- THORNDIKE, R. L. (1951). Reliability. In: Educational Measurement. Herausgegeben von E. F. LINDQUIST. Washington D. C.: American Council on Education, S. 560–620.
- TÄNZER, S. (2015). Die Sachen erschließen. In: Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Herausgegeben von J. KAHLERT, M. FÖLLING-ALBERS, M. GÖTZ, A. HARTINGER, S. MILLER & S. WITTKOWSKA. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 448–457.
- TÜTKEN, H. (1977). Arbeitsgruppe für Unterrichtsforschung: Kinder und ihre natürliche Umwelt. Lernjahr 1, Halbband 1 und 2. Frankfurt am Main, Berlin, München: Diesterweg.

- TÜTKEN, H. (1979). Arbeitsgruppe für Unterrichtsforschung: Kinder und ihre natürliche Umwelt. Lernjahr 2, Halbband 1 und 2. Frankfurt am Main, Berlin, München: Diesterweg.
- TUCHA, O. & LANGE, K. W. (2004). Turm von London – Deutsche Version. Göttingen: Hogrefe.
- VOSNIADOU, S. (1994). Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change. *Learning and Instruction*, 4.1, 45–69.
- WALDENMAIER, C., MÜLLER, B., KÖSTER, H. & KÖRNER, H.-D. (2015). Engagiertheit und Motivation in unterschiedlichen Experimentiersituationen im Sachunterricht. In: Bildung im und durch Sachunterricht. Herausgegeben von H.-J. FISCHER, H. GIEST & K. MICHALIK. Band 25. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 87–92.
- WALPUSKI, M. (2006). Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback. Herausgegeben von H. NIEDDERER, H. FISCHLER & E. SUMFLETH. Band 49. Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos.
- WALTER, O. & TASKINEN, P. (2008). Der Bildungserfolg von Jugendlichen mit Migrationshintergrund in den deutschen Ländern. In: PISA 2006 in Deutschland. Die Kompetenzen der Jugendlichen im dritten Ländervergleich. Herausgegeben von M. PRENZEL, C. ARTELT, J. BAUMERT, W. BLUM, M. HAMMANN, E. KLIEME & R. PEKRUN. Münster: Waxmann, S. 343–374.
- WANDERSEE, J., MINTZES, J. & NOVAK, J. (1994). Research on alternative conceptions in science. In: Handbook of Research on Science Teaching and Learning. Herausgegeben von D. GABEL. New York: Macmillan Publishing Company, S. 177–210.
- WEBEL, K. H. (2000). ‚Laborieren‘ als Weg zum Experimentieren im Sachunterricht. *Die Grundschulzeitschrift*, 14.139, 44–47.
- WEISS, R. H. (2006). CFT 20-R mit WS/ZF-R. Grundintelligenztest Skala 2 – Revision (CFT 20-R) mit Wortschatztest und Zahlenfolgentest – Revision (WS/ZF-R). Göttingen: Hogrefe.
- WILSON, M. (2005). Constructing measures: An item response modeling approach. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- WIRTZ, M. & CASPAR, F. (2002). Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen. Göttingen: Hogrefe.

- WIRTZ, M. & SCHULZ, A. (2012). Modellbasierter Einsatz von Experimenten. In: Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten. Herausgegeben von W. RIESS, M. WIRTZ, B. BARZEL & A. SCHULZ. Münster: Waxmann, S. 57–74.
- WODZINSKI, R. (2004). Experimentieren im Sachunterricht. In: Unterrichtsplanung und Methoden. Herausgegeben von A. KAISER & D. PECH. Band 5. Basiswissen Sachunterricht. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, S. 124–129.
- WOOD, D., BRUNER, J. S. & ROSS, G. (1976). The Role of Tutoring in Problem Solving. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, 89–100.
- VAN DE POL, J., VOLMAN, M. & BEISHUIZEN, J. (2010). Scaffolding in Teacher-Student Interaction: A Decade of Research. *Educational Psychology Review*, 22.3, 271–297.
- VAN DE SCHOOT, R., LUGTIG, P. & HOX, J. (2012). A Checklist for Testing Measurement Invariance. *European Journal of Developmental Psychology*, 9.4, 486–492.

Abbildungsverzeichnis

2.1	Die PISA-Rahmenkonzeption naturwissenschaftlicher Grundbildung (SCHIEPE-TISKA et al., 2013, S. 193)	9
2.2	Das SDDS-Modell nach KLAHR (in HAMMANN, PHAN & BAYRHU- BER, 2007, S. 36)	15
2.3	Schritte beim Testen von Hypothesen (in Anlehnung an WALPUSKI, 2006)	17
2.4	Experimentierzyklus (entwickelt in Anlehnung an FRISCHKNECHT- TOBLER & LABUDDE, 2010; BARZEL, REINHOFFER & SCHRENK, 2012; WIRTZ & SCHULZ, 2012)	22
2.5	Forscherkreislauf (in Anlehnung an MÖLLER et al., 2013)	25
2.6	Zusammengefasste Konzeptualisierung des Verständnisses der Varia- blenkontrolle	27
2.7	Rahmenmodell zur Wirkungsweise von Unterricht (HELMKE, 2009) .	32
2.8	Continuum representing forms of science instruction (FURTAK, 2006)	38
2.9	Conceptual model of Scaffolding (VAN DE POL, VOLMAN & BEIS- HUIZEN, 2010)	41
5.1	Zusammengefasste und erweiterte Konzeptualisierung des Verständ- nisses der Variablenkontrolle	104
5.2	Welche Katze hat das Futter gefressen?	116
5.3	Fressen Kattas Früchte?	117
5.4	Welche Maus ist im Haus?	119
5.5	Welcher Magnet ist stärker?	120
5.6	Wer rennt am schnellsten?	121
5.7	Welcher Magnet ist der stärkere?	123
5.8	Kannst du selbst ein Experiment planen?	124
5.9	Sind größere Magneten stärker?	125
5.10	Vergleich der Leistungen der Kinder der dritten und vierten Klasse im Paper-Pencil-Test	138
5.11	Vergleich der Leistungen der Kinder der im Bereich Bewertung und Entwicklung im Paper-Pencil-Test	139
5.12	Bei welcher Rampe rollt die Kugel am weitesten?	148

5.13	Versuchskarten für das implizite <i>Modeling</i> (MÖLLER et al., 2013, S. 277)	156
5.14	Versuchsbeschreibung für das explizite <i>Modeling</i> (MÖLLER et al., 2013, S. 289)	158
5.15	Überblick über die Hauptstudie	161
6.1	Vergleich der Entwicklung der drei untersuchten Gruppen bzgl. ihrer Transferfähigkeit vom zweiten zum dritten MZP	191
6.2	Vergleich der Interviewergebnisse zwischen EG I MIT M und EG II OHNE M	194
6.3	Vergleich der Interviewergebnisse zwischen EG I MIT M und EG II OHNE M unter Berücksichtigung der Intelligenz – unterdurchschnittliche Leistungen	197
6.4	Vergleich der Interviewergebnisse zwischen EG I MIT M und EG II OHNE M unter Berücksichtigung der Inhibitionsfähigkeit (Testteil 3 – Interferenztest) – unterdurchschnittliche Leistungen	197
6.5	Vergleich der Interviewergebnisse zwischen EG I MIT M und EG II OHNE M unter Berücksichtigung der Inhibitionsfähigkeit (gesamt) – unterdurchschnittliche Leistungen	198
6.6	Vergleich der Interviewergebnisse zwischen EG I MIT M und EG II OHNE M unter Berücksichtigung der Problemlösefähigkeit – unterdurchschnittliche Leistungen	198
6.7	Vergleich der Interviewergebnisse zwischen EG I MIT M und EG II OHNE M unter Berücksichtigung des Leseverständnisses – überdurchschnittliche Leistungen	200
6.8	Vergleich der Interviewergebnisse zwischen EG I MIT M und EG II OHNE M unter Berücksichtigung des Vorwissens – überdurchschnittliche Leistungen	200
6.9	Vergleich der Vorstellungen zur Frage 1.b) Warum hast du diese Dinge für dein Experiment ausgewählt?	203
6.10	Vergleich der Vorstellungen zu den Aspekten 3 und 4 Aufbau und Durchführung des Experiments	204
6.11	Vergleich der Vorstellungen zur Frage 7 „Ist dein Experiment fair?“	205
6.12	Vergleich der von den Kindern entwickelten Experimente	206
6.13	Vergleich der Einschätzungen bzgl. der motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale zwischen den beiden Experimentalgruppen	208

Tabellenverzeichnis

5.1	Übersicht über die Hauptstudie	99
5.2	Übersicht über fehlende Werte auf Skalen-Level	101
5.3	Stichprobe der Hauptstudie	102
5.4	Niveaus des Verständnisses der Variablenkontrolle in Anlehnung an CAREY & EVANS (1989), KOERBER et al. (2011) sowie POLLMEIER et al. (2011)	108
5.5	Übersicht über die Bepunktung der einzelnen Testaufgaben	109
5.6	Antwortformate der einzelnen Aufgaben	112
5.7	Übersicht über die Zuordnung der Items zu den einzelnen Aspekten des Verständnisses der Variablenkontrolle	114
5.8	Stichprobe der Testpilotierung	127
5.9	Übersicht über die fehlenden Werte der einzelnen Testaufgaben	128
5.10	Interrater-Reliabilität	131
5.11	Reliabilitäten der einzelnen Skalen	131
5.12	Zentrale Kennwerte der einzelnen Items	133
5.13	Modellfitstatistiken für das 1-Faktormodell	135
5.14	standardisierte Faktorladungen für das 1-Faktormodell	136
5.15	Modellfitstatistiken zum Vergleich des 1-Faktormodells mit dem 2- Faktorenmodell	137
5.16	prozentuale Anteile der erreichten Punkte im Bereich Bewertung und Entwicklung	140
5.17	Zuordnung der Fragen zu den Phasen des Experimentierzyklus'	144
5.18	Ablauf der Intervention in einer Klasse	162
6.1	Erfassung der Intelligenz mit Hilfe des CFT 20-R	174
6.2	Erfassung der Inhibitionsfähigkeit mit Hilfe des FWIT	174
6.3	Erfassung der Problemlösefähigkeit mit Hilfe des TvL	174
6.4	Erfassung des Leseverständnisses mit Hilfe des ELFE 1-6	175
6.5	Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit Hilfe eines Paper-Pencil-Tests	175
6.6	Erfassung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit Hilfe von Transferaufgaben	175

6.7	Erfassung der motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale mit Hilfe des SIS	176
6.8	Modellfitstatistiken zum Vergleich des 1-Faktormodelles mit dem 2-Faktorenmodell	176
6.9	Modellfitstatistiken zur Prüfung der Messinvarianz (MI) zwischen den MZP	177
6.10	Modellfitstatistiken zur Prüfung der Messinvarianz (MI) zwischen den Gruppen	177
6.11	Modellfitstatistiken zum Vergleich des latenten Konstrukts des Paper-Pencil-Tests und den Transferaufgaben	178
6.12	Modellfitstatistiken zum Vergleich des latenten Konstrukts des Paper-Pencil-Tests und einzelner Interviewfragen	179
6.13	Eingangsvoraussetzungen der drei Untersuchungsgruppen (EG I MIT M, EG II OHNE M, BL)	184
6.14	Ergebnisse der univariaten Varianzanalyse zur Prüfung der Eingangsvoraussetzungen der drei Untersuchungsgruppen (EG I MIT M, EG II OHNE M, BL)	184
6.15	Ergebnisse des Games-Howell-Tests zur Prüfung der Unterschiede im Leseverständnis der drei Untersuchungsgruppen (EG I MIT M, EG II OHNE M, BL)	185
6.16	Vergleich der drei Untersuchungsgruppen (EG I MIT M, EG II OHNE M, BL) anhand der Stichprobengröße, des Durchschnittsalters und der Geschlechterverteilung	185
6.17	Deskriptive Ergebnisse des Prä-Post-Follow-up-Vergleiches zwischen den beiden Experimentalgruppen	187
6.18	Deskriptive Ergebnisse des Prä-Post-Follow-up-Vergleiches zwischen den drei untersuchten Gruppen	188
6.19	Deskriptive Ergebnisse des Post-Follow-up-Vergleiches zwischen den drei Gruppen im Bereich der Transferaufgaben	191
6.20	Übersicht über die auf Basis der Eingangsvoraussetzungen gebildeten Subgruppen	196
6.21	Durchschnittliche Einschätzungen der beiden Experimentalgruppen bzgl. der motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmale	207
A.1	Übersicht zentraler Ergebnisse ausgewählter Studien zum Verständnis der Variablenkontrolle	264
A.2	Übersicht zentraler Ergebnisse ausgewählter Studien zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle	269

A.3 Grundlagen der Aufgabenentwicklung	276

Abkürzungsverzeichnis

-LV	ungünstige Lernvoraussetzungen
+LV	günstige Lernvoraussetzungen
AAAS	American Association for the Advancement of Science
ANOVA	Analysis of Variances
AV	abhängige Variable
BiQua	DFG-Schwerpunktprogramm „Bildungsqualität von Schule“
BL	Baseline
CFI	Comparative-Fit-Index
CFT	Culture Fair Test
CVS	Control-of-Variables Strategy
Des	Design
EG	Experimentalgruppe
ELFE 1–6	Ein Leseverständnistest für Erst- bis Sechstklässler
ETH Zürich	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Eva	Evaluation
FWIT	Farbe-Wort-Interferenz-Test
GDSU	Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts
kT	konklusiver Test
LOGIK-Studie	Münchener Längsschnittstudie zur Genese individueller Kompetenzen
LV	Lernvoraussetzungen
M	Scaffoldingmaßnahme Modeling
MI	Messinvarianz
MW	Mittelwert
MIT M	beschreibt die Experimentalgruppe, die eine Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle mit implizitem und explizitem Modeling erhält
MZP	Messzeitpunkt

N	Stichprobe
NRC	National Research Council
NV	naive Vorstellung
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OHNE M	beschreibt die Experimentalgruppe, die eine Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle ohne implizites und explizites Modeling in Anlehnung an das Offene Experimentieren erhält
PISA	Programme for International Student Assessment
RMSEA	Root-Mean-Square-Error-of-Approximation
S-APA	Science – A Process Approach
SCIS	Science Curriculum Improvement Study
SD	Standardabweichung
SDDS-Modell	Scientific Discovery as Dual Search-Modell
SIS	Fragebogen zu motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmalen
SuS	Schülerinnen und Schüler
TLI	Tucker-Lewis-Index
TvL	Test „Turm von London“
UV	unabhängige Variable
VK	Variablenkontrolle
WV	wissenschaftlich adäquate Vorstellung
ZPD	Zone of Proximal Development
ZV	Zwischenvorstellung

A Anhang

A.1 Zentrale Ergebnisse zum Verständnis der Variablenkontrolle

Tabelle A.1: Übersicht zentraler Ergebnisse ausgewählter Studien zum Verständnis der Variablenkontrolle

Studie	Ziel	Stichprobe	Methode	zentrale(s) Ergebnis(se)
BULLOCK & ZIEGLER (1999); BULLOCK & SODIAN (2003) – LOGIK-Studie	Beschreibung der Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens	200 Schülerinnen und Schüler von der dritten bis zur sechsten Klasse	Längsschnittstudie, materialgestützte Interviews	Die spontane Produktion von kontrollierten Experimenten fällt Grundschulkindern schwer. Bei einer Auswahl aus verschiedenen vorgeschlagenen Experimenten wählen sie kontrollierte Experimente aus und können ihre Auswahl begründen. Es gibt starke individuelle Unterschiede im Verständnis der Variablenkontrolle. Die Fähigkeit, Experimente zu bewerten, geht der Fähigkeit, selbst (spontan) kontrollierte Experimente zu entwickeln, voraus.
DRIVER et al. (1996)	Erfassung von Schülervorstellungen zu den Zielen und dem Kern wissenschaftlicher Experimente	60 Schülerinnen und Schüler im Alter von 9, 12 und 16 Jahren	Interview unterstützt durch Abbildungen verschiedener Aktivitäten	Das Verständnis eines Experiments verändert sich mit zunehmendem Alter bzw. Experimentier-Erfahrung – von einem Verständnis eines Experiments als bloße Aktivität zu einem Verständnis eines Experiments als Überprüfung einer Hypothese.
HAMMANN et al. (2006)	Analyse der Fehler bei der Bearbeitung experimenteller Aufgaben	Sekundarstufe 1 und 2	Analyse und Zusammenfassung der Erkenntnisse zu häufig auftretenden Fehlern beim Experimentieren	Der unsystematische Umgang mit Variablen ist eine der wichtigsten Fehlerquellen beim Experimentieren. Vor allem die Konstanthaltung der Kontrollvariablen fällt Schülerinnen und Schülern schwer.

Tabelle A.1: Übersicht zentraler Ergebnisse ausgewählter Studien zum Verständnis der Variablenkontrolle: Fortsetzung

Studie	Ziel	Stichprobe	Methode	zentrale(s) Ergebnis(se)
KOERBER et al. (2011)	Formulierung und Validierung eines dreistufigen Entwicklungsmodells naturwissenschaftlicher Kompetenz zur Beschreibung der Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens im Grundschulalter	73 Zweit- und Viertklässlerinnen bzw. klässler	gruppentestfähiger Paper-Pencil-Test im Multiple-Choice-Format	Das Verständnis der Variablenkontrolle ist individuell verschieden und verändert sich zwischen der zweiten und der vierten Klasse, wobei die individuellen Unterschiede zwischen den Kindern konstant bleiben. Dabei liegen keine Geschlechterunterschiede vor. Zum Ende der Grundschulzeit zeigt sich bei den Schülerinnen und Schülern ein beginnendes Verständnis des Experimentierens. Das Verständnis ist kontextabhängig.
SCHAUBLE (1996)	Untersuchung der wechselseitigen Beziehung zwischen domänenspezifischem Inhaltswissen und domänenübergreifenden Methodenkompetenzen	10 Schülerinnen und Schüler der fünften und sechsten Klasse sowie 10 Erwachsene	materialgestützte Einzelinterviews	Der Erwerb domänenübergreifender Methodenkompetenzen kann den Erwerb domänenspezifischen naturwissenschaftlichen Wissens erleichtern. Beide Bereiche spielen bei der Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens eine Rolle in. Erwachsene gehen systematischer vor als Kinder.

Tabelle A.1: Übersicht zentraler Ergebnisse ausgewählter Studien zum Verständnis der Variablenkontrolle: Fortsetzung

Studie	Ziel	Stichprobe	Methode	zentrale(s) Ergebnis(se)
SODIAN et al. (2006) – Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule (BiQua-Schwerpunktprogramm)	Untersuchung des Zusammenhangs zwischen den Fähigkeiten zum Experimentieren und dem Erwerb inhaltlichen Wissens	49 Viertklässlerinnen und -klässler	Interviewstudie im Prä-Post-Follow-up-Design mit einer Trainings- und einer Kontrollgruppe	Keine Unterschiede im Vergleich des Wissenszuwachses in den physikalischen Inhaltsgebieten zwischen der Trainings- und der Kontrollgruppe in der Hauptstudie. Wissenschaftsverständnis scheint keinen Einfluss auf inhaltliches Wissen zu haben. In der Vorläuferstudie gibt es Unterschiede zugunsten der Trainingsgruppe, die sich in einer leichten Überlegenheit im Langzeittest zeigt. Auf langfristiges inhaltliches Lernen scheint ein Aufbau des Wissenschaftsverständnisses Vorteile zu haben.

Tabelle A.1: Übersicht zentraler Ergebnisse ausgewählter Studien zum Verständnis der Variablenkontrolle: Fortsetzung

Studie	Ziel	Stichprobe	Methode	zentrale(s) Ergebnis(se)
SODIAN & THOERMER (2002)	differenzierte Erfassung des Verständnisses der Logik der Konstruktion von Experimenten als Teil der Fähigkeit zur Koordination von Theorie und Evidenz	27 Grundschülerinnen und -schüler der vierten Klasse	Einzelinterviews	Schülerinnen und Schüler der vierten Klasse haben ein oberflächliches Verständnis eines Experiments. Sie wissen um die Notwendigkeit einer Kontrollgruppe, allerdings fehlt ihnen das Verständnis, dass eine Kontrollgruppe zum Vergleich dient – und nicht dazu, dass mehr Daten vorliegen –, was sich erst in den eingeforderten Begründungen der Schülerinnen und Schüler zeigt. Sie wissen nicht, dass die Variablenkontrolle bei einem Experiment notwendig ist.
SODIAN, ZAITCHIK & CAREY (1991)	Untersuchung der Unterscheidung zwischen Hypothesentestung (konklusiver Test) und Effektproduktion (inkonklusiver Test)	34 Schülerinnen und Schüler aus ersten und zweiten Klassen	mündliche Befragung mit visueller Unterstützung	Bereits Erst- und Zweitklässlerinnen und -klässler können zwischen konklusiven und inkonklusiven Tests – insbesondere der Hypothesenprüfung und Effektproduktion – unterscheiden.

A.2 Zentrale Ergebnisse zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle

Tabelle A.2: Übersicht zentraler Ergebnisse ausgewählter Studien zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle

Studie	Ziel	Stichprobe	Methode	zentrale(s) Ergebnis(se)
ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN (2000)	Vergleich expliziter und impliziter Ansätze zur Förderung der Vorstellungen im Bereich <i>Nature of Science</i> und <i>Nature of Scientific Inquiry</i>	angehende Lehrpersonen für die Sekundarstufe	Zusammenstellung und Analyse bisher durchgeführter Untersuchungen	Explizite Ansätze scheinen effektiver zu sein. Vorliegende Ergebnisse scheinen nicht eindeutig interpretierbar zu sein, da in den Studien kein adäquates Wissen vermittelt wird. Vorstellungen werden am besten durch explizite, reflexive Instruktion gelernt im Gegensatz zu impliziten Ansätzen, bei denen <i>doing science</i> im Vordergrund steht, dennoch scheinen beide Ansätze wichtig zu sein.
CHEN & KLAHR (1999)	Einfluss expliziter und impliziter Förderung auf die Anwendung und Übertragung der Variablenkontrollstrategie in verschiedenen Kontexten	87 Schülerinnen und Schüler im Alter von 7 bis 10 Jahren	Vergleichsstudie mit drei Gruppen (<i>Training Probe</i> vs. <i>No Training-Probe</i> vs. <i>No Training-No Probe</i>), Entwicklung von Experimenten (<i>Hands-On Study</i>) und schriftliche Befragung zur Erfassung der Transferfähigkeit	Schülerinnen und Schüler der dritten und vierten Klasse zeigen beim Experimentieren bessere Leistungen als Schülerinnen und Schüler der ersten und zweiten Klasse. Eine positive Entwicklung in dieser Fähigkeit setzt ein Treatment voraus. Eine explizite Instruktion unterstützt die beständige Verwendung der Variablenkontrollstrategie beim Experimentieren. Ein Verständnis des Experimentierens entwickelt sich allmählich und Schülerinnen und Schüler fallen in manchen Situationen in ihr vorheriges Verständnis zurück.

Tabelle A.2: Übersicht zentraler Ergebnisse ausgewählter Studien zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle: Fortsetzung

Studie	Ziel	Stichprobe	Methode	zentrale(s) Ergebnis(se)
DEAN & KUHN (2006)	Vergleich der Wirksamkeit durch direkte Instruktion vs. eigenes Entdecken vs. einer Kombination aus beidem in Bezug auf das Verständnis der Variablenkontrolle und die Entwicklung dieses Verständnisses	44 Schülerinnen und Schüler vierter Klassen	computerbasierte Bearbeitung von Aufgaben im Kontext der Variablenkontrolle nach der Intervention	Schülerinnen und Schüler sind durch kurze direkte Instruktion in der Lage, ein Verständnis der Variablenkontrolle aufzubauen und anzuwenden. Auf das Abschneiden in einem Transfertest hat direkte Instruktion hingegen keinen Einfluss. Besonderheit: Keine Konstanzhaltung von <i>time on task</i> . Prä-Daten wurden nicht erfasst.
HOF (2011)	Einfluss instruktionaler Bedingungen im Kontext des Forschenden Lernens (offener vs. geleiteter vs. fragend-entwickelnder Unterricht) auf die Kompetenzen des Experimentierens	250 Schülerinnen und Schüler siebter Klassen	Prä-Post-Follow-up-Design mit Intervention in drei verschiedenen Gruppen, Kompetenzmessungen bzgl. des Experimentierens und Wissenstest	Sowohl die offen unterrichtete Gruppe als auch die geleitet unterrichtete Gruppe schneidet in den Tests besser ab als die fragend-entwickelnd unterrichtete Gruppe, wobei die geleitete Gruppe der offenen Gruppe überlegen ist. Eine Lenkung durch die Lehrperson führt zu größerem Lernerfolg als offener Unterricht allein.

Tabelle A.2: Übersicht zentraler Ergebnisse ausgewählter Studien zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle: Fortsetzung

Studie	Ziel	Stichprobe	Methode	zentrale(s) Ergebnis(se)
KLAHR & NIGAM (2004)	Untersuchung des Einflusses direkter Instruktion in Form eines <i>Modelings</i> auf den Erwerb der Variablenkontrollstrategie im Vergleich zum forschend-entdeckenden Lernen	115 Schülerinnen und Schüler der dritten und vierten Klassen	Vergleichsstudie, Einzelinterviews zur Anwendung der Variablenkontrollstrategie bei der Entwicklung und Bewertung von Experimenten	Schülerinnen und Schüler der Gruppe mit direkter Instruktion wenden die Variablenkontrollstrategie häufiger korrekt an als die Schülerinnen und Schüler der Gruppe mit forschend-entdeckendem Lernen. Im Bereich der Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle kommt dem <i>Modeling</i> eine lernförderliche Funktion zu. Keine Unterschiede im Bereich des Transfers, also der Bewertung anderer Experimente.
KLAHR, ZIMMERMAN & JIROUT (2011)	Identifikation wesentlicher Merkmale einer erfolgreichen Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle	Kinder vom Kindergartenalter bis zur Sekundarstufe 1	Zusammenstellung und Analyse bisheriger Forschungsbefunde	Ein wesentliches Merkmal zum erfolgreichen Lernen der Variablenkontrollstrategie ist <i>Scaffolding</i> .

Tabelle A.2: Übersicht zentraler Ergebnisse ausgewählter Studien zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle: Fortsetzung

Studie	Ziel	Stichprobe	Methode	zentrale(s) Ergebnis(se)
KOBARG et al. (2008); PRENZEL (2008) – PISA 2006	ländervergleichende Untersuchung der Bedeutung verschiedener Formen der Unterrichtsgestaltung für die Kompetenzen und Interessen in den Naturwissenschaften und Identifikation von Mustern naturwissenschaftlichen Unterrichts	40.000 fünfzehnjährige Schülerinnen und Schüler	Einschätzungen der Schülerinnen und Schüler bzgl. der Häufigkeit des Vorkommens naturwissenschaftlicher Aktivitäten im Unterricht und ihres Interesses	Es gibt einen systematischen Zusammenhang zwischen dem im Unterricht umgesetzten naturwissenschaftlichen Arbeiten und den Kompetenzen und Interessen der Schülerinnen und Schüler. Unsystematische Gelegenheiten zum Experimentieren im Unterricht fördern zwar das Interesse der Schülerinnen und Schüler, jedoch nicht unbedingt die naturwissenschaftlichen Kompetenzen. Stärker kognitiv fokussierender Unterricht führt zu einem effektiveren Kompetenzaufbau, ohne das Interesse der Schülerinnen und Schüler negativ zu beeinflussen.

Tabelle A.2: Übersicht zentraler Ergebnisse ausgewählter Studien zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle: Fortsetzung

Studie	Ziel	Stichprobe	Methode	zentrale(s) Ergebnis(se)
MÖLLER et al. (2002); JONEN, MÖLLER & HARDY (2003); BLUMBERG, MÖLLER & HARDY (2004); BLUMBERG (2008) – BiQua-Studie I	Erfassung des Einflusses unterschiedlich stark strukturierter Lernumgebungen auf eine multikriteriale Zielerreichung im Sachunterricht	149 Schülerinnen und Schüler der dritten Klasse	vergleichende Interventionsstudie mit Basisgruppe im Prä-Post-Design, Paper-Pencil-Tests zu kognitiven sowie motivational-affektiven Dimensionen	Grundschulkinder sind in einem anspruchsvollen und komplexen Themenbereich in der Lage, wissenschaftlich adäquate Vorstellungen nachhaltig auf- und naive Vorstellungen abzubauen. Dabei hat sich eine unterstützende Gesprächsführung und eine Sequenzierung des Unterrichts förderlich gezeigt. Besonders Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Lernvoraussetzungen profitieren in der strukturierten Gruppe mehr von dem durchgeführten Unterricht. Die Motivation der Schülerinnen und Schüler in der strukturiert unterrichteten Gruppe ist höher als die der Schülerinnen und Schüler in der offen unterrichteten Gruppe. Eine multikriteriale Zielerreichung scheint im Sachunterricht durch strukturierte Lernumgebungen möglich zu sein.

Tabelle A.2: Übersicht zentraler Ergebnisse ausgewählter Studien zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle: Fortsetzung

Studie	Ziel	Stichprobe	Methode	zentrale(s) Ergebnis(se)
SCHWARTZ & CRAWFORD (2006)	Identifikation relevanter Elemente für die erfolgreiche Förderung des Verständnisses einer <i>Nature of Scientific Inquiry</i> im Vergleich impliziter und expliziter Ansätze	Sekundarstufe	Analyse vorliegender Forschungsergebnisse zur Förderung des Verständnisses der <i>Nature of Science</i> und der <i>Nature of Scientific Inquiry</i>	Kein in den Studien durchgeführter Ansatz kann als besonders lernförderlich – im Vergleich zu den anderen Ansätzen – angesehen werden. Erst durch explizite und reflektierende Behandlung naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen im Unterricht können Schülerinnen und Schüler wissenschaftlich adäquate Vorstellungen in diesem Bereich aufbauen bzw. (weiter-)entwickeln. Die Unterstützung reflexiver Prozesse durch die Lehrperson und die Förderung eines Verständnisses der naturwissenschaftlichen Methoden im Gesamtkontext der Naturwissenschaften sind wichtig.

Tabelle A.2: Übersicht zentraler Ergebnisse ausgewählter Studien zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle: Fortsetzung

Studie	Ziel	Stichprobe	Methode	zentrale(s) Ergebnis(se)
SODIAN et al. (2002) – drei Teilstudien (zwei Interventionsstudien und eine Interventions- und Transferstudie)	Beschreibung des Wissenschaftsverständnisses und des Verständnisses der Variablenkontrolle als Teil des Wissenschaftsverständnisses sowie Untersuchung der Effekte eines wissenschaftstheoretischen Curriculums auf diese Bereiche	35 Schülerinnen und Schüler vierter Klassen	Interventionsstudie (Prä-Post- bzw. Prä-Post-Follow-up-Design) mit Kontrollgruppe, materialgestützte Einzelinterviews und Teile des <i>Nature-of-Science</i> -Interviews	Der Einsatz eines halbstandardisierten Interviews ist bereits in dieser Altersgruppe möglich und weist keinen Retest-Effekt auf. Bereits eine kurze Intervention, die kein spezifisches Strategietraining ist, zeigt inhaltsunabhängige Effekte auf das Verständnis der Variablenkontrolle.
STOLZ & ERB (2011)	Einfluss unterschiedlich gestalteter Lernumgebungen auf den Leistungserwerb und die Motivation	99 Schülerinnen und Schüler achter Klassen	Prä-Post-Design mit Paper-Pencil-Fragebögen und 2x2 verschiedenen Treatments (offener Untersuchungsauftrag vs. Experimentieranleitung und reales Experimentiermaterial vs. Computersimulation)	Offene Experimentiersituationen führen zu einem höheren inhaltlichen Lernzuwachs, insbesondere für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler. Die offene Experimentiersituation hat keinen positiven Einfluss auf die Motivation der Schülerinnen und Schüler.

A.3 Übersicht über die bei der Aufgabenentwicklung relevanten Studien

Tabelle A.3: Grundlagen der Aufgabenentwicklung

Name der Aufgabe	Kurzbezeichnung	Referenz
Welche Katze hat das Futter gefressen?	Katze	BOHRMANN & MÖLLER (unveröffentlicht)
Welche Giraffe hat die Karotte gefressen?	Giraffe	SCHUMACHER (unveröffentlicht) ¹
Fressen Kattas Früchte?	Kattas	BOHRMANN & MÖLLER (unveröffentlicht)
Fressen Meisen Sonnenblumenkerne?	Meisen	SCHUMACHER (unveröffentlicht)
Welche Maus ist im Haus?	Maus	SODIAN, ZAITCHIK & CAREY (1991)
Können Duros besser riechen als Ondis?	Duros	BOHRMANN & MÖLLER (unveröffentlicht)
Welcher Magnet ist stärker?	Magnet stärker	BOHRMANN & MÖLLER (unveröffentlicht)
Welcher Magnet trägt den schwereren Becher?	Wiegebecher	BOHRMANN & MÖLLER (unveröffentlicht)
Ist die Wassermenge für das Wachsen von Pflanzen wichtig?	Pflanze	CHEN & KLAHR (1999)
Wer rennt am schnellsten?	Wettrennen	MÖLLER et al. (2013)
Mit welchem Buch lernt man am besten?	Buch	BOHRMANN & MÖLLER (unveröffentlicht)
Welcher Magnet ist der stärkere?	stärkerer Magnet	BOHRMANN & MÖLLER (unveröffentlicht)
Bei welchem Hammer braucht man am wenigsten Kraft?	Hammer	SCHUMACHER (unveröffentlicht)
Welcher Drachen fliegt am besten?	Drachen	SCHUMACHER (unveröffentlicht)
Welches Flugzeug fliegt am besten?	Flugzeug	BULLOCK & ZIEGLER (1999)
Kannst du selbst ein Experiment planen?	Hans Luftikus	MÖLLER et al. (2013)
Wovon bekommen die Sekianer rote Flecken?	Sekianer	BOHRMANN & MÖLLER (unveröffentlicht)
Sind größere Magneten stärker?	größere Magneten	BOHRMANN & MÖLLER (unveröffentlicht)

¹Diese und die folgenden unveröffentlichten Aufgaben von SCHUMACHER wurden für die vorliegende Studie zur Verfügung gestellt und verwendet in EDELSBRUNNER et al. (2015).

A.4 Instruktion zum Test „Wir experimentieren“ (Version A) – Pilotierung

Instruktion zur Testdurchführung

Wissen über Experimente (Testheft A)

Die genaue Instruktionsanweisung jeder einzelnen Aufgabe ist zur Testdurchführung zu beachten!

Legende

- wörtliche Rede: dieser Text soll vom VL genau so wiedergegeben werden
- betonte wörtliche Rede: dieser Text soll vom VL genau so wiedergegeben und an angegebener Stelle besonders betont werden
- *Handlungshinweise: geben Hinweise für bestimmte Aktionen, die während der Wiedergabe des Textes durchgeführt werden*
- **Handlungshinweise für die Kinder**
- →: gemeinsames Umblättern

1. Allgemeine Hinweise zur Testdurchführung

Der Arbeitsplatz der Kinder sollte von allem leer geräumt sein. Es ist für eine ruhige Umgebung und angemessene Lichtverhältnisse zu sorgen. Die Kinder sollen sich gegenseitig nicht behindern oder stören.

Folgende allgemeine Hinweise sind zu beachten:

1. Die Instruktionen sollen so genau wie möglich befolgt werden. Die jeweiligen Testmanuale sind zu beachten. V.a. der Text, der auch im Fragebogen der Kinder erscheint, ist wörtlich wieder zu geben.
2. Jede Störung des geplanten Ablaufs wird notiert.
3. Es ist darauf zu achten, dass die Kinder nicht voneinander abschreiben. Unterhaltungen während der Testdurchführung sind zu unterbinden.
4. Die Kinder sollten nicht zu gedrängt sitzen. Falls möglich ruhig auseinandersetzen.
5. Der Testleiter sollte störende Kinder unbedingt darauf hinweisen, dass die anderen Kinder gestört und abgelenkt werden („Störenfriede“ dürfen nicht einfach raus geschickt werden, weil sonst die Aufsichtspflicht verletzt ist!). Möchte man als Testleiter den Störenfried ansprechen und ermahnen, fragt man am besten nach dem Namen des Kindes.
6. Die Lehrerin/ der Lehrer soll sich nicht in die Testung einmischen und keinesfalls herumgehen und den Kindern Tipps oder Anweisungen geben.
7. Wenn man wissen will, ob alle Kinder fertig geschrieben haben, fragt man am besten „*Wer schreibt noch?*“ (nicht: „Sind alle fertig?“), da man so eine klarere Rückmeldung von den Kindern bekommt.

2. Verhalten bei Fragen der Kinder im Laufe der Testung

Wenn im Laufe der Testung Fragen auftreten, sind diese so gut wie möglich durch den Versuchsleiter zu beantworten, sofern sich die Fragen nicht auf den Inhalt beziehen. Treten während der Testung Fragen auf, so ist eine Störung der anderen Kinder unbedingt zu vermeiden.

Der Testleiter sollte darauf achten, dass

1. die Kindern nicht voneinander abschreiben oder sich gegenseitig stören, bei ‚Abschreiber‘ kann wie folgt reagiert werden:

„Du musst nicht bei deinem Nachbarn abgucken. Falsche Antworten gibt es heute ja nicht, sondern wir wollen deine eigene Meinung wissen!“

2. alle Kinder immer auf der richtigen Seite sind. Die Kinder sollen nicht vorarbeiten und auch nicht zurückblättern. V.a. in der 4. Klasse geht es den Kindern manchmal zu langsam und sie machen schon mit der nächsten Aufgabe weiter.
3. Kinder nicht zu stark verunsichert sind. Wenn ein Kind sehr ängstlich oder unsicher aussieht, am besten noch mal darauf hinweisen, dass es keine falschen Antworten und auch keine Noten auf den Fragebogen gibt.
4. Falls während der Testung inhaltliche Fragen auftreten, ist wie folgt zu reagieren:

„Schau dir die Aufgabe noch einmal genau an. Falls du dir nicht sicher bist, kreuze die Antwort an, von der du denkst, dass sie am besten ist/ dass sie am ehesten stimmt.“

5. Falls die Kinder angeben, etwas nicht verstanden zu haben, darf der Testleiter die Aufgabenstellung im Fragebogen oder die Antwortalternativen noch einmal vorlesen, sie ermuntern (s.o.) die Antwort, die sie am ehesten wählen würden, anzukreuzen und betonen, dass die subjektive Meinung der Kindern von Bedeutung ist. Weitere inhaltliche Hilfen sind nicht zugelassen!

3. Einleitung und Begrüßung

Guten Morgen liebe Klasse_____. Mein Name ist Maike Müller.

Ich komme von der Uni Münster und möchte mit euch ein **Forschungsprojekt** machen. Wir erforschen nämlich, was Kinder in der Grundschule schon zu dem Themenbereich Experimente wissen. Um das herauszufinden, brauchen wir eure Hilfe!

Der Fragebogen enthält **verschiedene Aufgaben**. Diese Aufgaben gehen wir immer alle gemeinsam durch. Ich werde euch die Aufgaben vorlesen und ihr sollt gut zuhören. Ihr könnt in eurem Aufgabenheft, das ich euch austeilen werde, auch mitlesen. Meistens ist es so, dass es zu den Aufgaben schon Antworten geben wird und ihr die Antwort ankreuzen sollt, die stimmt. Manchmal sollt ihr aber auch etwas zu der Aufgabe schreiben.

Ihr braucht **keine Angst vor den Aufgaben** zu haben. Es gibt keine Note dafür. Wenn ihr einmal etwas nicht wisst, dann ist das nicht schlimm. Sucht euch dann immer die Antwort aus, von der ihr denkt, dass sie am ehesten stimmt.

Es ist dabei ganz wichtig, dass jeder Einzelne von euch nur seine **eigene Meinung** in den Fragebogen schreibt. Das heißt, ihr sollt die Aufgaben immer alleine bearbeiten und nicht beim Nachbarn abschreiben, nicht mit dem Nachbarn reden und auch nicht die Antworten laut in die Klasse rufen. Denn wir wollen die eigene Meinung von jedem Einzelnen wissen.

Wenn ihr mal eine **Frage** habt, dann meldet euch bitte und ich komme zu euch, um zu helfen. Ganz wichtig ist, dass wir immer gemeinsam umblättern. Wenn ihr mit einer Aufgabe fertig seid, dann legt bitte euren Stift hin und schaut zu mir nach vorne, damit ich weiß, wer schon fertig ist und wer noch schreibt. Wartet bitte, bis wir gemeinsam auf die nächste Seite umblättern.

Habt ihr bis jetzt eine Frage?

4. Durchführung

Gut, dann erinnere ich jetzt noch mal an **alles Wichtige**:

- Wir gehen den Fragebogen **alle gemeinsam** durch. Ich lese immer alles vor und wir blättern zusammen auf mein Zeichen hin um.
- Wenn ihr eine Frage habt, dann zeigt ihr einfach auf und ich komme zu euch, um zu helfen.
- Dafür schreibt jeder nur seine **eigene Meinung** auf ohne abzugucken oder vorzusagen!!!
- Immer, wenn ihr euer Kreuz gemacht habt, dann **legt ihr bitte den Stift hin** und schaut zu mir nach vorne, damit ich weiß, wer schon fertig ist und wer noch schreibt!

Ich teile jetzt die Fragebögen aus. Ihr blättert bitte noch nicht um.

Wir experimentieren! Version A	
Vorname:	
Nachname:	
Klasse:	
Schule:	
Lehrerin oder Lehrer:	
Datum:	
In welchem Jahr bist du geboren? ☐ 2002 ☐ 2003 ☐ 2004 ☐ 2005 ☐ 2006 ☐ 2007	
In welchem Monat bist du geboren? ☐ Januar ☐ Februar ☐ März ☐ April ☐ Mai ☐ Juni ☐ Juli ☐ August ☐ September ☐ Oktober ☐ November ☐ Dezember	
Ich bin ein ... ☐ ... Junge. ☐ ... Mädchen.	
Ich spreche zu Hause auch noch eine andere Sprache ... ☐ nein ☐ ja, welche? _____	

1

Hat jeder einen Fragebogen bekommen?

Gut. Zunächst möchte ich von dir deinen Vornamen und deinen Nachnamen wissen.

Schreibe deinen Vornamen hier oben (zeigen) auf und deinen Nachnamen darunter (zeigen)!

Nun möchte ich wissen, in welcher Klasse du bist und wie diese Schule heißt.

Schreibe deine Klasse hier (zeigen) auf und den Namen dieser Schule darunter (zeigen)!

Wie heißt deine Klassenlehrerin oder dein Klassenlehrer?

Schreibe den Namen hier (zeigen) auf!

Heute ist der XX.01.2014 (an die Tafel schreiben).

Schreibe das Datum von heute hier (zeigen) auf!

Die nächste Frage lautet: „In welchem Jahr bist du geboren?“. Als Möglichkeiten sind 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 und 2007 aufgeführt. Wähle nun das Jahr aus, in dem du geboren wurdest und **kreuze an!**

Jetzt möchte ich von dir wissen, ob du ein Mädchen oder ein Junge bist.

Kreuze an!

Als letztes auf dieser ersten Seite geht es um die Sprache, die du zu Hause sprichst. Wenn du zu Hause nur deutsch sprichst, dann **kreuze bitte „nein“ an**. Wenn du zu Hause noch eine andere Sprache sprichst, dann **kreuze bitte „ja“ an und schreibe die andere Sprache auf die Linie rechts daneben (zeigen)**. (→)

Ich komme aus dem Land ... _____.

Ich lebe zu Hause zusammen mit ...

- ☐ ... Mama. ☐ ... Papa.
☐ ... Bruder. ☐ ... Schwester.
☐ ... _____.

Wie viele Bücher gibt es bei dir zu Hause ungefähr?



☐ keine oder nur
sehr wenige
Bücher
(0-10 Bücher)



☐ genug, um ein
Regalbrett zu
füllen
(11-25 Bücher)



☐ genug, um ein
Regal zu füllen
(26-100
Bücher)



☐ genug, um zwei
Regale zu
füllen (101-200
Bücher)



☐ genug, um drei oder mehr
Regale zu füllen
(über 200 Bücher)

An dieser Stelle geht es darum, aus welchem Land du kommst. Wenn du zum Beispiel schon immer in Deutschland lebst, schreibe Deutschland auf die Linie. Wenn du aus einem anderen Land kommst, schreibe das andere Land auf die Linie.

Schreibe nun das Land, aus dem du kommst auf die Linie.

Mit wem lebst du zu Hause zusammen?

Kreuze alle Personen an, die mit bei dir zu Hause leben.

Gibt es noch mehr Personen, die mit bei dir zu Hause leben?

Schreibe hier (zeigen) auf, wer außer denen, die du schon angekreuzt hast, mit bei dir zu Hause leben!

Zuletzt möchte ich wissen, wie viele Bücher es bei dir zu Hause ungefähr gibt. Dazu siehst du fünf Bilder mit dazu passenden Antwortmöglichkeiten: „keine oder nur sehr wenige Bücher (0-10 Bücher)“, „genug, um ein Regalbrett zu füllen (11-25 Bücher)“, „genug, um ein Regal zu füllen (26-100 Bücher)“, „genug, um zwei Regale zu füllen (101-200 Bücher)“ und „genug, um drei oder mehr Regale zu füllen (über 200 Bücher)“.

Kreuze die Antwort an, die bei dir zu Hause ungefähr zutrifft!
(→)

1. Welche Katze hat das Futter gefressen?

Jana vermutet, dass in letzter Zeit eine fremde Katze zu ihnen ins Haus geht und ihrer Katze das Futter wegfrisst. Ihre eigene Katze ist nämlich immer noch hungrig, auch wenn ihr Futter schon weg ist.



Jana möchte nun herausfinden, ob ihre eigene Katze das Futter gefressen hat oder eine andere Katze.

Sie legt ihrer Katze ein Halsband mit einem Magneten um.



Auf den Rand des Futternapfes legt sie eine Büroklammer. Der Magnet am Halsband ist so stark, dass er die Büroklammer auf jeden Fall anzieht. Als sie wieder nachschaut, ist die Büroklammer noch da. Der Futternapf aber leer. Was weiß sie jetzt?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Sie weiß, dass ihre eigene Katze das Futter gefressen hat.
- ☐ Sie weiß, dass die fremde Katze das Futter gefressen hat.
- ☐ Es können beide Katzen das Futter gefressen haben.

Jana vermutet, dass in letzter Zeit eine fremde Katze zu ihnen ins Haus geht und ihrer Katze das Futter wegfrisst. Ihre eigene Katze ist nämlich immer noch hungrig, auch wenn ihr Futter schon weg ist.

Jana möchte nun herausfinden, ob ihre eigene Katze das Futter gefressen hat oder eine andere Katze.

Sie legt ihrer Katze ein Halsband mit einem Magneten um.

Auf den Rand des Futternapfes legt sie eine Büroklammer. Der Magnet am Halsband ist so stark, dass er die Büroklammer auf jeden Fall anzieht. Als sie wieder nachschaut, ist die Büroklammer noch da. Der Futternapf aber leer. Was weiß sie jetzt?

Als Möglichkeiten sind drei Antworten aufgeführt. Ich lese sie dir zunächst vor.

1. Sie weiß, dass ihre eigene Katze das Futter gefressen hat.
2. Sie weiß, dass die fremde Katze das Futter gefressen hat.
3. Es können beide Katzen das Futter gefressen haben.

Schaue dir die drei Antworten noch einmal genau an.

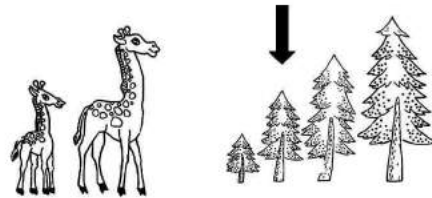
Kreuze jetzt die Antwort an, von der du denkst, dass sie stimmt. Wichtig ist, dass du nur eine Antwort ankreuzt! (→)

2. Welche Giraffe hat die Karotte gefressen?

Gabi ist Tierpflegerin. Sie weiß, dass Giraffen gerne Karotten fressen. Im Zoo gibt es zwei verschieden große Giraffen:

- Die große Giraffe kommt mit ihrem Mund an alle Baumspitzen der vier Bäume, die im Giraffengehege stehen.
- Die kleine Giraffe kann mit ihrem Mund nur die Baumspitzen der zwei kleineren Bäume im Gehege erreichen.

Am Abend hat Gabi an der zweitkleinsten Tanne eine Karotte oben an der Baumspitze festgemacht. Am Morgen ist die Karotte weg.



Welche der Giraffen hat die Karotte gefressen?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ die kleine Giraffe
- ☐ die große Giraffe
- ☐ Es können beide Giraffen gewesen sein.

Was muss Gabi tun, um herauszufinden, ob die große Giraffe die Karotte gefressen hat?

4

Gabi ist Tierpflegerin. Sie weiß, dass Giraffen gerne Karotten fressen. Im Zoo gibt es zwei verschieden große Giraffen:

- Die große Giraffe kommt mit ihrem Mund an alle Baumspitzen der vier Bäume, die im Giraffengehege stehen.
- Die kleine Giraffe kann mit ihrem Mund nur die Baumspitzen der zwei kleineren Bäume im Gehege erreichen.

Am Abend hat Gabi an der zweitkleinsten Tanne eine Karotte oben an der Baumspitze festgemacht (*auf einer großen Abbildung zeigen, dabei mit Finger auf die Tanne zeigen*). Am Morgen ist die Karotte weg.

Welche der Giraffen hat die Karotte gefressen?

Als Möglichkeiten sind wieder drei Antworten aufgeführt. Ich lese sie dir zunächst vor.

1. die kleine Giraffe
2. die große Giraffe
3. Es können beide Giraffen gewesen sein.

Schaue dir die drei Antworten noch einmal genau an.

Kreuze jetzt die Antwort an, von der du denkst, dass sie stimmt.

Wichtig ist, dass du nur eine Antwort ankreuzt!

Zu dieser Aufgabe habe ich noch eine weitere Frage an dich. Was muss Gabi tun, um herauszufinden, ob die große Giraffe die Karotte gefressen hat?

Schreibe auf die Zeilen unter der Frage, wie Gabi herausfinden kann, ob die große Giraffe die Karotte gefressen hat. Rechtschreibfehler sind nicht schlimm. Wir müssen es nur lesen können! (→)

3. Fressen Kattas Früchte?

Sari wohnt auf dem Planeten Geli. Auf dem Planeten Geli leben zwei Arten von Tieren: Dantis und Kattas. Kattas sind viel kleiner als Dantis.



Sari hat Früchte vor die Tür gelegt, um die Dantis zu füttern.

Um herauszufinden, ob auch Kattas die Früchte fressen, bastelt sie ein Futterhaus. Sie baut das Haus mit einer ganz großen Öffnung, so dass Dantis und Kattas ins Haus kommen können. Sie legt Früchte in das Haus. Ein paar Stunden später ist das Futter weggeessen.



Welches Tier hat die Früchte gefressen?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Das große Danti hat die Früchte gefressen.
- ☐ Das kleine Katta hat die Früchte gefressen.
- ☐ Man weiß nicht, wer die Früchte gefressen hat.

Sari wohnt auf dem Planeten Geli. Auf dem Planeten Geli leben zwei Arten von Tieren: Dantis und Kattas. Kattas sind viel kleiner als Dantis. Das kannst du auf den Bildern auch gut sehen.

Sari hat Früchte vor die Tür gelegt, um die Dantis zu füttern.

Um herauszufinden, ob auch Kattas die Früchte fressen, basteln sie ein Futterhaus. Sie baut das Haus mit einer ganz großen Öffnung, so dass Dantis und Kattas ins Haus kommen können. Sie legt Früchte in das Haus. Ein paar Stunden später ist das Futter weggeessen.

Welches Tier hat die Früchte gefressen?

Als Möglichkeiten sind auch hier drei Antworten aufgeführt. Ich lese sie dir zunächst vor.

1. Das große Danti hat die Früchte gefressen.
2. Das kleine Katta hat die Früchte gefressen.
3. Man weiß nicht, wer die Früchte gefressen hat.

Schaue dir die drei Antworten noch einmal genau an.

Kreuze jetzt die Antwort an, von der du denkst, dass sie stimmt. Wichtig ist, dass du nur eine Antwort ankreuzt! (→)

4. Fressen Meisen Sonnenblumenkerne?

Anna und Sonja legen Sonnenblumenkerne aufs Fenstersims, um Vögel zu füttern. Das Futter ist jeden Tag weg. Sie haben schon gesehen, dass manchmal Amseln das Futter wegpicken. In ihrem Garten gibt es aber auch noch Meisen.

- Anna glaubt, dass nur Amseln Sonnenblumenkerne fressen.
- Sonja glaubt, dass auch Meisen Sonnenblumenkerne fressen.

Amseln sind deutlich größer als Meisen.



Um herauszufinden, wer Recht hat, basteln die beiden ein Vogelhaus und legen die Sonnenblumenkerne hinein.

Sie könnten eine kleine Öffnung in das Vogelhaus machen, so dass nur Meisen ins Haus kommen.

Oder sie könnten eine große Öffnung in das Vogelhaus machen, so dass Meisen und Amseln ins Haus kommen können.



Was für ein Haus müssen Anna und Sonja bauen, um herauszufinden, ob nur Amseln oder auch Meisen Sonnenblumenkerne fressen?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Sie müssen ein Vogelhaus mit einer großen Öffnung bauen.
- ☐ Sie müssen ein Vogelhaus mit einer kleinen Öffnung bauen.
- ☐ Sie können das auf diese Weise nicht herausfinden.

6

Anna und Sonja legen Sonnenblumenkerne aufs Fenstersims, um Vögel zu füttern. Das Futter ist jeden Tag weg. Sie haben schon gesehen, dass manchmal Amseln das Futter wegpicken. In ihrem Garten gibt es aber auch noch Meisen.

- Anna glaubt, dass nur Amseln Sonnenblumenkerne fressen.
- Sonja glaubt, dass auch Meisen Sonnenblumenkerne fressen.

Amseln sind deutlich größer als Meisen. Dazu kannst du dir auch die Abbildungen der beiden Vögel ansehen.

Um herauszufinden, wer Recht hat, basteln die beiden ein Vogelhaus und legen die Sonnenblumenkerne hinein.

Sie könnten eine kleine Öffnung in das Vogelhaus machen, so dass nur Meisen ins Haus kommen.

Oder sie könnten eine große Öffnung in das Vogelhaus machen, so dass Meisen und Amseln ins Haus kommen können.

Was für ein Haus müssen Anna und Sonja bauen, um herauszufinden, ob nur Amseln oder auch Meisen Sonnenblumenkerne fressen?

Du hast drei mögliche Antworten, aus denen du einen auswählen musst. Ich lese sie dir zunächst vor.

1. Sie müssen ein Vogelhaus mit einer großen Öffnung bauen.
2. Sie müssen ein Vogelhaus mit einer kleinen Öffnung bauen.
3. Sie können das auf diese Weise nicht herausfinden.

Schaue dir die drei Antworten noch einmal genau an.

Kreuze jetzt die Antwort an, von der du denkst, dass sie stimmt. Wichtig ist, dass du nur eine Antwort ankreuzt! (→)

10

5. Welche Maus ist im Haus?

Zwei Brüder wissen, dass eine Maus in ihrem Haus ist. Wenn sie nämlich am Abend ein Stück Käse liegenlassen, dann ist der Käse am Morgen weg.

Sie haben diese Maus aber noch nie gesehen.

Klaus denkt, es ist eine kleine Maus.

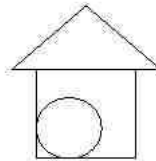


Herbert denkt, es ist eine große Maus.



Die Brüder wollen nun herausfinden, ob sie eine große oder eine kleine Maus im Haus haben.

Sie bauen zwei Häuschen: eins mit einem großen und eins mit einem kleinen Loch.



Die große Maus passt nur durch das große Loch, nicht durch das kleine Loch.

In welches Häuschen sollen sie über Nacht den Käse legen, um herauszufinden, ob sie eine große oder eine kleine Maus in ihrem Haus haben?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Sie sollen den Käse in das Häuschen mit dem kleinen Loch legen.
- ☐ Sie können das auf diese Weise nicht herausfinden.
- ☐ Sie sollen den Käse in das Häuschen mit dem großen Loch legen.

Zwei Brüder wissen, dass eine Maus in ihrem Haus ist. Wenn sie nämlich am Abend ein Stück Käse liegenlassen, dann ist der Käse am Morgen weg.

Sie haben diese Maus aber noch nie gesehen.

Klaus denkt, es ist eine kleine Maus.

Herbert denkt, es ist eine große Maus.

Die Brüder wollen nun herausfinden, ob sie eine große oder eine kleine Maus im Haus haben.

Sie bauen zwei Häuschen: eins mit einem großen und eins mit einem kleinen Loch.

Du siehst die Häuschen auch auf den Abbildungen.

Die große Maus passt nur durch das große Loch, nicht durch das kleine Loch.

Jetzt meine Frage an dich: In welches Häuschen sollen sie über Nacht den Käse legen, um herauszufinden, ob sie eine große oder eine kleine Maus in ihrem Haus haben.

Du hast drei mögliche Antworten, aus denen du eine auswählen musst. Ich lese sie dir zunächst vor.

1. Sie sollen den Käse in das Häuschen mit dem kleinen Loch legen.
2. Sie können das auf diese Weise nicht herausfinden.
3. Sie sollen den Käse in das Häuschen mit dem großen Loch legen.

Schaue dir die drei Antworten noch einmal genau an.

Kreuze jetzt die Antwort an, von der du denkst, dass sie stimmt.

Wichtig ist, dass du nur eine Antwort ankreuzt! (→)

6. Können Duros besser riechen als Ondis?

Auf dem Planeten Kaschi leben zwei verschiedene Tiere: Duros und Ondis.



Mark kommt zu Besuch auf den Planeten. Er hat gehört, dass die Duros besser riechen können als die Ondis. Nun möchte er herausfinden, ob das auch stimmt.

Er hat folgende Idee: Er will Futter in einer Kiste im Wald verstecken. Dann will er gucken, ob die Tiere das Futter finden. Er kann zwischen zwei Futtersorten auswählen:

- Das eine Futter riecht sehr stark. Es riecht so stark, dass die Ondis es riechen können.
- Das andere Futter riecht sehr schwach. Die Ondis können es nicht riechen.

Wie kann Mark herausfinden, ob die Duros besser riechen können als die Ondis?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Er soll das Futter mit dem schwachen Geruch in die Kiste legen.
- ☐ Er soll das Futter mit dem starken Geruch in die Kiste legen.
- ☐ Er soll beide Sorten Futter in die Kiste legen.
- ☐ Er kann es auf diese Weise nicht herausfinden.

Auf dem Planeten Kaschi leben zwei verschiedene Tiere: Duros und Ondis.

Mark kommt zu Besuch auf den Planeten. Er hat gehört, dass die Duros besser riechen können als die Ondis. Nun möchte er herausfinden, ob das auch stimmt.

Er hat folgende Idee:

Er will Futter in einer Kiste im Wald verstecken. Dann will er gucken, ob die Tiere das Futter finden.

Er kann zwischen zwei Futtersorten auswählen:

- Das eine Futter riecht sehr stark. Es riecht so stark, dass die Ondis es riechen können.
- Das andere Futter riecht sehr schwach. Die Ondis können es nicht riechen.

Wie kann Mark herausfinden, ob die Duros besser riechen können als die Ondis?

Als Möglichkeiten sind dieses Mal vier Antworten aufgeführt. Höre gut zu. Ich lese sie dir zunächst vor.

1. Er soll das Futter mit dem schwachen Geruch in die Kiste legen.
2. Er soll das Futter mit dem starken Geruch in die Kiste legen.
3. Er soll beide Sorten Futter in die Kiste legen.
4. Er kann es auf diese Weise nicht herausfinden.

Schaue dir die vier Antworten noch einmal genau an.

Kreuze jetzt die Antwort an, von der du denkst, dass sie stimmt. Wichtig ist, dass du nur eine Antwort ankreuzt! (→)

7. Welcher Magnet ist stärker?

Lena hat zwei Magneten. Sie möchte gerne herausfinden, welcher Magnet stärker ist. Sie weiß, dass ein Magnet Eisen anzieht. Deshalb sucht sie sich Dinge aus Eisen zum Überprüfen: Büroklammern und Nägel.



Sie vermutet, dass der größere Magnet stärker ist. Sie hängt an den größeren Magneten Büroklammern. An den kleineren Magneten hängt sie Nägel.



Kann Lena so herausfinden, welcher der beiden Magneten stärker ist?

Kreuze an und begründe deine Antwort!

☐ Ja.
Warum?

☐ Nein.
Warum?

Lena hat zwei Magneten (*beide Magneten zeigen*). Sie möchte gerne herausfinden, welcher Magnet stärker ist. Sie weiß, dass ein Magnet Eisen anzieht. Deshalb sucht sie sich Dinge aus Eisen zum Überprüfen: Büroklammern und Nägel.

Sie vermutet, dass der größere Magnet stärker ist (*den größeren Magneten zeigen*).

Sie hängt an den größeren Magneten Büroklammern. An den kleineren Magneten hängt sie Nägel.

Jetzt möchte ich gerne von dir wissen: Kann Lena so herausfinden, welcher der beiden Magneten stärker ist?

Kreuze „ja“ oder „nein“ an.

Schreibe bitte noch in die Zeilen darunter, warum du das glaubst! (Rechtschreibfehler sind nicht schlimm. Wir müssen es nur lesen können!) (→)

8. Welcher Magnet trägt den schwereren Becher?

Marie hat zwei Scheibenmagneten. Diese sind genau gleich groß.



Marie ist ein Magnet heruntergefallen. Sie vermutet, dass der heruntergefallene Magnet nun schwächer ist.

Um ihre Vermutung zu überprüfen überlegt sie sich zwei Experimente. Sie benutzt dazu einen Becher mit einer Mutter aus Eisen, an dem sie einen Magneten befestigen kann.



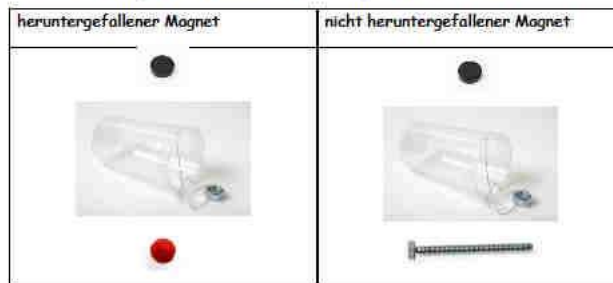
Marie hat zwei Scheibenmagneten. Diese sind genau gleich groß.

Marie ist ein Magnet heruntergefallen. Sie vermutet, dass der heruntergefallene Magnet nun schwächer ist.

Um ihre Vermutung zu überprüfen, überlegt sie sich zwei Experimente. Sie benutzt dazu einen solchen Becher (*zeigen*) mit einer Mutter aus Eisen. Das hier (*zeigen*) nennt man „Mutter“. So kann sie an dem Becher einen Magneten befestigen (*vormachen*). (→)

Experiment

Um die Vermutung zu überprüfen, testet Marie in einem Experiment beide Magneten. In den Becher für den heruntergefallenen Magneten füllt sie leichte Knetkugeln. In den Becher für den nicht heruntergefallenen Magneten füllt sie schwere Schrauben. Danach beobachtet sie, welcher Magnet mehr tragen kann. Am Ende des Experiments zählt sie die Knetkugeln und die Schrauben.



Kann Marie so herausfinden, ob der heruntergefallene Magnet schwächer ist?

Kreuze an und begründe deine Antwort!

☐ Ja.
Warum?

☐ Nein.
Warum?

Auf dieser Seite siehst du das Experiment, das Marie durchführt.

Um die Vermutung zu überprüfen, testet Marie in einem Experiment beide Magneten. In den Becher für den heruntergefallenen Magneten füllt sie leichte Knetkugeln. In den Becher für den nicht heruntergefallenen Magneten füllt sie schwere Schrauben. Danach beobachtet sie, welcher Magnet mehr tragen kann.

Am Ende des Experiments zählt sie die Knetkugeln und die Schrauben.

Jetzt möchte ich gerne von dir wissen: Kann Marie so herausfinden, ob der heruntergefallene Magnet schwächer ist?

Kreuze „ja“ oder „nein“ an.

Schreibe bitte noch in die Zeilen unter deiner Antwort, warum du das glaubst! (Rechtschreibfehler sind nicht schlimm. Wir müssen es nur lesen können!) (→)

9. Welcher Magnet trägt mehr Gewicht?

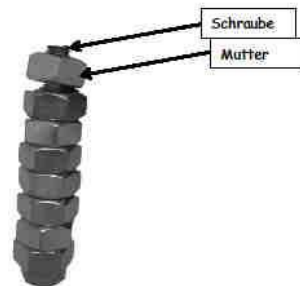
Philipp und Jonas haben von ihren Eltern zwei Magneten geschenkt bekommen. Beide sind eingepackt und sehen von außen genau gleich aus.

Sie wissen, dass beide Magneten an den Enden am stärksten anziehen.



Philipp und Jonas vermuten, dass die beiden Magneten gleich stark sind.

Um ihre Vermutung zu überprüfen, führen sie ein Experiment durch. Sie benutzen dazu Schrauben aus Eisen, die sie an die Magneten hängen können. Damit die Schrauben noch schwerer werden, benutzen sie schwere Eisenmutter. Diese stecken sie auf die Schrauben.



Kommen wir zur nächsten Aufgabe.

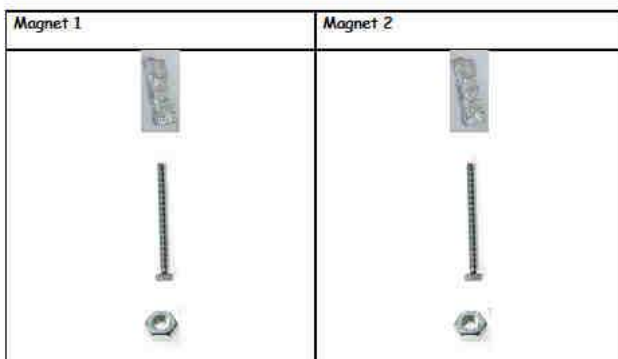
Philipp und Jonas haben von ihren Eltern zwei Magneten geschenkt bekommen. Beide sind eingepackt und sehen von außen genau gleich aus (*zeigen*).

Sie wissen, dass beide Magneten an den Enden am stärksten anziehen (*auf die Enden zeigen*).

Philipp und Jonas vermuten, dass die beiden Magneten gleich stark sind.

Um ihre Vermutung zu überprüfen, führen sie ein Experiment durch. Sie benutzen dazu Schrauben aus Eisen (*zeigen*), die sie an die Magneten hängen können (*vormachen*). Damit die Schrauben noch schwerer werden, benutzen sie schwere Eisenmutter (*zeigen*). Diese stecken sie auf die Schrauben (*vormachen*). (→)

Philipp und Jonas testen beide Magneten. Sie hängen die Schraube an ein Ende des Magneten. Sie stecken so viele Eisenmutter auf die Schraube, bis der Magnet sie nicht mehr halten kann. Dann zählen sie die Mutter auf der Schraube.



Können Philipp und Jonas so herausfinden, ob beide Magneten gleich stark sind?

Kreuze an und begründe deine Antwort!

☐ Ja.
Warum?

☐ Nein.
Warum?

Philipp und Jonas testen beide Magneten. Sie hängen die Schraube an ein Ende des Magneten. Sie stecken so viele Eisenmutter auf die Schraube, bis der Magnet sie nicht mehr halten kann. Dann zählen sie die Mutter auf der Schraube.

Schaue dir die Bilder in Ruhe an.

Was meinst du? Können Philipp und Jonas so herausfinden, ob beide Magneten gleich stark sind?

Kreuze „ja“ oder „nein“ an.

Schreibe auch hier bitte in die Zeilen unter deiner Antwort, warum du das glaubst! (Rechtschreibfehler sind nicht schlimm. Wir müssen es nur lesen können!) (→)

10. Welche Kugel rollt am weitesten?

Robert baut Rampen, von denen er Kugeln herunterrollen lassen kann. Er baut ganz verschiedene Rampen. Sie sind unterschiedlich steil, unterschiedlich lang und haben verschiedene Oberflächen. Außerdem hat er eine schwere und eine leichte Kugel.

Er kann die Rampe <u>steil</u> oder <u>flach</u> machen.		
Er kann die Oberfläche der Rampe <u>glatt</u> oder <u>rau</u> machen.		
Er kann die Rampe <u>kurz</u> oder <u>lang</u> machen.		
Er kann eine <u>leichte</u> oder eine <u>schwere</u> Kugel herunterrollen lassen.		

Robert baut Rampen, von denen er Kugeln herunterrollen lassen kann. Eine Rampe ist eine schräge Oberfläche, bei der du zum Beispiel mit dem Fahrrad hoch oder runterfahren kannst oder bei der du eine Kugel herunterrollen lassen kannst. Du kennst das bestimmt von Kugelbahnen. Du siehst auch auf den Bildern verschiedene Rampen.

Robert baut ganz verschiedene Rampen. Sie sind unterschiedlich steil (*auf einer großen Abbildung zeigen*),

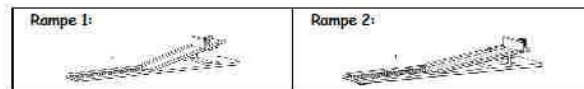
unterschiedlich lang (*auf einer großen Abbildung zeigen*)

und haben verschiedene Oberflächen (*auf einer großen Abbildung zeigen*).

Außerdem hat er eine schwere und eine leichte Kugel (*auf einer großen Abbildung zeigen*). (→)

Robert vermutet, dass eine Kugel weiter rollt, wenn die Rampe steil ist.

Um seine Vermutung zu überprüfen, vergleicht er die beiden unten abgebildeten Rampen. Sie sind unterschiedlich steil, unterschiedlich lang und die Oberfläche ist einmal rau und einmal glatt. Dann lässt er auf der einen Rampe die leichte und auf der anderen Rampe die schwere Kugel herunterrollen. Anschließend vergleicht er, wie weit die beiden Kugeln bei den verschiedenen Rampen gerollt sind.



Ist das ein gutes Experiment, um herauszufinden, ob eine Kugel bei einer steilen Rampe weiter rollt als bei einer flachen?

Kreuze an und begründe deine Antwort!

☐ Ja.
Warum?

☐ Nein.
Warum?

Wenn du mit nein geantwortet hast: Wie würdest das Experiment verbessern?

16

Robert vermutet, dass eine Kugel weiter rollt, wenn die Rampe steil ist (*auf einer großen Abbildung zeigen*).

Um seine Vermutung zu überprüfen, vergleicht er die beiden unten abgebildeten Rampen.

Wie du auf den Bildern sehen kannst, sind sie unterschiedlich steil, unterschiedlich lang und die Oberfläche ist einmal rau und einmal glatt.

Dann lässt er auf der einen Rampe die leichte und auf der anderen Rampe die schwere Kugel herunterrollen. Anschließend vergleicht er, wie weit die beiden Kugeln bei den verschiedenen Rampen gerollt sind.

Jetzt meine erste Frage zu dieser Aufgabe an dich: Ist das ein gutes Experiment, um herauszufinden, ob eine Kugel bei einer steilen Rampe weiter rollt als bei einer flachen?

Kreuze „ja“ oder „nein“ an.

Schreibe auch hier bitte in die Zeilen unter deiner Antwort, warum du das glaubst! (Rechtschreibfehler sind nicht schlimm. Wir müssen es nur lesen können!)

Jetzt bist du noch einmal gefragt, aber nur, wenn du mit „nein“ geantwortet hast: Wie würdest du das Experiment verbessern?

Schreibe deine Idee in die Zeilen unter der Frage! (Rechtschreibfehler sind auch hier nicht schlimm. Wir müssen es nur lesen können!) (→)

19

11. Ist die Wassermenge für das Wachsen von Pflanzen wichtig?

Georg ist Gärtner. Er möchte herausfinden, ob die Wassermenge für das Wachstum von Pflanzen wichtig ist.



Dazu lässt er zwei Pflanzen unter ganz verschiedenen Bedingungen wachsen: Er gibt ihnen unterschiedlich viel Sonnenlicht, Dünger und Wasser.

Pflanze 1	Pflanze 2
Die eine Pflanze stellt er an einen Ort, an dem es viel Sonnenlicht gibt. 	Die andere Pflanze stellt er an einen Ort, wo es schattig ist und es wenig Sonnenlicht gibt. 
Der einen Pflanze gibt er viel Dünger. 	Der anderen Pflanze gibt er wenig Dünger. 
Der einen Pflanze gibt er viel Wasser. 	Der anderen Pflanze gibt er wenig Wasser. 
Dies bekommt die eine Pflanze.   	Dies bekommt die andere Pflanze.   

Bei dieser Aufgabe geht es um das Wachsen von Pflanzen.

Georg ist Gärtner. Er möchte herausfinden, ob die Wassermenge für das Wachstum von Pflanzen wichtig ist.

Dazu lässt er zwei Pflanzen unter ganz verschiedenen Bedingungen wachsen: Er gibt ihnen unterschiedlich viel Sonnenlicht, Dünger und Wasser.

Die Tabelle zeigt dir genau, was er welcher Pflanze gibt.

Die Pflanze 1 stellt er an einen Ort, an dem es viel Sonnenlicht gibt.

Die Pflanze 2 stellt er an einen Ort, wo es schattig ist und es wenig Sonnenlicht gibt.

Der Pflanze 1 gibt er viel Dünger.

Der Pflanze 2 gibt er wenig Dünger.

Der Pflanze 1 gibt er viel Wasser.

Der Pflanze 2 gibt er wenig Wasser.

Ganz unten (*zeigen*) siehst du noch einmal, was genau welche Pflanze bekommt. (→)

Kann Georg so herausfinden, ob die Wassermenge für das Pflanzenwachstum wichtig ist?

Kreuze nur eine Antwort an. Begründe deine Antwort!

☐ Ja.
Warum?

☐ Nein.
Warum?

Wenn du mit nein geantwortet hast: Wie würdest du das Experiment verbessern?

Jetzt kommt meine Frage an dich zu der Aufgabe.

Kann Georg so herausfinden, ob die Wassermenge für das Pflanzenwachstum wichtig ist?

Kreuze „ja“ oder „nein“ an.

Begründe deine Antwort. Schreibe dazu bitte in die Zeilen unter deiner Antwort, warum du das glaubst! (Rechtschreibfehler sind nicht schlimm. Wir müssen es nur lesen können!)

Danach bist du noch einmal gefragt, aber nur wenn du mit „nein“ geantwortet hast: Wie würdest du das Experiment verbessern?

Schreibe deine Idee in die Zeilen unter der Frage! (Rechtschreibfehler sind auch hier nicht schlimm. Wir müssen es nur lesen können!) (→)

12. Wer rennt am schnellsten?

Um Fragen zu beantworten, machen Forscherinnen und Forscher Experimente. Dabei muss einiges beachtet werden. Prüfe, ob das folgende Experiment gut ist:

Paul, Lasse, Leonie und Emma wollen wissen, wer von ihnen am schnellsten rennen kann. Paul hat Wanderschuhe, Lasse hat Turnschuhe und Leonie hat Skischuhe an. Emma ist barfuß. Um herauszufinden, wer am schnellsten ist, machen sie ein Wettrennen. Sie stellen sich an eine Startlinie und rennen alle gleichzeitig los.



Was sagst du zu diesem Experiment?

Kreuze alles an, was richtig ist.

- ☐ Die Kinder finden mit dem Wettrennen heraus, wer am schnellsten rennen kann.
- ☐ Nach diesem Wettrennen kann man nicht sagen, wer am schnellsten rennen kann.
- ☐ Das Wettrennen ist nicht fair, weil nicht alle dieselben Schuhe tragen.
- ☐ Das Wettrennen ist unnötig, weil das Kind mit den Turnschuhen immer am schnellsten ist.

Gib den Kindern einen Tipp, wie das Wettrennen für alle gerecht wird.

18

Um Fragen zu beantworten, machen Forscherinnen und Forscher Experimente. Dabei muss einiges beachtet werden. Prüfe, ob das folgende Experiment gut ist:

Paul, Lasse, Leonie und Emma wollen wissen, wer von ihnen am schnellsten rennen kann. Paul hat Wanderschuhe, Lasse hat Turnschuhe und Leonie hat Skischuhe an. Emma ist barfuß. Um herauszufinden, wer am schnellsten ist, machen sie ein Wettrennen. Sie stellen sich an eine Startlinie und rennen alle gleichzeitig los.

Jetzt ist deine Meinung gefragt: Was sagst du zu diesem Experiment?

Kreuze alles an, was richtig ist.

Die Kinder finden mit dem Wettrennen heraus, wer am schnellsten rennen kann. Ist das richtig oder ist das falsch? **Kreuze es jetzt an, wenn du denkst, dass es richtig ist.**

Nach diesem Wettrennen kann man nicht sagen, wer am schnellsten rennen kann. Ist das richtig oder ist das falsch? **Kreuze es jetzt an, wenn du denkst, dass es richtig ist.**

Das Wettrennen ist nicht fair, weil nicht alle dieselben Schuhe tragen. **Kreuze es jetzt an, wenn du denkst, dass es richtig ist.**

Das Wettrennen ist unnötig, weil das Kind mit den Turnschuhen immer am schnellsten ist. **Kreuze es jetzt an, wenn du denkst, dass es richtig ist.**

Schaue dir das Experiment noch einmal genau an. Gib den Kindern einen Tipp, wie das Wettrennen für alle gerecht wird.

Schreibe dazu in die Zeilen deinen Tipp! (Rechtschreibfehler sind nicht schlimm. Wir müssen es nur lesen können!) (→)

22

13. Mit welchem Buch lernt man am besten?

In einem Phantasieland lernen die Kinder in der Schule eine Sprache. Diese Sprache heißt Felu. Herr Timber hat zwei verschiedene Bücher, um diese Sprache zu unterrichten. Er weiß aber nicht, welches Buch besser ist. Deshalb macht er ein Experiment.

Mit Buch 1 unterrichtet er die Kinder, die die Sprache schon etwas können.	Javin! Ossus?	1
Mit Buch 2 unterrichtet er die Kinder, die die Sprache noch gar nicht können.		2

Kann Herr Timber so herausfinden, welches Buch besser ist?

Kreuze nur eine Antwort an. Begründe deine Antwort!

☐ Ja.

Warum?

☐ Nein.

Warum?

Wenn du mit nein geantwortet hast: Wie würdest du das Experiment verbessern?

19

In einem Phantasieland lernen die Kinder in der Schule eine Sprache. Diese Sprache heißt Felu. Herr Timber hat zwei verschiedene Bücher, um diese Sprache zu unterrichten. Er weiß aber nicht, welches Buch besser ist. Deshalb macht er ein Experiment.

Mit Buch 1 unterrichtet er die Kinder, die die Sprache schon etwas können.

Mit Buch 2 unterrichtet er die Kinder, die die Sprache noch gar nicht können.

Jetzt bist du gefragt: Kann Herr Timber so herausfinden, welches Buch besser ist?

Kreuze „ja“ oder „nein“ an.

Begründe deine Antwort. Schreibe dazu bitte in die Zeilen unter deiner Antwort, warum du das glaubst! (Rechtschreibfehler sind nicht schlimm. Wir müssen es nur lesen können!)

Eine weitere Frage an dich, aber nur wenn du mit „nein“ geantwortet hast: Wie würdest du das Experiment verbessern?

Schreibe deine Idee in die Zeilen unter der Frage!

(Rechtschreibfehler sind auch hier nicht schlimm. Wir müssen es nur lesen können!) (→)

23

14. Welcher Magnet ist der stärkere?

Lina und Eva haben beide einen Magneten. Ihre beiden Magneten sind unterschiedlich groß.



Sie möchten gerne herausfinden, welcher Magnet der stärkere ist. Lina und Eva wissen: Je stärker ein Magnet ist, umso mehr Gewicht kann er tragen. In der Werkstatt finden Lina und Eva folgende Materialien, die sie als Gewichte an den Magneten befestigen können:

Sie finden einen Becher mit einer Mutter aus Eisen daran. Mit einem Magneten können sie den Becher an der Mutter anheben. Um den Becher schwerer zu machen, können sie ihn mit Sand füllen. Dann können sie mit beiden Magneten versuchen, den befüllten Becher anzuheben.	
Sie finden eine Schraube aus Eisen. Um die Schraube schwerer zu machen, können sie auf die Schraube Muttern stecken. Dann können sie mit beiden Magneten versuchen, die mit Muttern besteckte Schraube anzuheben.	

Was sollen Lina und Eva tun, um herauszufinden, welcher Magnet stärker ist?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Lina und Eva sollen mit beiden Magneten den gleichen Versuch machen. Sie sollen die Stärke beider Magneten entweder mit dem Becher und dem Sand messen oder mit der Schraube und den Muttern.
- ☐ Lina und Eva sollen die Stärke des kleinen Magneten mit dem Becher und dem Sand messen und die Stärke des großen Magneten mit der Schraube und den Muttern.
- ☐ Lina und Eva müssen ein paar Versuche machen und die Ergebnisse vergleichen.

Begründe deine Antwort:

20

Lina und Eva haben beide einen Magneten. Ihre beiden Magneten sind unterschiedlich groß.

Sie möchten gerne herausfinden, welcher Magnet der stärkere ist. Lina und Eva wissen: Je stärker ein Magnet ist, umso mehr Gewicht kann er tragen.

In der Werkstatt finden Lina und Eva folgende Materialien, die sie als Gewichte an den Magneten befestigen können:

Sie finden einen Becher mit einer Mutter aus Eisen daran (*zeigen*). Mit einem Magneten können sie den Becher an der Mutter anheben (*vormachen*). Um den Becher schwerer zu machen, können sie ihn mit Sand füllen (*vormachen*). Dann können sie mit beiden Magneten versuchen, den befüllten Becher anzuheben (*vormachen, aber nur mit einem Magneten andeuten*).

Sie finden eine Schraube aus Eisen (*zeigen*). Um die Schraube schwerer zu machen, können sie auf die Schraube Muttern stecken (*vormachen*). Dann können sie mit beiden Magneten versuchen, die mit Muttern besteckte Schraube anzuheben (*vormachen, aber nur mit einem Magneten andeuten*). Jetzt bist du gefragt: Was sollen Lina und Eva tun, um herauszufinden, welcher Magnet stärker ist?

Als Möglichkeiten sind hier drei Antworten aufgeführt. Ich lese sie dir zunächst vor.

1. Lina und Eva sollen mit beiden Magneten den gleichen Versuch machen. Sie sollen die Stärke beider Magneten entweder mit dem Becher und dem Sand messen oder mit der Schraube und den Muttern.
2. Lina und Eva sollen die Stärke des kleinen Magneten mit dem Becher und dem Sand messen und die Stärke des großen Magneten mit der Schraube und den Muttern.
3. Lina und Eva müssen ein paar Versuche machen und die Ergebnisse vergleichen.

Schaue dir die drei Antworten noch einmal genau an.

Kreuze jetzt die Antwort an, von der du denkst, dass sie stimmt. Wichtig ist, dass du nur eine Antwort ankreuzt!

Begründe deine Antwort. Schreibe dazu bitte in die Zeilen, warum du das glaubst! (Rechtschreibfehler sind nicht schlimm. Wir müssen es nur lesen können!) (→)

24

15. Bei welchem Hammer braucht man am wenigsten Kraft?

Herr Hämmerli baut einen Hammer. Er möchte, dass man mit dem Hammer Nägel mit möglichst wenig Kraft einschlagen kann. Er fragt sich: „Wovon kann es abhängen, dass man beim Einschlagen der Nägel möglichst wenig Kraft braucht?“

Er überlegt sich, dass ein Hammer einen leichten oder schweren Kopf haben kann.	 leicht	 schwer
Er überlegt sich, dass ein Hammer einen flachen oder spitzen Kopf haben kann.	 flach	 spitz
Er überlegt sich, dass ein Hammer einen langen oder kurzen Griff haben kann.	 lang	 kurz

Herr Hämmerli vermutet, dass man mit einem Hammer mit langem Griff weniger Kraft braucht als mit einem Hammer mit kurzem Griff.

Was soll Herr Hämmerli tun, um herauszufinden, ob ein langer Griff besser ist als ein kurzer Griff?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Herr Hämmerli soll zwei ganz unterschiedliche Hämmer bauen. Einen Hammer mit einem großen und flachen Kopf und einem langen Griff und einen Hammer mit einem kleinen und spitzen Kopf und einem kurzem Griff. Dann muss er vergleichen, wie viel Kraft man zum Nägel Einschlagen braucht.
- ☐ Herr Hämmerli soll zwei Hämmer bauen. Einen mit langem Griff und einen mit kurzem Griff. Sie müssen aber sonst ganz gleich sein. Dann muss er vergleichen, wie viel Kraft man zum Nägel Einschlagen braucht.
- ☐ Herr Hämmerli muss zwei Hämmer mit langem Griff bauen. Sie müssen aber sonst ganz unterschiedlich sein. Dann soll er vergleichen, wie viel Kraft man zum Nägel Einschlagen braucht.

Herr Hämmerli baut einen Hammer. Er möchte, dass man mit dem Hammer Nägel mit möglichst wenig Kraft einschlagen kann. Er fragt sich: „Wovon kann es abhängen, dass man beim Einschlagen der Nägel möglichst wenig Kraft braucht?“

Er überlegt sich, dass ein Hammer einen leichten oder schweren Kopf haben kann (*zeigen*).

Er überlegt sich, dass ein Hammer einen flachen oder spitzen Kopf haben kann (*zeigen*).

Er überlegt sich, dass ein Hammer einen langen oder kurzen Griff haben kann (*zeigen*).

Herr Hämmerli vermutet, dass man mit einem Hammer mit langem Griff weniger Kraft braucht als mit einem Hammer mit kurzem Griff.

Jetzt ist deine Meinung gefragt: Was soll Herr Hämmerli tun, um herauszufinden, ob ein langer Griff besser ist als ein kurzer Griff? Als Möglichkeiten sind drei Antworten aufgeführt. Höre gut zu. Ich lese sie dir zunächst vor.

1. Herr Hämmerli soll zwei ganz unterschiedliche Hämmer bauen. Einen Hammer mit einem großen und flachen Kopf und einem langen Griff und einen Hammer mit einem kleinen und spitzen Kopf und einem kurzem Griff. Dann muss er vergleichen, wie viel Kraft man zum Nägel Einschlagen braucht.
2. Herr Hämmerli soll zwei Hämmer bauen. Einen mit langem Griff und einen mit kurzem Griff. Sie müssen aber sonst ganz gleich sein. Dann muss er vergleichen, wie viel Kraft man zum Nägel Einschlagen braucht.
3. Herr Hämmerli muss zwei Hämmer mit langem Griff bauen. Sie müssen aber sonst ganz unterschiedlich sein. Dann soll er vergleichen, wie viel Kraft man zum Nägel Einschlagen braucht.

Schaue dir die drei Antworten noch einmal genau an.

Kreuze jetzt die Antwort an, von der du denkst, dass sie stimmt.

Wichtig ist, dass du nur eine Antwort ankreuzt! (→)

16. Welcher Drache fliegt am besten?

Anna bastelt gerne Drachen. Sie will, dass ihre Drachen möglichst gut fliegen. Sie hat ein paar Ideen, wovon es abhängen könnte, dass ein Drache möglichst gut fliegt.



Sie überlegt sich, dass ein Drache aus Papier oder aus Kunststoff gebastelt werden kann.		
Sie überlegt sich, dass ein Drache einen kurzen oder einen langen Schweif haben kann.		
Sie überlegt sich, dass ein Drache mit Streben aus Holz oder mit Streben aus Metall gebaut werden kann.		

Anna vermutet, dass ein Drache mit einem langen Schweif besser fliegt als ein Drache mit einem kurzen Schweif. Sie möchte nun zwei Drachen basteln, um ihre Vermutung zu überprüfen.

Anna bastelt gerne Drachen. Sie will, dass ihre Drachen möglichst gut fliegen. Sie hat ein paar Ideen, wovon es abhängen könnte, dass ein Drache möglichst gut fliegt.

Sie überlegt sich, dass ein Drache aus Papier oder aus Kunststoff gebastelt werden kann.

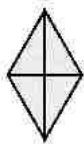
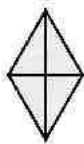
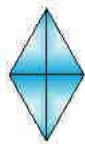
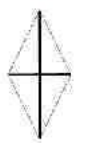
Sie überlegt sich, dass ein Drache einen kurzen oder einen langen Schweif haben kann.

Sie überlegt sich, dass ein Drache mit Streben aus Holz oder mit Streben aus Metall gebaut werden kann.

Anna vermutet, dass ein Drache mit einem langen Schweif besser fliegt als ein Drache mit einem kurzen Schweif. Sie möchte nun zwei Drachen basteln, um ihre Vermutung zu überprüfen.

Wie kann Anna herausfinden, ob ein Drachen mit langem Schweif besser fliegt als ein Drachen mit kurzem Schweif?

Kreuze die Drachen an, die Anna basteln soll. Mache für jeden Drachen in jeder Zeile ein Kreuzchen!

Drachen 1		Drachen 2	
aus Papier ☐ 	aus Kunststoff ☐ 	aus Papier ☐ 	aus Kunststoff ☐ 
kurzer Schweif ☐ 	langer Schweif ☐ 	kurzer Schweif ☐ 	langer Schweif ☐ 
Streben aus Holz ☐ 	Streben aus Metall ☐ 	Streben aus Holz ☐ 	Streben aus Metall ☐ 

Nun meine Frage zu der Aufgabe: Wie kann Anna herausfinden, ob ein Drachen mit langem Schweif besser fliegt als ein Drachen mit kurzem Schweif?

Nochmal zur Erinnerung: Anna möchte zwei Drachen vergleichen.

Kreuze die Drachen an, die Anna basteln soll. Mache für jeden Drachen in jeder Zeile ein Kreuzchen! (*auf einer großen Abbildung zeigen*)

Soll der Drachen 1 aus Papier oder aus Kunststoff sein?

Kreuze jetzt den Drachen an, den du meinst!

Wie soll dann der Drachen 2 sein? Aus Papier oder aus Kunststoff?

Kreuze jetzt den Drachen an, den du meinst!

Soll der Drachen 1 einen kurzen Schweif oder einen langen Schweif haben?

Kreuze jetzt den Drachen an, den du meinst!

Wie soll dann der Drachen 2 sein? Soll er einen kurzen oder einen langen Schweif haben?

Kreuze jetzt den Drachen an, den du meinst!

Soll der Drachen 1 Streben aus Holz oder aus Metall haben?

Kreuze jetzt den Drachen an, den du meinst!

Wie soll dann der Drachen 2 sein? Soll der zweite Drache Streben aus Holz oder aus Metall haben?

Kreuze jetzt den Drachen an, den du meinst! (→)

17. Welches Flugzeug fliegt am besten?

Herr Müller baut Flugzeuge und möchte, dass sie möglichst wenig Treibstoff verbrauchen. Er hat verschiedene Ideen, wovon der Treibstoffverbrauch abhängen könnte:

Er überlegt sich, dass ein Flugzeug eine spitze oder eine runde Nase haben kann.		
Er überlegt sich, dass die Höhenruder unten oder oben angebracht werden können.		
Er überlegt sich, dass ein Flugzeug doppelte oder einfache Flügel haben kann.		

Herr Müller vermutet, dass ein Flugzeug mit einer spitzen Nase weniger Treibstoff verbraucht als ein Flugzeug mit einer runden Nase.

Was soll Herr Müller tun, um herauszufinden, ob die Form der Flugzeugnase für den Treibstoffverbrauch wichtig ist?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Herr Müller muss ein paar Flugzeuge bauen und vergleichen, wie viel Treibstoff sie verbrauchen.
- ☐ Herr Müller muss zwei Flugzeuge bauen. Eines mit runder Nase und eines mit spitzer Nase. Sie müssen aber sonst ganz gleich sein. Dann muss er vergleichen, wie viel Treibstoff sie verbrauchen.
- ☐ Herr Müller muss zwei ganz unterschiedliche Flugzeuge bauen, bei denen er die Nase, die Flügel und die Höhenruder unterschiedlich macht. Dann muss er vergleichen, wie viel Treibstoff sie verbrauchen.

Herr Müller baut Flugzeuge und möchte, dass sie möglichst wenig Treibstoff verbrauchen. Er hat verschiedene Ideen, wovon der Treibstoffverbrauch abhängen könnte:

Er überlegt sich, dass ein Flugzeug eine spitze oder eine runde Nase haben kann (auf einer großen Abbildung zeigen).

Er überlegt sich, dass die Höhenruder unten oder oben angebracht werden können (auf einer großen Abbildung zeigen).

Er überlegt sich, dass ein Flugzeug doppelte oder einfache Flügel haben kann (auf einer großen Abbildung zeigen).

Herr Müller vermutet, dass ein Flugzeug mit einer spitzen Nase weniger Treibstoff verbraucht als ein Flugzeug mit einer runden Nase.

Jetzt ist deine Meinung gefragt:

Was soll Herr Müller tun, um herauszufinden, ob die Form der Flugzeugnase für den Treibstoffverbrauch wichtig ist?

Auch dieses Mal sind drei Möglichkeiten aufgeführt. Ich lese sie dir zunächst vor.

1. Herr Müller muss ein paar Flugzeuge bauen und vergleichen, wie viel Treibstoff sie verbrauchen.
2. Herr Müller muss zwei Flugzeuge bauen. Eines mit runder Nase und eines mit spitzer Nase. Sie müssen aber sonst ganz gleich sein. Dann muss er vergleichen, wie viel Treibstoff sie verbrauchen.
3. Herr Müller muss zwei ganz unterschiedliche Flugzeuge bauen, bei denen er die Nase, die Flügel und die Höhenruder unterschiedlich macht. Dann muss er vergleichen, wie viel Treibstoff sie verbrauchen.

Schaue dir die drei Antworten noch einmal genau an.

Kreuze jetzt die Antwort an, von der du denkst, dass sie stimmt. Wichtig ist, dass du nur eine Antwort ankreuzt! (→)

18. Welcher Fallschirm bremst am besten?

Peter beobachtet auf einer Wanderung Fallschirmspringer. Er möchte wissen, wann ein Fallschirm am besten bremst.



Er überlegt sich, dass ein Fallschirm breit oder schmal sein kann.	 breit	 schmal
Er überlegt sich, dass es schwere und leichte Fallschirmspringer gibt.	 schwerer Fallschirmspringer	 leichter Fallschirmspringer
Er überlegt sich, dass ein Fallschirm oben rund oder rechteckig sein kann.	 rund	 rechteckig

Peter vermutet, dass ein breiter Fallschirm besser bremst als ein schmaler Fallschirm.

Was soll Peter tun, um herauszufinden, ob ein breiter Fallschirm besser bremst als ein schmaler?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Peter muss zwei Fallschirme beobachten, einen breiten und einen schmalen. Das Gewicht der Springer und die Form der Fallschirme müssen aber ganz gleich sein. Dann muss er schauen, welcher Fallschirm am besten bremst.
- ☐ Peter muss zwei ganz unterschiedliche Fallschirme beobachten, bei denen sich die Breite und die Form der Fallschirme und auch das Gewicht der Fallschirmspringer unterscheiden. Dann muss er schauen, welcher Fallschirm am besten bremst.
- ☐ Peter muss ein paar Fallschirmspringer beobachten und schauen, bei welchem der Fall am besten gebremst wird.

25

Peter beobachtet auf einer Wanderung Fallschirmspringer. Er möchte wissen, wann ein Fallschirm am besten bremst.

Er überlegt sich, dass ein Fallschirm breit oder schmal sein kann (auf einer großen Abbildung zeigen).

Er überlegt sich, dass es schwere und leichte Fallschirmspringer gibt (auf einer großen Abbildung zeigen).

Er überlegt sich, dass ein Fallschirm oben rund oder rechteckig sein kann (auf einer großen Abbildung zeigen).

Peter vermutet, dass ein breiter Fallschirm besser bremst als ein schmaler Fallschirm.

Jetzt ist deine Meinung gefragt: Was soll Peter tun, um herauszufinden, ob ein breiter Fallschirm besser bremst als ein schmaler?

Als Möglichkeiten siehst du hier drei Antworten aufgeführt. Ich lese sie dir zunächst vor.

1. Peter muss zwei Fallschirme beobachten, einen breiten und einen schmalen. Das Gewicht der Springer und die Form der Fallschirme müssen aber ganz gleich sein. Dann muss er schauen, welcher Fallschirm am besten bremst.
2. Peter muss zwei ganz unterschiedliche Fallschirme beobachten, bei denen sich die Breite und die Form der Fallschirme und auch das Gewicht der Fallschirmspringer unterscheiden. Dann muss er schauen, welcher Fallschirm am besten bremst.
3. Peter muss ein paar Fallschirmspringer beobachten und schauen, bei welchem der Fall am besten gebremst wird.

Schaue dir die drei Antworten noch einmal genau an.

Kreuze jetzt die Antwort an, von der du denkst, dass sie stimmt.

Wichtig ist, dass du nur eine Antwort ankreuzt! (→)

29

19. Kannst du selbst ein Experiment planen?

Hans Luftikus hat etwas beobachtet, was ihn erstaunt hat. Wenn es draußen warm ist, muss er viel häufiger das Wasser in der Vogeltränke auffüllen, als wenn es draußen kalt ist. Er fragt sich: „Verdunstet das Wasser in der Schale schneller, wenn es warm ist?“



Tipp: Wenn man Wasser eine Zeit lang in einer Schale stehen lässt, verschwindet es. Man sagt: „Das Wasser verdunstet.“

Kannst du Hans Luftikus einen Tipp geben, welches Experiment er machen soll, um diese Frage zu beantworten?

Beschreibe:

Was muss Hans Luftikus bei seinem Experiment unbedingt beachten, um seine Frage beantworten zu können?

Hans Luftikus hat etwas beobachtet, was ihn erstaunt hat. Wenn es draußen warm ist, muss er viel häufiger das Wasser in der Vogeltränke auffüllen, als wenn es draußen kalt ist. Er fragt sich: „Verdunstet das Wasser in der Schale schneller, wenn es warm ist?“

Ich gebe dir einen Tipp: Wenn man Wasser eine Zeit lang in einer Schale stehen lässt, verschwindet es. Man sagt: „Das Wasser verdunstet.“

Kannst du Hans Luftikus einen Tipp geben, welches Experiment er machen soll, um diese Frage zu beantworten?

Versuche das einmal auf den Zeilen unter der Frage zu beschreiben!

Überlege jetzt: Was muss Hans Luftikus bei seinem Experiment unbedingt beachten, um seine Frage beantworten zu können?

Schreibe das auf die Zeilen unter der Frage!

20. Wovon bekommen die Sekianer rote Flecken?

Auf dem Planeten Seki leben die Sekianer. Eine Forscherin beobachtet, dass viele Sekianer nach dem Essen rote Flecken auf der Haut bekommen. Sie möchte gerne herausfinden, woran es liegen kann.

Sie überlegt:

Liegt es an den Früchten, die sie essen?	
Liegt es an den Blättern, die sie essen?	
Liegt es an den Süßigkeiten, die sie essen?	

Die Forscherin vermutet, dass es an den Früchten liegt.

Wie kann die Forscherin herausfinden, ob die Sekianer von den Früchten rote Flecken auf der Haut bekommen?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Sie soll ein paar Sekianer beobachten und schauen, ob sie rote Flecken bekommen.
- ☐ Sie soll zwei Gruppen von Sekianern beobachten. Eine Gruppe isst Früchte und eine Gruppe isst keine Früchte. Sie müssen aber sonst genau das gleiche essen. Dann muss sie beobachten, welche Gruppe rote Flecken auf der Haut bekommt.
- ☐ Sie soll zwei Gruppen von Sekianern beobachten. Beide essen Früchte. Sonst essen sie ganz verschiedene Sachen. Dann muss sie beobachten, welche Sekianer rote Flecken auf der Haut bekommen.

Auf dem Planeten Seki leben die Sekianer. Eine Forscherin beobachtet, dass viele Sekianer nach dem Essen rote Flecken auf der Haut bekommen. Sie möchte gerne herausfinden, woran es liegen kann.

Sie überlegt:

Liegt es an den Früchten, die sie essen?

Liegt es an den Blättern, die sie essen?

Liegt es an den Süßigkeiten, die sie essen?

Die Forscherin vermutet, dass es an den Früchten liegt.

Jetzt ist deine Meinung gefragt:

Wie kann die Forscherin herausfinden, ob die Sekianer von den Früchten rote Flecken auf der Haut bekommen?

Als Möglichkeiten sind drei Antworten aufgeführt. Höre gut zu. Ich lese sie dir zunächst vor.

1. Sie soll ein paar Sekianer beobachten und schauen, ob sie rote Flecken bekommen.
2. Sie soll zwei Gruppen von Sekianern beobachten. Eine Gruppe isst Früchte und eine Gruppe isst keine Früchte. Sie müssen aber sonst genau das gleiche essen. Dann muss sie beobachten, welche Gruppe rote Flecken auf der Haut bekommt.
3. Sie soll zwei Gruppen von Sekianern beobachten. Beide essen Früchte. Sonst essen sie ganz verschiedene Sachen. Dann muss sie beobachten, welche Sekianer rote Flecken auf der Haut bekommen.

Schaue dir die drei Antworten noch einmal genau an.

Kreuze jetzt die Antwort an, von der du denkst, dass sie stimmt.

Wichtig ist, dass du nur eine Antwort ankreuzt! (→)

21. Sind größere Magneten stärker?

Alex, Greta und Sophie haben zwei verschieden große Magneten.



Sie überlegen, welcher Magnet der stärkere ist.

Wer hat Recht und wer nicht? Kreuze jeweils an!		
	Hat Recht	Hat <u>nicht</u> Recht
Alex sagt: „Mein Magnet ist der stärkere, weil er größer ist.“	☐	☐
Greta sagt: „Mein Magnet ist der stärkere, weil kleinere Magneten mehr Magnetkraft haben.“	☐	☐
Sophie sagt: „Nur weil ein Magnet größer ist als der andere, ist er nicht unbedingt stärker.“	☐	☐

Wie können Alex, Greta und Sophie überprüfen, welcher Magnet der stärkere ist?

Beschreibe:

Du kannst auch zeichnen:

28

Alex, Greta und Sophie haben zwei verschieden große Magneten.

Sie überlegen, welcher Magnet der stärkere ist.

Aber wer hat Recht und wer hat nicht Recht?

Alex sagt: „Mein Magnet ist der stärkere, weil er größer ist.“ Hat Alex Recht oder hat Alex nicht Recht? **Kreuze jetzt an!**

Greta sagt: „Mein Magnet ist der stärkere, weil kleinere Magneten mehr Magnetkraft haben.“ Hat Greta Recht oder hat Greta nicht Recht? **Kreuze jetzt an!**

Sophie sagt: „Nur weil ein Magnet größer ist als der andere, ist er nicht unbedingt stärker.“ Hat Sophie Recht oder hat Sophie nicht Recht? **Kreuze jetzt an!**

Kannst du den Dreien helfen? Wie können Alex, Greta und Sophie überprüfen, welcher Magnet der stärkere ist?

Schreibe deine Idee in die Zeilen oder zeichne deine Idee in das Kästchen. Entscheide dich für eins von Beidem! (→)

32

22. Fliegt ein Drachen mit einem langen Schweif besser als ein Drachen mit einem kurzen Schweif?

Anna bastelt gerne Drachen. Sie will, dass ihre Drachen möglichst gut fliegen. Sie hat ein paar Ideen, wovon es abhängen könnte, dass ein Drachen möglichst gut fliegt.



Sie überlegt sich, dass ein Drachen aus Papier oder aus Kunststoff gebastelt werden kann.		
Sie überlegt sich, dass ein Drachen einen kurzen oder einen langen Schweif haben kann.		
Sie überlegt sich, dass ein Drachen mit Streben aus Holz oder mit Streben aus Metall gebaut werden kann.		

Anna vermutet, dass ein Drachen mit einem langen Schweif besser fliegt als ein Drachen mit einem kurzen Schweif.

Was soll Anna tun, um herauszufinden, ob Drachen mit kurzem oder langem Schweif besser fliegen?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Anna muss zwei ganz unterschiedliche Drachen bauen, bei denen sie die Materialien, die Streben und die Schweiflängen unterschiedlich macht. Dann muss sie vergleichen, wie gut sie fliegen.
- ☐ Anna muss ein paar Drachen bauen und vergleichen, wie gut sie fliegen.
- ☐ Anna muss zwei Drachen bauen, einen mit einem kurzen Schweif und einen mit einem langen Schweif. Sie müssen sonst aber ganz gleich sein. Dann muss sie vergleichen, wie gut sie fliegen.

Anna bastelt gerne Drachen. Sie will, dass ihre Drachen möglichst gut fliegen. Sie hat ein paar Ideen, wovon es abhängen könnte, dass ein Drachen möglichst gut fliegt.

Sie überlegt sich, dass ein Drachen aus Papier oder aus Kunststoff gebastelt werden kann.

Sie überlegt sich, dass ein Drachen einen kurzen oder einen langen Schweif haben kann.

Sie überlegt sich, dass ein Drachen mit Streben aus Holz oder mit Streben aus Metall gebaut werden kann.

Anna vermutet, dass ein Drachen mit einem langen Schweif besser fliegt als ein Drachen mit einem kurzen Schweif.

Jetzt ist deine Meinung gefragt:

Was soll Anna tun, um herauszufinden, ob Drachen mit kurzem oder langem Schweif besser fliegen?

Als Möglichkeiten sind drei Antworten aufgeführt. Ich lese sie dir zunächst vor.

1. Anna muss zwei ganz unterschiedliche Drachen bauen, bei denen sie die Materialien, die Streben und die Schweiflängen unterschiedlich macht. Dann muss sie vergleichen, wie gut sie fliegen.
2. Anna muss ein paar Drachen bauen und vergleichen, wie gut sie fliegen.
3. Anna muss zwei Drachen bauen, einen mit einem kurzen Schweif und einen mit einem langen Schweif. Sie müssen sonst aber ganz gleich sein. Dann muss sie vergleichen, wie gut sie fliegen.

Schaue dir die drei Antworten noch einmal genau an.

Kreuze jetzt die Antwort an, von der du denkst, dass sie stimmt. Wichtig ist, dass du nur eine Antwort ankreuzt! (→)

A.5 Codiermanual zum Test „Wir experimentieren“ – Pilotierung

Codiermanual zum Test „Wir experimentieren!“ (offene Antworten)

Grundsätzliches:

- Es wird eine vierteilige Codierung/ein vierteiliges Bepunktungssystem angestrebt (0 = keine Antwort, 1 = naiv, 2 = Zwischenvorstellung, 3 = wissenschaftlich adäquat).
- Bei einer falschen geschlossenen Antwort (z. B. gibt die VP an, dass ein konfundiertes Experiment gut sei) wird die offene Antwort nicht weiter berücksichtigt, sondern die Aufgabe insgesamt als naiv (1) gewertet.

Beschreibung	Ankerbeispiel	Codierung
<i>keine Antworten</i>	Keine Ahnung.	0
<i>naive Vorstellung (keine (inhaltlichen) Begründungen)</i>		
Begründung nicht auf Inhalt der Frage bezogen	Ich bin noch nicht 18, das interessiert mich nicht.	1
Begründung nicht auf experimentelles Design bezogen	Weil es Spaß macht.	1
falsche Begründung	Weil jedes Auto den gleichen Motor hat.	1
ExpertInnen fragen, beobachten etc.	Gabi kann eine Karotte wieder an den Baum hängen und beobachten.	1
<i>naive Vorstellung (unechte Begründungen)</i>		
tautologische Begründung	Weil es so ist. So können Lina und Eva gucken, wer stärker ist. Der den meisten Sand im Becher hat, ist stärker.	1
Begründung der Hypothese	Weil das logisch ist, dass es der kleine Motor ist.	1
Vermutung über Ausgang	Ich denke, es fahren beide gleich schnell.	1
Erwähnung von Vorwissen	Man weiß, dass der Lederball nicht springen kann.	1
konfundiertes Experiment – mehrere Variablen werden unsystematisch verändert	Ich würde der Pflanze 1 nur Wasser geben und der anderen Sonne und Dünger geben.	1
Hervorhebung anderer Aspekte	Nicht rempeln. Erst sagen, dann rennen.	1
Verständnis vom Experimentieren als bloßes (mehrfaches) Ausprobieren wird deutlich	Weil sie dann gucken können, welches Experiment am besten ist.	1
keine Vergleichsgruppe	Er muss eine Schale mit Wasser ins Sonnenlicht stellen.	1
Nennen einer Variablen	Die Zeit.	1
Verneinung, dass es mit einem Test herausgefunden werden kann	Gabi kann es nicht herausfinden.	1
Erkennen verschiedener Variablen, die unsystematisch verändert werden	Die Zeit und verschiedene Temperaturen.	1

keine Unterscheidung zwischen Effektproduktion und Hypothesentestung, es geht um die Produktion von Effekten	An den kleinsten Baum die Karotte hängen.	1
ein Experiment ist dann gut, wenn es funktioniert	Wenn die Pflanze 2 genauso wächst wie die Pflanze 1, ist das nicht so wichtig.	1
Überzeugungen	Ich glaube an die große Giraffe.	1
<i>Zwischenvorstellung</i>		
kontrastiver Test – Fokus auf der fokalen Variable, andere Variablen werden nicht ausdrücklich erwähnt oder verändert; sobald die fokale Variable berücksichtigt wird, wird es dieser Dimension zugeordnet	Nur wenig Wasser geben.	2
teilweise richtige, aber unspezifische Begründung	Weil sie nicht beides ausprobiert hat.	2
korrekter Hinweis auf einen konfundierten Faktor oder nicht-konfundierten Faktor; sobald die VP den Fehler erkennt, wird es dieser Dimension zugeordnet	Weil er zwei verschiedene Kugeln genommen hat.	2
korrekter Hinweis auf einen zu verändernden Faktor	Beide sollen von oben starten.	2
korrekter allgemeiner Hinweis auf die Konfundierung oder nicht-Konfundierung	Weil das schon zu viele Unterschiede sind.	2
<i>wissenschaftlich adäquate Vorstellung</i>		
Verständnis, dass ein Test zur Hypothesentestung ist und so sein muss, dass die Hypothese getestet werden kann	Gabi muss die Karotte einfach auf die dritte Baumspitze binden, denn da kann nur die große Giraffe dran.	3
korrekter Hinweis auf mehrere konfundierte oder nicht-konfundierte Faktoren	Weil nur die Bälle unterschiedlich sind.	3
korrekte allgemeine Erklärung eines unkonfundierten oder konfundierten Experiments	Weil bei einem guten Experiment muss alles gleich sein und nur eine Sache muss anders sein.	3
kontrolliertes Experiment – fokale Variable wird variiert, andere Variablen werden bewusst konstant gehalten; dabei muss klar werden, was genau in dem Experiment gemacht wird	Die Pflanzen müssten gleich viel Dünger und gleich viel Sonnenlicht bekommen und unterschiedlich viel Wasser.	3

Aufgaben mit Vorschlag für ein eigenes Experiment und „richtig“, „halbrichtig“ und „falsch“:

Variablen-name	Bereich	Aufgabe	Beschreibung	Ankerbeispiel	Codierung
VK_Des_9a _Luftikus	Variablen- kontrolle – Design	Kannst du selbst ein Experiment planen?	naive Vorstellung	Er soll beide Sachen ausprobieren. Er muss die Vögel, die aus der Schale trinken, beobachten und gucken, ob das Wasser verdunstet.	1 (1)
			Zwischenvorstellung	Er muss Wasser erhitzen und Wasser im Haus stehen lassen. Er soll gucken, wie schnell das Wasser verdunstet, wenn es kalt und warm ist. Er soll eine schale Wasser in die Sonne stellen und eine Schale nicht in die Sonne. Er muss das Wasser einmal im Sommer aufstellen und einmal im Winter.	2 (2)
			wissenschaftlich adäquate Vorstellung		3 (3)
VK_Des_11 _größereM agneten		Sind größere Magneten stärker?	naive Vorstellung		1 (1)
			Zwischenvorstellung		2 (2)
			wissenschaftlich adäquate Vorstellung		3 (3)

Aufgaben mit „richtig“ und „falsch“:

Variablen-name	Bereich	Aufgabe	Beschreibung	Ankerbeispiel	Codierung
kT_Des_1_ Giraffe_Ex periment	konklusiver Test – Design	Welche Giraffe hat die Karotte gefressen?	naive Vorstellungen	Gabi kann es nicht herausfinden. (kein Test möglich) Sie muss die Karotte auf den Baum zwei Karotten legen. (nicht verständlich) An den kleinsten Baum eine Karotte hängen. (Effektproduktion) Gabi muss gucken, ob große oder kleine Fußspuren da sind.	1 (1)
			Zwischenvorstellung	Gabi muss die Karotte an der höchsten Baumspitze festmachen. Oder beim essen beobachten. (Mischung aus 0 und 2)	2 (2)
			wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Gabi muss eine Karotte auf die zweitgrößte oder auf die größte Tanne festmachen.	3 (3)

„Ja-Nein-Aufgaben“ mit Begründung:

Variablen-name	Bereich	Aufgabe	Beschreibung	Ankerbeispiel	Codierung
VK_Eva_1_ Magnet_ja Begr VK_Eva_1_ Magnet_ne inBegr	Variablen- kontrolle – Evaluation	Welcher Magnet ist stärker?	naive Vorstellung	Weil sie muss gucken, an welchen Magnet die meisten Dinge kommen. (kein echte Begründung)	1 (1)
			Zwischenvorstellung	Weil sie nicht beides ausprobiert hat. (teilweise richtige, aber etwas unspezifische Begründung) Magneten sind darauf spezialisiert Eisen anzuziehen. Sie steckt beide Sachen an die Magneten und das, was schwerer abzuziehen ist, hat sozusagen gewonnen.	2 (2)
			wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Wenn, muss sie unter jeden Magneten Nägel liegen haben. Wer es schafft, mehr anzuziehen, ist stärker.	3 (3)

VK_Eva_2_ Becher_jaB egr		Welcher Magnet trägt den schwereren Becher?	naive Vorstellung		1 (1)
			Zwischenvorstellung	Weil Knetkugeln leichter sind als Schrauben. (teilweise richtig, aber unspezifisch)	2 (2)
VK_Eva_2_ Becher_nei nBegr			wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Weil es das gleich Gewicht sein muss. (Um es zu testen).	3 (3)
VK_Eva_3_ Pflanze_ja Begr		Ist die Wassermenge für das Wachsen von Pflanzen wichtig?	naive Vorstellung	Wenn die Pflanze 2 genau so wächst wie Pflanze 1 ist das nicht so wichtig.	1 (1)
			Zwischenvorstellung	Weil es auch andere Sachen gibt.	2 (2)
VK_Eva_3_ Pflanze_nei nBegr			wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Weil die nicht nur weniger Wasser, sondern auch mehr von den anderen Sachen bekommt	3 (3)
VK_Eva_5_ Buch_jaBe gr		Mit welchem Buch lernt man am besten?	naive Vorstellung	Weil die Kinder die Sprache lernen. Man denkt immer sein Buch ist besser.	1 (1)
			Zwischenvorstellung		2 (2)
VK_Eva_5_ Buch_nein Begr			wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Weil beide nicht das gleiche Buch haben. Er unterrichtet in zwei Gruppen. Das kann ihm gar nicht weiterhelfen.	3 (3)

Aufgaben mit Optimierung eines Experiments und „richtig“, „halbrichtig“ und „falsch“:

Variablen- name	Bereich	Aufgabe	Beschreibung	Ankerbeispiel	Codierung
VK_Des_1_ Pflanze	Variablen- kontrolle – Design	Ist die Wassermenge für das Wachsen von Pflanzen wichtig?	naive Vorstellung	Ich würde allen das gleiche geben.	1 (1)
			Zwischenvorstellung	Nur wenig Wasser geben.	2 (2)
			wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Ich würde beiden Pflanzen gleich viel Dünger geben und Pflanze 1 viel Wasser geben und Pflanze 2 wenig Wasser.	3 (3)
VK_Des_3_ Wettrenne n_Tipp		Wer rennt am schnellsten?	naive Vorstellung		1 (1)
			Zwischenvorstellung	Wenn alle allein laufen und die Zeit gestoppt wird und wer dann die kürzeste Zeit hat, ist am schnellsten.	2 (2)

			wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Mein Tipp ist: Ich würde mich auf eine Schuhart entscheiden, denn so kann man es besser herausfinden.	3 (3)

Multi-Choice-Aufgaben mit Begründung:

Variablen-name	Bereich	Aufgabe	Beschreibung	Ankerbeispiel	Codierung
VK_Des_5_Magnetstärker_Begr	Variablenkontrolle – Design	Welcher Magnet ist der stärkere?	naive Vorstellung	Weil so finden sie heraus, welcher Magnet stärker ist. Dann haben sie nämlich mehr Beweisungen.	1 (1)
			Zwischenvorstellung	So können Lina und Eva gucken, wer stärker ist. Der den meisten Sand im Becher hat, ist stärker.	2 (2)
			wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Weil man mit den gleichen Sachen messen muss. Wenn man mit dem gleichen Gewicht misst, wäre es fair für beide Magneten.	3 (3)

Aufgaben mit Herausstellung der relevanten Kriterien:

Variablen-name	Bereich	Aufgabe	Beschreibung	Ankerbeispiel	Codierung
VK_Des_9b_Luftikus	Variablenkontrolle – Design	Kannst du selbst ein Experiment planen?	naive Vorstellung	Er muss beachten, dass er die Vögel nicht verschuecht. Wo er es hinstellt. Niemand darf aus dem Wasser trinken.	1 (1)
			Zwischenvorstellung	Dass man eine Schale mit Wasser in Sonnenschein legt und die andere in Schatten. Einmal Wasser draußen hinstellen, wenn die Sonne scheint und das Gegenteil.	2 (2)
			wissenschaftlich adäquate Vorstellung		3 (3)

A.6 „Wir experimentieren“ (Version A) – Hauptstudie

Wir experimentieren!

Version A - prä



Vorname: _____

Nachname: _____

Klasse: _____

Schule: _____

Lehrerin oder Lehrer: _____

Datum: _____

In welchem Jahr bist du geboren?

☐ 2002 ☐ 2003 ☐ 2004 ☐ 2005 ☐ 2006 ☐ 2007

In welchem Monat bist du geboren?

☐ Januar ☐ Februar ☐ März ☐ April
☐ Mai ☐ Juni ☐ Juli ☐ August
☐ September ☐ Oktober ☐ November ☐ Dezember

Ich bin ein ...

☐ ... Junge. ☐ ... Mädchen.

Ich spreche zu Hause auch noch eine andere Sprache ...

☐ nein ☐ ja, welche? _____

Ich komme aus dem Land ... _____

Ich lebe zu Hause zusammen mit ...

☐ ... Mama. ☐ ... Papa.
☐ ... Bruder. ☐ ... Schwester.
☐ ... _____

Wie viele Bücher gibt es bei dir zu Hause ungefähr?



☐ keine oder nur
sehr wenige
Bücher
(0-10 Bücher)



☐ genug, um ein
Regalbrett zu
füllen
(11-25 Bücher)



☐ genug, um ein
Regal zu füllen
(26-100
Bücher)



☐ genug, um zwei
Regale zu
füllen (101-200
Bücher)



☐ genug, um drei oder mehr
Regale zu füllen
(über 200 Bücher)

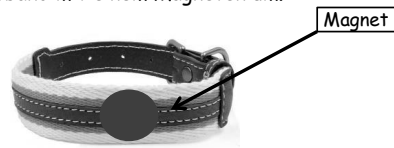
1. Welche Katze hat das Futter gefressen?

Jana vermutet, dass in letzter Zeit eine fremde Katze zu ihnen ins Haus geht und ihrer Katze das Futter wegfrisst. Ihre eigene Katze ist nämlich immer noch hungrig, auch wenn ihr Futter schon weg ist.



Jana möchte nun herausfinden, ob ihre eigene Katze das Futter gefressen hat oder eine andere Katze.

Sie legt ihrer Katze ein Halsband mit einem Magneten um.



Auf den Rand des Futternapfes legt sie eine Büroklammer. Der Magnet am Halsband ist so stark, dass er die Büroklammer auf jeden Fall anzieht. Als sie wieder nachschaut, ist die Büroklammer noch da. Der Futternapf aber leer. Was weiß sie jetzt?

Kreuze nur eine Antwort an!

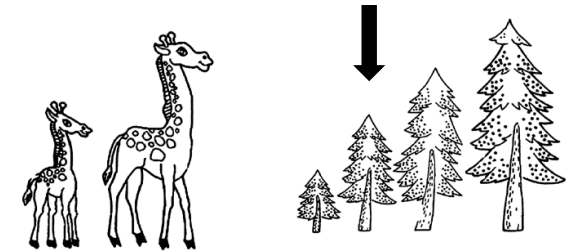
- ☐ Sie weiß, dass ihre eigene Katze das Futter gefressen hat.
- ☐ Sie weiß, dass die fremde Katze das Futter gefressen hat.
- ☐ Es können beide Katzen das Futter gefressen haben.

2. Welche Giraffe hat die Karotte gefressen?

Gabi ist Tierpflegerin. Sie weiß, dass Giraffen gerne Karotten fressen. Im Zoo gibt es zwei verschieden große Giraffen:

- Die große Giraffe kommt mit ihrem Mund an alle Baumspitzen der vier Bäume, die im Giraffengehege stehen.
- Die kleine Giraffe kann mit ihrem Mund nur die Baumspitzen der zwei kleineren Bäume im Gehege erreichen.

Am Abend hat Gabi an der zweitkleinsten Tanne eine Karotte oben an der Baumspitze festgemacht. Am Morgen ist die Karotte weg.



Welche der Giraffen hat die Karotte gefressen?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ die kleine Giraffe
- ☐ die große Giraffe
- ☐ Es können beide Giraffen gewesen sein.

Was muss Gabi tun, um herauszufinden, ob die große Giraffe die Karotte gefressen hat?

3. Welche Maus ist im Haus?

Zwei Brüder wissen, dass eine Maus in ihrem Haus ist. Wenn sie nämlich am Abend ein Stück Käse liegenlassen, dann ist der Käse am Morgen weg.

Sie haben diese Maus aber noch nie gesehen.

Klaus denkt, es ist eine kleine Maus. 

Herbert denkt, es ist eine große Maus.



Die Brüder wollen nun herausfinden, ob sie eine große oder eine kleine Maus im Haus haben.

Sie bauen zwei Häuschen: eins mit einem großen und eins mit einem kleinen Loch:



Die große Maus passt nur durch das große Loch, nicht durch das kleine Loch.

In welches Häuschen sollen sie über Nacht den Käse legen, um herauszufinden, ob sie eine große oder eine kleine Maus in ihrem Haus haben?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Sie sollen den Käse in das Häuschen mit dem kleinen Loch legen.
- ☐ Sie können das auf diese Weise nicht herausfinden.
- ☐ Sie sollen den Käse in das Häuschen mit dem großen Loch legen.

4. Können Duros besser riechen als Ondis?

Auf dem Planeten Kaschi leben zwei verschiedene Tiere: Duros und Ondis.



Duro



Ondi

Mark kommt zu Besuch auf den Planeten. Er hat gehört, dass die Duros besser riechen können als die Ondis. Nun möchte er herausfinden, ob das auch stimmt.

Er hat folgende Idee: Er will Futter in einer Kiste im Wald verstecken. Dann will er gucken, ob die Tiere das Futter finden. Er kann zwischen zwei Futtersorten auswählen:

- Das eine Futter riecht sehr stark. Es riecht so stark, dass die Ondis es riechen können.
- Das andere Futter riecht sehr schwach. Die Ondis können es nicht riechen.

Wie kann Mark herausfinden, ob die Duros besser riechen können als die Ondis?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Er soll das Futter mit dem schwachen Geruch in die Kiste legen.
- ☐ Er soll das Futter mit dem starken Geruch in die Kiste legen.
- ☐ Er soll beide Sorten Futter in die Kiste legen.
- ☐ Er kann es auf diese Weise nicht herausfinden.

5. Welcher Magnet ist stärker?

Lena hat zwei Magneten. Sie möchte gerne herausfinden, welcher Magnet stärker ist. Sie weiß, dass ein Magnet Eisen anzieht. Deshalb sucht sie sich Dinge aus Eisen zum Überprüfen: Büroklammern und Nägel.



Sie vermutet, dass der größere Magnet stärker ist. Sie hängt an den größeren Magneten Büroklammern. An den kleineren Magneten hängt sie Nägel. Anschließend zählt sie die Büroklammern und die Nägel.



Kann Lena so herausfinden, welcher der beiden Magneten stärker ist?

Kreuze an und begründe deine Antwort!

☐ Ja.
Warum?

☐ Nein.
Warum?

6. Ist der heruntergefallene Magnet schwächer?

Marie hat zwei Scheibenmagneten. Diese sind genau gleich groß.



Marie ist ein Magnet heruntergefallen. Sie vermutet, dass der heruntergefallene Magnet nun schwächer ist.

Um ihre Vermutung zu überprüfen überlegt sie sich ein Experiment. Sie benutzt dazu einen Becher mit einer Mutter aus Eisen, an dem sie einen Magneten befestigen kann.



Experiment

Um die Vermutung zu überprüfen, testet Marie in einem Experiment beide Magneten. In den Becher für den heruntergefallenen Magneten füllt sie leichte Knetkugeln. In den Becher für den nicht heruntergefallenen Magneten füllt sie schwere Schrauben. Danach beobachtet sie, welcher Magnet mehr tragen kann. Am Ende des Experiments zählt sie die Knetkugeln und die Schrauben.

heruntergefallener Magnet	nicht heruntergefallener Magnet
	

Kann Marie so herausfinden, ob der heruntergefallene Magnet schwächer ist?

Kreuze an und begründe deine Antwort!

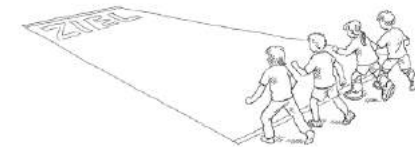
☐ Ja.
Warum?

☐ Nein.
Warum?

7. Wer kann am schnellsten rennen?

Um Fragen zu beantworten, machen Forscherinnen und Forscher Experimente. Dabei muss einiges beachtet werden. Prüfe, ob das folgende Experiment gut ist:

Paul, Lasse, Leonie und Emma wollen wissen, wer von ihnen am schnellsten rennen kann. Paul hat Wanderschuhe, Lasse hat Turnschuhe und Leonie hat Skischuhe an. Emma ist barfuß. Um herauszufinden, wer am schnellsten ist, machen sie ein Wettrennen. Sie stellen sich an eine Startlinie und rennen alle gleichzeitig los.



Was sagst du zu diesem Experiment?

Kreuze alles an, was richtig ist.

- ☐ Die Kinder finden mit dem Wettrennen heraus, wer am schnellsten rennen kann.
- ☐ Nach diesem Wettrennen kann man nicht sagen, wer am schnellsten rennen kann.
- ☐ Das Wettrennen ist nicht fair, weil nicht alle dieselben Schuhe tragen.
- ☐ Das Wettrennen ist unnötig, weil das Kind mit den Turnschuhen immer am schnellsten ist.

Gib den Kindern einen Tipp, wie das Wettrennen für alle gerecht wird.

8. Mit welchem Buch lernt man am besten?

In einem Phantasieland lernen die Kinder in der Schule eine Sprache. Diese Sprache heißt Felu. Herr Timber hat zwei verschiedene Bücher, um diese Sprache zu unterrichten. Er weiß aber nicht, welches Buch besser ist. Deshalb macht er ein Experiment.

Mit Buch 1 unterrichtet er die Kinder, die die Sprache schon etwas können.	Javin! Ossus?	1
Mit Buch 2 unterrichtet er die Kinder, die die Sprache noch gar nicht können.		2

Kann Herr Timber so herausfinden, welches Buch besser ist?

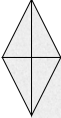
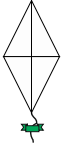
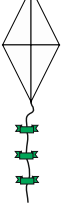
Kreuze nur eine Antwort an. Begründe deine Antwort!

☐ Ja.
Warum?

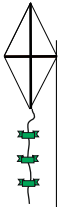
☐ Nein.
Warum?

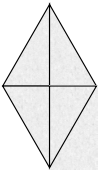
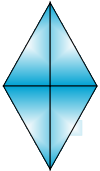
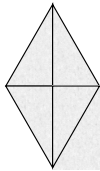
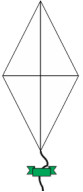
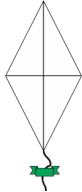
9. Fliegt ein Drachen mit einem langen Schweif besser?

Anna bastelt gerne Drachen. Sie will, dass ihre Drachen möglichst gut fliegen. Sie hat ein paar Ideen, wovon es abhängen könnte, dass ein Drachen möglichst gut fliegt.

Sie überlegt sich, dass ein Drachen aus Papier oder aus Kunststoff gebastelt werden kann.		
Sie überlegt sich, dass ein Drachen einen kurzen oder einen langen Schweif haben kann.		
Sie überlegt sich, dass ein Drachen mit Streben aus Holz oder mit Streben aus Metall gebaut werden kann.		

Anna vermutet, dass ein Drachen mit einem langen Schweif besser fliegt als ein Drachen mit einem kurzen Schweif. Sie möchte nun zwei Drachen basteln, um ihre Vermutung zu überprüfen.



Wie kann Anna herausfinden, ob ein Drachen mit langem Schweif besser fliegt als ein Drachen mit kurzem Schweif?			
Drachen 1		Drachen 2	
aus Papier ☐	aus Kunststoff ☐	aus Papier ☐	aus Kunststoff ☐
			
kurzer Schweif ☐	langer Schweif ☐	kurzer Schweif ☐	langer Schweif ☐
			
Streben aus Holz ☐	Streben aus Metall ☐	Streben aus Holz ☐	Streben aus Metall ☐
			

10. Welches Experiment hilft Hans Luftikus?

Hans Luftikus hat etwas beobachtet, was ihn erstaunt hat. Wenn es draußen warm ist, muss er viel häufiger das Wasser in der Vogeltränke auffüllen, als wenn es draußen kalt ist. Er fragt sich: „Verdunstet das Wasser in der Schale schneller, wenn es draußen warm ist?“



Tipp: Wenn man Wasser eine Zeit lang in einer Schale stehen lässt, verschwindet es. Man sagt: „Das Wasser verdunstet.“

Kannst du Hans Luftikus einen Tipp geben, welches Experiment er machen soll, um diese Frage zu beantworten?

Beschreibe:

Was muss Hans Luftikus bei seinem Experiment unbedingt beachten, um seine Frage beantworten zu können?

11. Wovon bekommen die Sekianer rote Flecken?

Auf dem Planeten Seki leben die Sekianer. Eine Forscherin beobachtet, dass viele Sekianer nach dem Essen rote Flecken auf der Haut bekommen. Sie möchte gerne herausfinden, woran es liegen kann.

Sie überlegt:

Liegt es an den Früchten, die sie essen?	
Liegt es an den Blättern, die sie essen?	
Liegt es an den Süßigkeiten, die sie essen?	

Die Forscherin vermutet, dass es an den Früchten liegt.

Wie kann die Forscherin herausfinden, ob die Sekianer von den Früchten rote Flecken auf der Haut bekommen?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Sie soll ein paar Sekianer beobachten und schauen, ob sie rote Flecken bekommen.
- ☐ Sie soll zwei Gruppen von Sekianern beobachten. Eine Gruppe isst Früchte und eine Gruppe isst keine Früchte. Sie müssen aber sonst genau das gleiche essen. Dann muss sie beobachten, welche Gruppe rote Flecken auf der Haut bekommt.
- ☐ Sie soll zwei Gruppen von Sekianern beobachten. Beide essen Früchte. Sonst essen sie ganz verschiedene Sachen. Dann muss sie beobachten, welche Sekianer rote Flecken auf der Haut bekommen.

12. Sind größere Magneten stärker?

Alex, Greta und Sophie haben zwei verschieden große Magneten.



Sie überlegen, welcher Magnet der stärkere ist.

Wer hat Recht und wer nicht? Kreuze jeweils an!		
	Hat Recht	Hat <u>nicht</u> Recht
Alex sagt: „Mein Magnet ist der stärkere, weil er größer ist.“	☐	☐
Greta sagt: „Mein Magnet ist der stärkere, weil kleinere Magneten mehr Magnetkraft haben.“	☐	☐
Sophie sagt: „Nur weil ein Magnet größer ist als der andere, ist er nicht unbedingt stärker.“	☐	☐

Wie können Alex, Greta und Sophie überprüfen, welcher Magnet der stärkere ist?

Beschreibe:

A.7 Culture Fair Test 20-R zur Erfassung der Intelligenz

Name _____

Datum _____

Frageb😊genheft

CFT 20-R

Teil 1

Bitte nicht umblättern,
bevor dazu aufgefordert wird!

CFT

Test 1 Beispiele

(Teil 1)

erstes Beispiel

a b c d e

Bei diesem Beispiel ist a die richtige Lösung.
Sie ist auf dem Antwortbogen bereits angestrichen.

zweites Beispiel

a b c d e

drittes Beispiel

a b c d e

In jeder Reihe soll also immer diejenige von den 5 Figuren auf der rechten Seite ausgewählt werden, die zu den 3 Figuren auf der linken Seite am besten passt.

Der Buchstabe, der zu dieser Figur gehört, soll dann jeweils auf dem Antwortbogen angestrichen werden.
Auf den beiden nächsten Seiten findet man 15 Aufgaben, die genauso gelöst werden sollen, wie wir das eben geübt haben.

Halt! Bitte nicht umblättern, bevor dazu aufgefordert wird!

3

Test 1

(Teil 1)

1.

a b c d e

2.

a b c d e

3.

a b c d e

4.

a b c d e

5.

a b c d e

6.

a b c d e

7.

a b c d e

8.

a b c d e

Bitte weiter auf der nächsten Seite!

4

329

Test 1

(Teil 1)

9.					a	b	c	d	e
10.					a	b	c	d	e
11.					a	b	c	d	e
12.					a	b	c	d	e
13.					a	b	c	d	e
14.					a	b	c	d	e
15.					a	b	c	d	e

Ende von Test 1 Halt!
Bitte nicht umblättern, bevor dazu aufgefordert wird!

Bitte nicht umblättern,
bevor dazu aufgefordert wird!

Test 2 Beispiele

(Teil 1)

erstes Beispiel

Beim ersten Beispiel ist c die richtige Lösung. Diese ist auf dem Antwortbogen unter Test 3 schon angestrichen.

zweites Beispiel

drittes Beispiel

Bei jeder Aufgabe soll also rechts ein Kästchen mit der Zeichnung ausgewählt werden, die in das leere Kästchen links am besten hineinpasst, um den Kasten richtig zu vervollständigen.

Diesmal sind es wieder 15 Aufgaben, die auf den drei nächsten Seiten auf diese Weise gelöst werden sollen.

Halt! Bitte nicht umblättern, bevor dazu aufgefordert wird!

Test 2

(Teil 1)

1.

2.

3.

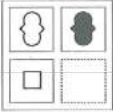
4.

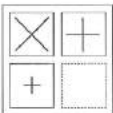
5.

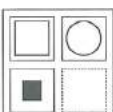
Bitte weiter auf der nächsten Seite!

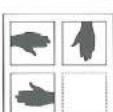
Test 2

(Teil 1)

6.  a  b  c  d  e 

7.  a  b  c  d  e 

8.  a  b  c  d  e 

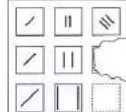
9.  a  b  c  d  e 

10.  a  b  c  d  e 

Bitte weiter auf der nächsten Seite – es folgen noch 5 Aufgaben!

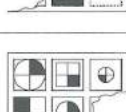
Test 2

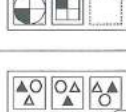
(Teil 1)

11.  a  b  c  d  e 

12.  a  b  c  d  e 

13.  a  b  c  d  e 

14.  a  b  c  d  e 

15.  a  b  c  d  e 

Ende von Test 2 Halt!
Bitte nicht umblättern, bevor dazu aufgefordert wird!

Bitte nicht umblättern,
bevor dazu aufgefordert wird!

Test 3 Beispiele

(Teil 1)

erstes Beispiel

	a	b	c	d	e

Beim ersten Beispiel ist c die richtige Lösung, weil man nur hier den Punkt in den Kreis setzen kann, ohne dass er gleichzeitig im Viereck liegt. Auf dem Antwortbogen ist deshalb der Buchstabe c unter Test 4 bereits angestrichen.

Bei den folgenden Beispielen und bei den Aufgaben darf man den Punkt aber nicht einzeichnen, sondern nur den entsprechenden Buchstaben auf dem Antwortbogen anstreichen.

zweites Beispiel

	a	b	c	d	e

drittes Beispiel

	a	b	c	d	e

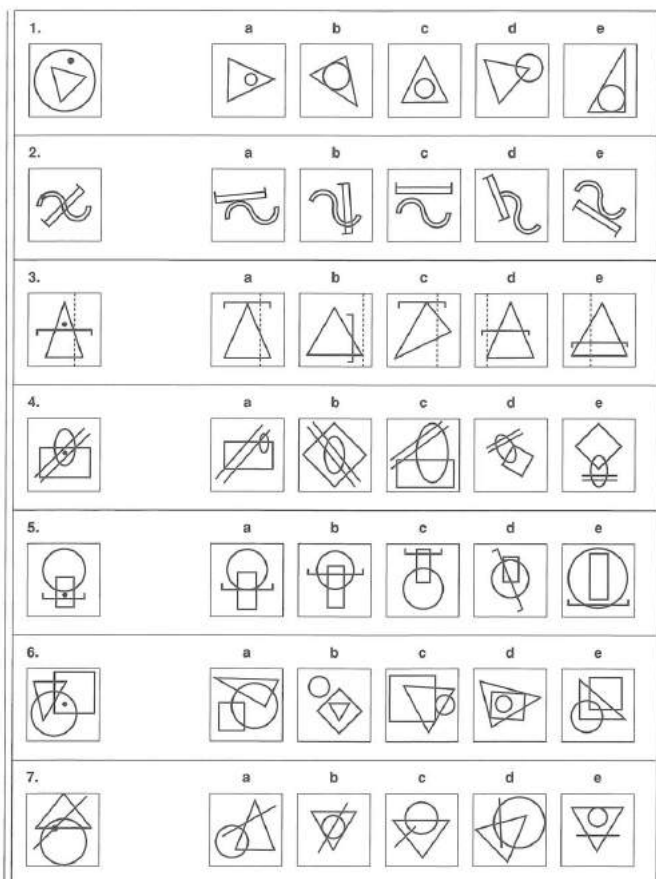
Bei jeder Aufgabe soll man also zunächst genau hinsehen, wo der Punkt liegt und dann unter den 5 Auswahlfiguren diejenige herausuchen, in welcher der Punkt genauso liegen könnte. Bei einigen Aufgaben sind jedoch 2 oder 3 Punkte vorhanden. Diesmal sind nur 11 Aufgaben auf den beiden nächsten Seiten zu bearbeiten.

Bitte daran denken, dass nichts in das Heft gezeichnet werden darf, also auch keine Punkte in die Aufgaben einzeichnen, sondern nur im Antwortbogen den Lösungsbuchstaben anstreichen.

Halt! Bitte nicht umblättern, bevor dazu aufgefordert wird!

Test 3

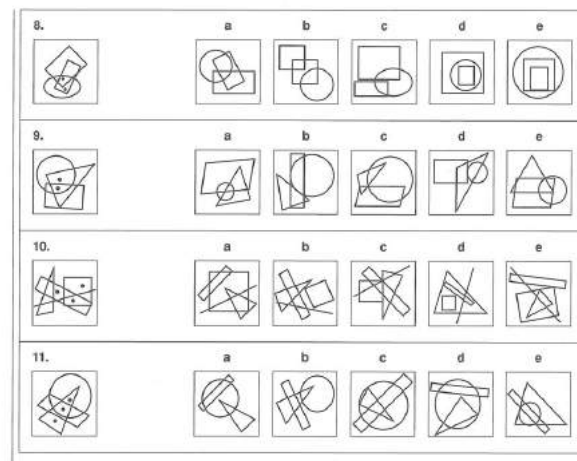
(Teil 1)



Bitte weiter auf der nächsten Seite!

Test 3

(Teil 1)



Ende von Test 3
Geschafft! ©

A.8 Gruppentestfähige Paper-Pencil-Version des Farbe-Wort-Interferenz-Tests zur Erfassung der Inhibitionsfähigkeit

Name _____

Datum _____

Frageb😊genheft

FWIT

Beispielaufgabe 1

Hier unten siehst du fünf Wörter. Welche Farbe steht dort in schwarz geschrieben? Streiche an!

BLAU				
ROT				
GELB				
BLAU				
ROT				

Streiche die Farbe an, die hier in schwarz steht!														
Beispiel:					GELB									
GELB					ROT					GRÜN				
ROT					BLAU					ROT				
GRÜN					GRÜN					BLAU				
GELB					ROT					GELB				
BLAU					GELB					ROT				
GRÜN					BLAU					GRÜN				
ROT					GRÜN					GELB				
BLAU					GELB					BLAU				
GRÜN					ROT					GRÜN				
GELB					GRÜN					ROT				
ROT					GELB					GELB				
GRÜN					BLAU					GRÜN				
BLAU					ROT					ROT				
ROT					GRÜN					BLAU				
GELB					BLAU					GELB				
GRÜN					GELB					GRÜN				
ROT					GRÜN					BLAU				
BLAU					BLAU					ROT				
GELB					ROT					GRÜN				
GRÜN					GELB					GELB				
BLAU					GRÜN					BLAU				
ROT					ROT					ROT				
GELB					BLAU					GELB				
BLAU					GELB					BLAU				

Beispielaufgabe 2

Hier unten siehst du links fünf Balken. Welche Farbe hat der Balken?
Streiche an!

Streiche die Farbe an, die der Balken links hat!

Beispiel:     

Beispielaufgabe 3

Hier unten siehst du fünf bunt geschriebene Farbwörter. Die Farbe und das Farbwort sind dabei immer verschieden. In welcher Farbe ist das Wort geschrieben? Streiche an!

GRÜN				
GELB				
ROT				
BLAU				
GELB				

Streiche die Farbe an, in der das Farbwort geschrieben ist!														
Beispiel:					GRÜN									
ROT					ROT					BLAU				
BLAU					GRÜN					GRÜN				
ROT					GELB					ROT				
GRÜN					BLAU					BLAU				
GELB					GRÜN					GELB				
ROT					ROT					GRÜN				
BLAU					BLAU					ROT				
GRÜN					GELB					GELB				
GELB					GRÜN					GRÜN				
ROT					ROT					ROT				
BLAU					BLAU					GELB				
GRÜN					GELB					BLAU				
GELB					ROT					GRÜN				
ROT					GRÜN					GELB				
BLAU					BLAU					GRÜN				
GRÜN					GELB					GELB				
GELB					ROT					BLAU				
ROT					GRÜN					ROT				
BLAU					BLAU					GELB				
GRÜN					ROT					BLAU				
GELB					GRÜN					GELB				
ROT					BLAU					ROT				
BLAU					GRÜN					GELB				

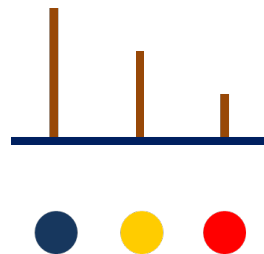
Geschafft! ☺

A.9 Gruppentestfähige Paper-Pencil-Version des Tests „Turm von London“ zur Erfassung der Problemlösefähigkeit

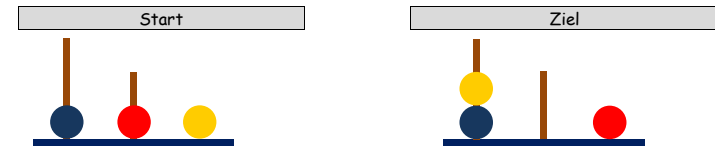
Name _____

Datum _____

Frageb😊gen



Beispielaufgabe

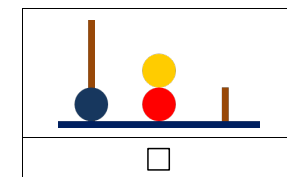
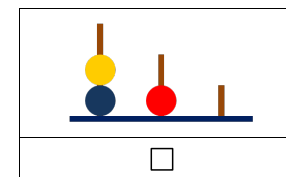
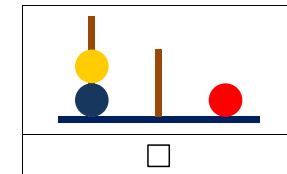
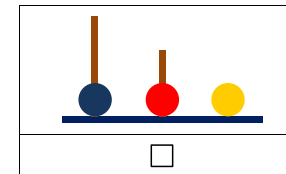


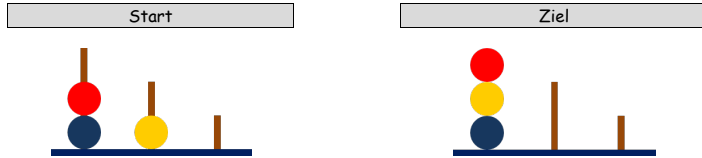
Hier unten siehst du vier Bilder. Die Bilder zeigen das Startbild und das Zielbild. Außerdem siehst du noch zwei Bilder: Ein Bild zeigt einen Zug, um vom Start zum Ziel zu kommen. Das andere Bild ist falsch und führt nicht zum Ziel.

Komme in zwei Zügen zum Ziel! (Der letzte Zug ist das Zielbild.)

Leider sind die Bilder nicht mehr in der richtigen Reihenfolge und ein Bild ist falsch und führt nicht zum Ziel.

Suche die richtigen Bilder und schreibe unter die Bilder die Zahlen von 1 bis 3! Beginne mit 1 bei dem Startbild.

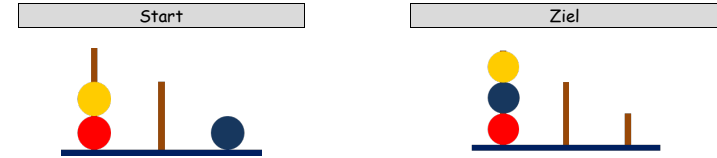
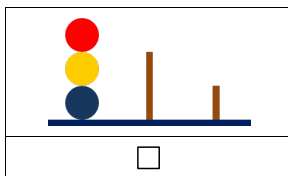
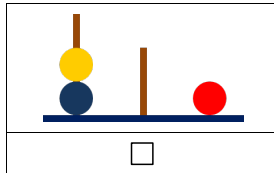
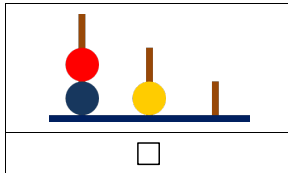
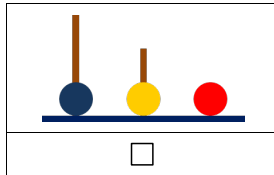
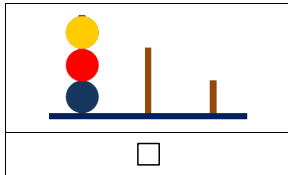




Komme in **drei** Zügen zum Ziel! (Der letzte Zug ist das Zielbild.)

Leider sind die Bilder nicht mehr in der richtigen Reihenfolge und ein Bild ist falsch und führt nicht zum Ziel.

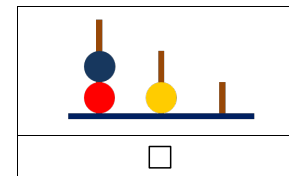
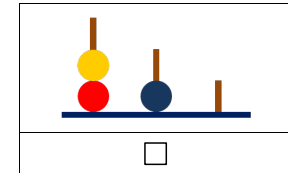
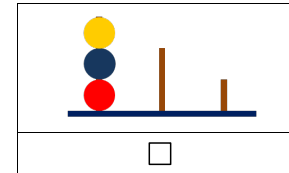
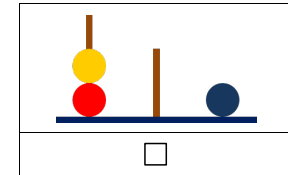
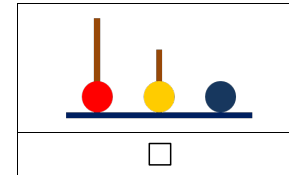
Suche die richtigen Bilder und schreibe unter die Bilder die Zahlen von 1 bis 4!
Beginne mit 1 bei dem Startbild.

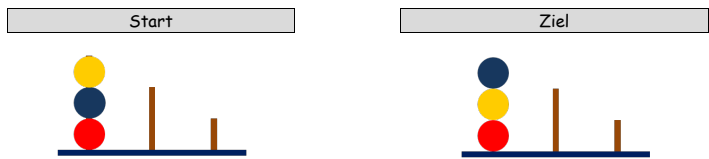


Komme in **drei** Zügen zum Ziel! (Der letzte Zug ist das Zielbild.)

Leider sind die Bilder nicht mehr in der richtigen Reihenfolge und ein Bild ist falsch und führt nicht zum Ziel.

Suche die richtigen Bilder und schreibe unter die Bilder die Zahlen von 1 bis 4!
Beginne mit 1 bei dem Startbild.

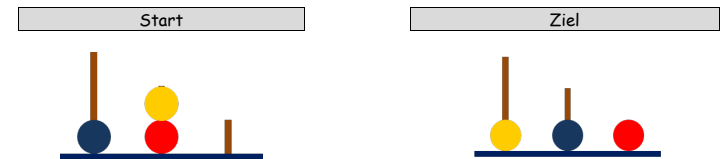
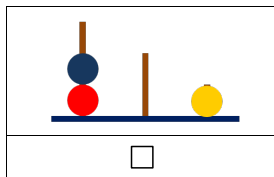
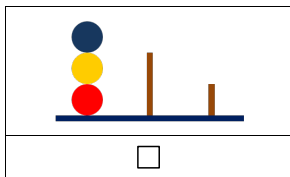
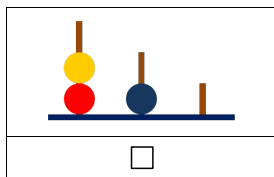
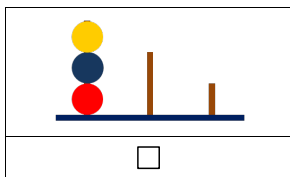
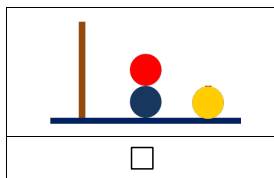
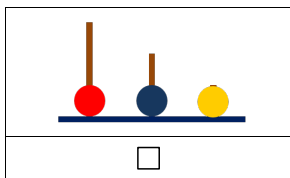




Komme in **vier** Zügen zum Ziel! (Der letzte Zug ist das Zielbild.)

Leider sind die Bilder nicht mehr in der richtigen Reihenfolge und ein Bild ist falsch und führt nicht zum Ziel.

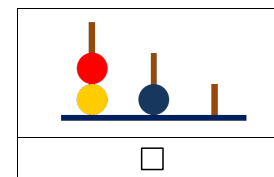
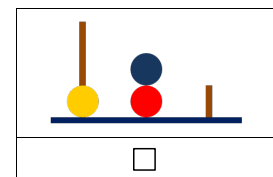
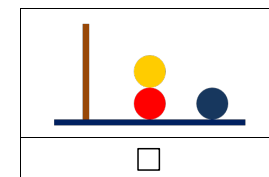
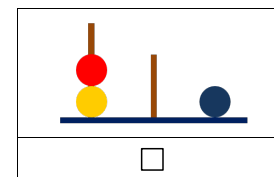
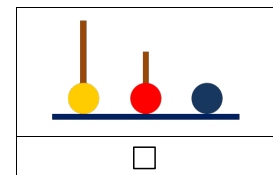
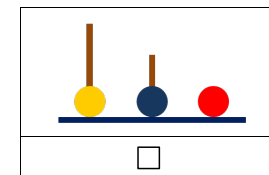
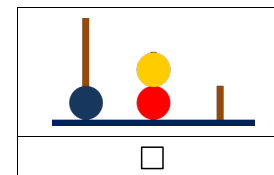
Suche die richtigen Bilder und schreibe unter die Bilder die Zahlen von 1 bis 5!
Beginne mit 1 bei dem Startbild.

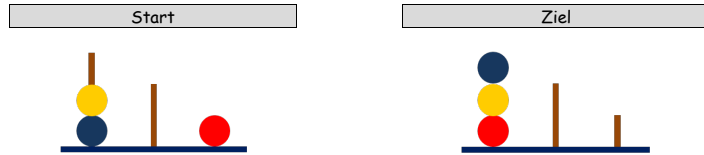


Komme in **fünf** Zügen zum Ziel! (Der letzte Zug ist das Zielbild.)

Leider sind die Bilder nicht mehr in der richtigen Reihenfolge und ein Bild ist falsch und führt nicht zum Ziel.

Suche die richtigen Bilder und schreibe unter die Bilder die Zahlen von 1 bis 6!
Beginne mit 1 bei dem Startbild.





Komme in **sechs** Zügen zum Ziel! (Der letzte Zug ist das Zielbild.)

Leider sind die Bilder nicht mehr in der richtigen Reihenfolge und ein Bild ist falsch und führt nicht zum Ziel.

Suche die richtigen Bilder und schreibe unter die Bilder die Zahlen von 1 bis 7!
Beginne mit 1 bei dem Startbild.



A.10 Ein Leseverständnistest für Erst- bis Sechstklässler zur Erfassung des Leseverständnisses

Name _____

Datum _____

Frageb😊genheft

Du siehst hier kleine Geschichten mit einer Frage.
Bitte streiche die richtige Antwort an!

Beispiele:

Heute scheint den ganzen Tag die Sonne.

Welcher Satz stimmt?

☐ Heute ist schönes Wetter.	☐ Morgen wird es regnen.
☐ Gestern war schönes Wetter.	☐ Heute regnet es.

Ein Pferd, das ist ein großes Tier. Es hat auch Beine und zwar vier.

Ein Pferd ...

☐ ist ganz klein.	☐ hat vier Beine.
☐ hat braune Haare.	☐ frisst Gras.



Stopp! Noch nicht umblättern!

Tim freut sich, wenn die Sonne scheint. Dann kann er mit seinen Freunden Fußball spielen.

Tim ...

☐ isst gerne Obst.	☐ macht seine Hausaufgaben.
☐ ärgert seine Schwester.	☐ spielt gerne Fußball.

1

Felix spielt mit seinem schönen neuen Ball. Felix sagt, dass Jan und Eva nicht mitspielen dürfen. Deshalb sind sie böse auf ihn.

Felix spielt ...

☐ nicht mit Jan und Eva.	☐ mit dem Ball von Jan und Eva.
☐ mit Jan und Eva.	☐ gern mit Jan und Eva.

2

Jan und Eva sind böse, weil ...

☐ er einen neuen Ball hat.	☐ er sie nicht mitspielen lässt.
☐ sie nicht gern spielen.	☐ er nicht mit dem Ball spielt.

3

Evi und ihr großer Bruder Stefan wollen fernsehen. Sie können sich aber nicht auf ein Programm einigen und fangen an zu streiten. Stefan nimmt Evi die Fernbedienung weg und schaltet auf seine Lieblingssendung. Evi sagt: „Das ist gemein! Immer machst du was du willst, nur weil du der Stärkere bist!“

Welcher Satz ist richtig?

☐ Evi ist stärker als ihr großer Bruder.	☐ Evi möchte etwas anderes anschauen als Stefan.
☐ Stefan und Evi möchten dieselbe Sendung anschauen.	☐ Evi und Stefan streiten sich nie.

4

Paula ist mit ihren Eltern in den Ferien ans Meer gefahren. Am Strand spielt sie im Sand und sammelt schöne, farbige Muscheln. Die findet sie so schön.

Paula ...

☐ ist mit ihren Eltern in die Berge gefahren.	☐ schwimmt gerne im Meer.
☐ hat Angst vor Krebsen.	☐ mag farbige Muscheln.

5

Wale legen keine Eier sondern bringen ihre Jungen lebend zur Welt. Die Jungen trinken bei ihrer Mutter Milch. Deshalb sind Wale keine Fische, sondern Säugetiere.

Wale ...

☐ sind Fische.	☐ sind Säugetiere.
☐ legen Eier.	☐ fressen am liebsten Fische.

6

Wale leben im Meer. Zum Atmen schwimmen sie zur Wasseroberfläche. Dort holen sie tief Luft und können dann lange unter Wasser tauchen.

Wale ...

☐ können unter Wasser atmen.	☐ leben in Seen.
☐ müssen zum Luftholen zur Wasseroberfläche kommen.	☐ können nur kurz tauchen.

7

Lars muss für seine Mutter einkaufen. Im Laden kann er aber das Geld nicht finden. Hat er es verloren? Mutter wird böse sein. Er erzählt der Mutter aus Angst eine erfundene Geschichte über einen Dieb. Die Mutter schüttelt den Kopf und sagt: „Du hast das Geld hier vergessen!“ Da wird Lars rot und schämt sich sehr.

Lars erfindet eine Ausrede, weil ...

☐ er glaubt, das Geld verloren zu haben.	☐ er nicht einkaufen will.
☐ ein Dieb ihm das Geld gestohlen hat.	☐ die Mutter den Kopf schüttelt.

8

Mutter weiß, dass ...

☐ Lars die Wahrheit sagt.	☐ Lars das Geld verloren hat.
☐ ein Dieb ihm das Geld gestohlen hat.	☐ Lars geschwindelt hat.

9

Lars sagt zu seiner Mutter, dass ...

☐ er das Geld verloren hat.	☐ ein Dieb ihm das Geld gestohlen hat.
☐ er das Geld im Laden gefunden hat.	☐ er Angst hat.

10

Die Kinder spielen verstecken. Fast jeder hat ein gutes Versteck. Alex ist leicht zu finden.

Alex ...

☐ findet die anderen Kinder leicht.	☐ hat ein gutes Versteck.
☐ ist der Fänger.	☐ hat ein schlechtes Versteck.

11

Anna und Martin dürfen heute nicht draußen spielen. Es ist zu kalt. Sie helfen der Mutter beim Kuchen backen. „Das Backen macht zwar keinen Spaß“, sagt Martin zu Anna, „aber der Kuchen schmeckt gut.“

Die Kinder dürfen heute ...

☐ der Mutter nicht in der Küche helfen.	☐ draußen in der Kälte spielen.
☐ nur im Haus spielen.	☐ keinen Kuchen essen.

12

Martin isst gerne Kuchen, aber ...

☐ das Backen macht ihm keinen Spaß.	☐ die Mutter sagt, dass er keinen Kuchen essen darf.
☐ er hilft gern beim Backen.	☐ Anna sagt, dass Backen keinen Spaß macht.

13

Was wird in dieser Geschichte erzählt?

☐ Martin will Kuchen backen, weil es draußen zu kalt ist.	☐ Die Kinder backen Kuchen, anstatt draußen in der Kälte zu spielen.
☐ Die Kinder spielen zuerst draußen, dann helfen sie beim Kuchen backen.	☐ Martin sagt zu Anna, dass er lieber bäckt als spielt.

14

Nicki ist der einzige Hase mit kurzen Ohren. Alle anderen Hasen lachen ihn deshalb aus. Aber Nicki lacht auch, denn er weiß, dass Jäger lange Ohren besser sehen können als kurze Ohren.

Nicki ...

☐ hat lange Ohren.	☐ ist ein Jäger.
☐ hat keine langen Ohren.	☐ ist kein Hase.

15

Nicki lacht, weil er weiß, dass Jäger ...

☐ kurze Ohren besser sehen können.	☐ kurze und lange Ohren gleich gut sehen können.
☐ Hasen nicht sehen können.	☐ die Ohren der anderen Hasen besser sehen können.

16

Tina muss heute als Hausaufgabe eine Geschichte lesen. Sie hat keine Lust dazu. Endlich fängt sie an. Es ist eine spannende Geschichte. Tina staunt: Hausaufgaben können auch Spaß machen.

Tina ...

☐ liest gern, aber die Geschichte hat ihr nicht gefallen.	☐ hatte zuerst keine Lust zu lesen, aber die Geschichte hat ihr dann gefallen.
☐ hat die Geschichte gelesen, weil sie keine Lust hatte.	☐ hat vergessen, ihre Hausaufgaben zu machen.

17

Tina hat ...

☐ eine langweilige Geschichte gelesen.	☐ eine spannende Geschichte geschrieben.
☐ ihre Hausaufgaben nicht gemacht.	☐ etwas Spannendes gelesen.

18

Vor vielen tausend Jahren lebten in Europa große behaarte Elefanten, die Mammuts. Gegen Ende der Eiszeit starben diese Tiere jedoch aus. Man weiß heute sehr genau wie sie aussahen, weil man einige Mammuts im Dauerfrostboden Sibiriens gefunden hat. Dort waren sie wie in einer Gefriertruhe eingefroren.

Was steht im Text?

☐ Mammuts wurden von den Steinzeitmenschen gejagt.	☐ Mammuts hatten keine Haare.
☐ Einige Mammuts sind seit der Eiszeit im Boden Sibiriens eingefroren.	☐ Mammuts hatten eine dicke Speckschicht.

19

Lena ist die beste Freundin von Steffi. Sie wollen heute nach der Schule zusammen spielen. Steffi hat Lena versprochen zu kommen.

Wer kommt zu wem?

☐ Lena kommt zum Spielen zu Steffi.	☐ Die beiden Mädchen treffen sich auf dem Spielplatz.
☐ Steffi kommt zum Spielen zu Lena.	☐ Jeder bleibt heute daheim.

20



Stopp! Hier ist der Test zu Ende!

A.11 Lehrereinschätzungsbogen zur Erfassung der Leistungsstärke

In diesem Teil sind wir zunächst an den Noten der Kinder interessiert. Die Eltern wurden von uns darüber informiert, dass wir diese Informationen von Ihnen erfragen. Falls bei den Kindern (noch) keine Noten vorliegen, bitten wir Sie, uns eine Note anzugeben, die Sie dem Kind geben würden.

Bitte geben Sie die Noten der Kinder als normale Ziffernnoten wieder. Die Angaben können also folgende Form haben: 1+, 1-, 2+, 2-, 2, 3+, 3-, 3, 4+, 4-, 4, 5+, 5-, 5, 6+, 6-, 6.

1

Bitte geben Sie Ihre Einschätzung der Leistungsstärke der Kinder in 18 Rangfolgen entsprechend der normalen Ziffernnoten an. Die Angaben können also folgende Form haben: 1*, 1, 1, 2*, 2, 3*, 3, 3*, 4*, 4, 4*, 5*, 5, 5*, 6*, 6, 6*.

logisches Denken: schrittweisen Zusammenhänge entdecken, ordnen, klassifizieren
kreatives, selbstständiges Denken: Ideen entwickeln, Lösungsweg finden, Begründungen suchen und entwickeln
Gesamteinrichtung: sehr gute/r Schüler/in (1), gute/r Schüler/in (2), mittlere/r Schüler/in (3), schwache/r Schüler/in (4), sehr schwache/r, förderbedürftige/r Schüler/in (5)

- die Konzentrationsfähigkeit
- das Interesse an naturwissenschaftlichen Experimenten (Freude an Phänomenen, Interesse an der Durchführung von Versuchen oder an Sachbüchern, in denen Experimente beschrieben werden ...)
- die Unterstützung durch die Eltern
- das kooperative Verhalten
- die Mitarbeit im Sachunterricht
- die Disziplin (unterstützt/fordert oder stört/hindert den Unterricht)
- die Erfolgszuversicht
- die Einteilung nach Gewissheitsorientierung
 - o Gewissheitsorientierung (Orientierung an sicherem Wissen (Was stimmt denn nun? (z. B. bei verschiedenen Lösungswegen), Arbeiten nach Anleitung (auch durch die Lehrperson), Orientierung an deutlicher Bestätigung durch die Lehrperson (z. B. Frau/Herr ... Ist das so richtig? Kann ich das so lassen? Soll ich jetzt diese Aufgabe machen? ...))
 - o Ungewissheitsorientierung (selbstständiges, entdeckendes Lernen, Freude am Problemlösen, ungewisse Situationen werden nicht als unangenehm erlebt)
- die Anstrengungsbereitschaft im Unterricht

Bitte geben Sie Ihre Einschätzung der oben genannten Merkmale hinsichtlich einer stark positiven Ausprägung eines Merkmals (+) oder stark negativen Ausprägung eines Merkmals bzw. eines Mangels (-), sonst (o) an. Die Angaben können also folgende Form haben: +, -, o.

3

Teil II
Unterrichtete Themen in der an der Studie teilnehmenden Klasse

Hier benötigen wir Angaben dazu, ob das von uns untersuchte Themengebiet des Magnetismus (mit dem Schwerpunkt des Experimentierens) in der Klasse unterrichtet wurde. Bitte geben Sie jeweils an, ob das genannte Thema in der Klasse unterrichtet wurde und welchen Umfang die Behandlung des Themas einnahm. Dabei interessieren uns sowohl generelle Themen als auch einzelne Aspekte, die im Rahmen einer Unterrichtseinheit möglicherweise thematisiert wurden.

WICHTIGE HINWEISE

Falls die Angaben über den Unterricht nur auf einen Teil der Klasse zutreffen (z. B. weil die Kinder im letzten Schuljahr nicht im selben Klassenverband waren), geben Sie bitte die Namen der Kinder an, für die die Angaben **nicht** zutreffen.

Bitte schätzen Sie den zeitlichen Umfang ein, den ein Thema einnahm. Kreuzen Sie bitte an, wie viele Doppelstunden (eine Doppelstunde = 2 x 45 Minuten) die Bearbeitung des Themas ungefähr einnahm.

	Bitte hier ankreuzen, ob das Thema unterrichtet wurde.		Falls das Thema unterrichtet wurde:					fünf Doppelstunden oder weniger
	Thema wurde unterrichtet	Thema wurde nicht unterrichtet	eine Doppelstunde oder weniger	zwei Doppelstunden	drei Doppelstunden	vier Doppelstunden		
Magnetismus								
Erdmagnetismus								
Elektromagnetismus								
Sonstiges (bitte auflisten)								

Teil II – Fortsetzung
Unterrichtete Themen in der an der Studie teilnehmenden Klasse

1. Falls Sie den Themenbereich Magnetismus unterrichtet haben:
a. Haben Sie im Unterricht oder bei der Planung die unveröffentlichte „Klasse(n)kiste“ des Seminars für Didaktik des Sachunterrichts eingesetzt?
o nein
o ja, und zwar folgende Unterrichtssequenzen:

b. Haben Sie im Unterricht oder bei der Planung das veröffentlichte Spiralcurriculum Magnetismus eingesetzt?
o nein
o ja, und zwar folgende Unterrichtssequenzen:

c. Haben Sie im Unterricht oder bei der Planung andere Unterrichtswerke herangezogen?
o nein
o ja, und zwar folgende Unterrichtssequenzen:

d. Skizzieren Sie kurz, welche Inhalte Sie/die Kinder in dem von Ihnen umgesetzten Unterricht erarbeitet haben.

	Bitte hier ankreuzen, ob das Thema unterrichtet wurde.		Falls das Thema unterrichtet wurde: Bitte hier ankreuzen, in welchem Umfang das Thema unterrichtet wurde.				
	Thema wurde unterrichtet	Thema wurde nicht unterrichtet	eine Doppelstunde oder weniger	zwei Doppelstunden	drei Doppelstunden	vier Doppelstunden	fünf Doppelstunden oder weniger
Experimentieren							
Experimente nach Anleitung durchführen							
eigene Experimente entwickeln							
Sonstiges (bitte auflisten)							

Die Angaben zum Unterricht beziehen sich nicht auf folgende Kinder:

7

2. Falls Sie den Themenbereich Experimentieren unterrichtet haben:
a. War das Thema Experimentieren in einen anderen Themenbereich eingebettet?
o nein
o ja, und zwar in folgenden:

b. Haben Sie im Unterricht oder bei der Planung Unterrichtswerke herangezogen?
o nein
o ja, und zwar folgende:

c. Skizzieren Sie kurz, welche Tätigkeiten die Kinder in dem von Ihnen umgesetzten Unterricht durchgeführt haben.

Teil III
Ihr Aus- und Fortbildungshintergrund

Hier benötigen wir Angaben über Sie und Ihren Aus- und Fortbildungshintergrund. Bei Einschätzungsfragen senken Sie an eine „ideale Schule“, die alle von Ihnen gewünschten Unterrichtsmaterialien zur Verfügung hat.

WICHTIGE HINWEISE

Bitte bearbeiten Sie alle Fragen! Lassen Sie keine Frage oder Aussage aus. Wenn Ihnen einmal keine Antwort einfällt, streichen Sie bitte das Antwortfeld durch oder kreuzen Sie ggf. das Feld „keine Angabe“ an.

1. Ich bin o männlich o weiblich.

2. Ich bin ____ Jahre alt.

3. Ich habe folgende Fächer studiert:

a. _____

b. _____

c. _____

d. _____

4. Ich bin seit ca. ____ Jahren als Lehrkraft tätig.

5. Ich unterrichte Sachunterricht seit ca. ____ Jahren.

	ja	nein
6. Ich rechne regelmäßig (min. einmal im Jahr) an Fortbildungen im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts teil.	☐	☐
7. Ich rechne regelmäßig (min. einmal im Jahr) an Fortbildungen im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster teil.	☐	☐

8. Falls bei 7. „ja“ ankreuzt wurde:
Die letzten beiden Fortbildungen waren zu den Themen:

a. _____

b. _____

20. Falls bei 19. „ja“ angekreuzt wurde:
e. Ich arbeite mit folgender Universität zusammen: _____
f. Ich arbeite seit ca. _____ Jahren mit dieser Universität zusammen.
g. Das Projekt trägt folgenden Namen: _____
h. Die Zusammenarbeit zeichnet sich durch folgende Tätigkeiten aus: _____

21. Ich gehöre einem Sachunterrichts an.	Kompetenzteam	im Bereich des	ja	nein
			o	o

22. Im Bereich „Experimentieren mit Kindern“ wurde ich sehr gut aus- bzw. fortgebildet:	stimmt nicht	stimmt wenig	stimmt mittel	stimmt ziemlich	stimmt sehr	keine Angabe
a. an der Universität	o	o	o	o	o	o
b. in der Lehramtsanwärterausbildung (2. Phase)	o	o	o	o	o	o
c. in Weiterbildungen	o	o	o	o	o	o

	nicht wichtig.	wenig wichtig.	mittelwichtig.	ziemlich wichtig.	sehr wichtig.	keine Angabe
23. Dass Kinder wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen kennenlernen, ist mir ...	o	o	o	o	o	o
24. Dass Kinder lernen zu experimentieren, ist mir ...	o	o	o	o	o	o
25. Dass Kinder wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Unterricht einsetzen, ist mir ...	o	o	o	o	o	o
26. Dass Kinder das Experimentieren im Unterricht einsetzen, ist mir ...	o	o	o	o	o	o

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

	ja	nein
9. Ich habe bereits eine Fortbildung zu dem Spiralcurriculum Magnetismus besucht.	o	o
10. Ich habe bereits eine Fortbildung zu naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen besucht.	o	o

11. Falls bei 10. „ja“ angekreuzt wurde:
c. Die Fortbildung wurde angeboten von: _____
d. Konkrete Inhalte der Fortbildung waren (bitte stichwortartig angeben): _____

	ja	nein
12. Ich nehme an dem sog. ITP-Projekt (Integration von Theorie und Praxis) von der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster teil.	o	o

13. Falls bei 12. „ja“ angekreuzt wurde:
Ich nehme seit _____ Jahren an diesem Projekt teil.

	ja	nein
14. Ich nehme an dem sog. ITP-P-Projekt (Integration von Theorie und Praxis Partnerschulen) von der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster teil.	o	o

15. Falls bei 14. „ja“ angekreuzt wurde:
Ich nehme seit _____ Jahren an diesem Projekt teil.

	ja	nein
16. Ich nehme an dem sog. MINTeInander-Projekt der Deutsche Telekom Stiftung und der Westfälischen Wilhelms-Universität teil.	o	o
17. Falls bei 16. „ja“ angekreuzt wurde: Ich bin Multiplikatorin oder Multiplikator in diesem Projekt.	o	o
18. Falls bei 17. „ja“ angekreuzt wurde: Ich bin Multiplikatorin oder Multiplikator für die Stufe _____.	o	o
19. Ich arbeite mit anderen Universitäten (außer der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster) im Bereich Sachunterricht zusammen, d. h. ich nehme regelmäßig an Fortbildungen dieser Universität im Bereich Sachunterricht teil und/oder betreue während der Praktika speziell die Sachunterrichtsstudierenden dieser Universität.	o	o

A.12 Codiermanual zum Test „Wir experimentieren“ – Hauptstudie

Codiermanual zum Test „Wir experimentieren!“ (offene Antworten)

Grundsätzliches:

- Es wird eine vierteilige Codierung/ein vierteiliges Bepunktungssystem angestrebt (0 = keine Antwort, 1 = naiv, 2 = Zwischenvorstellung, 3 = wissenschaftlich adäquat).
- Bei einer falschen geschlossenen Antwort (z. B. gibt die VP an, dass ein konfundiertes Experiment gut sei) wird die offene Antwort nicht weiter berücksichtigt, sondern die Aufgabe insgesamt als naiv (1) gewertet. Ausnahme: Die VP korrigiert in ihrer Begründung das Experiment und weist darauf hin, dass es dann ein „fares“ Experiment sei.
- Aufgaben, die eine „Ja-nein-Frage“ und eine Begründung dazu umfassen, werden in einem zweiten Schritt zusammen codiert, sodass auch für diese Aufgaben 0, 1, 2 und 3 Punkte vergeben werden.

Beschreibung	Ankerbeispiel	Codierung
keine Antworten	Keine Ahnung.	0
<i>naive Vorstellung (keine (inhaltlichen) Begründungen)</i>		
keine Begründung, kein Experimentiervorschlag, nicht auswertbare/verständliche Antworten	--	1
Begründung nicht auf Inhalt der Frage/experimentelles Design bezogen	Ich bin noch nicht 18, das interessiert mich nicht.	1
falsche Begründung	Weil jedes Auto den gleichen Motor hat.	1
ExpertInnen fragen, beobachten, Kamera aufstellen etc.	Gabi kann eine Karotte wieder an den Baum hängen und beobachten.	1
<i>naive Vorstellung (unechte Begründungen)</i>		
tautologische Begründung	Weil es so ist. So können Lina und Eva gucken, wer stärker ist. Der den meisten Sand im Becher hat, ist stärker.	1
Begründung der Hypothese	Weil das logisch ist, dass es der kleine Motor ist.	1
Vermutung über Ausgang	Ich denke, es fahren beide gleich schnell.	1
Erwähnung von Vorwissen	Man weiß, dass der Lederball nicht springen kann.	1
konfundiertes Experiment – mehrere Variablen werden unsystematisch verändert	Ich würde der Pflanze 1 nur Wasser geben und der anderen Sonne und Dünger geben.	1
Hervorhebung anderer Aspekte	Nicht rempeln. Erst sagen, dann rennen.	1

Verständnis vom Experimentieren als bloßes (mehrfaches) Ausprobieren wird deutlich	Weil sie dann gucken können, welches Experiment am besten ist.	1
keine Vergleichsgruppe	Er muss eine Schale mit Wasser ins Sonnenlicht stellen.	1
Nennen einer (irrelevanten) Variablen	Die Zeit.	1
Verneinung, dass es mit einem Test herausgefunden werden kann	Gabi kann es nicht herausfinden.	1
Erkennen verschiedener Variablen, die unsystematisch verändert werden	Die Zeit und verschiedene Temperaturen.	1
keine Unterscheidung zwischen Effektproduktion und Hypothesentestung, es geht um die Produktion von Effekten	An den kleinsten Baum die Karotte hängen.	1
ein Experiment ist dann gut, wenn es funktioniert	Wenn die Pflanze 2 genauso wächst wie die Pflanze 1, ist das nicht so wichtig.	1
Überzeugungen	Ich glaube an die große Giraffe.	1
<i>Zwischenvorstellung</i>		
kontrastiver Test – Fokus auf der fokalen Variable, andere Variablen werden nicht ausdrücklich erwähnt oder verändert; sobald die fokale Variable berücksichtigt wird, wird es dieser Dimension zugeordnet	Nur wenig Wasser geben.	2
teilweise richtige, aber unspezifische Begründung	Weil sie nicht beides ausprobiert hat.	2
korrekter Hinweis auf einen konfundierten Faktor oder nicht-konfundierten Faktor; sobald die VP den Fehler erkennt, wird es dieser Dimension zugeordnet. Auf dieser Stufe fehlt jedoch noch die Korrektur bzw. Schlussfolgerung.	Weil er zwei verschiedene Kugeln genommen hat.	2
korrekter allgemeiner Hinweis auf die Konfundierung oder nicht-Konfundierung	Weil das schon zu viele Unterschiede sind.	2
<i>wissenschaftlich adäquate Vorstellung</i>		
Verständnis, dass ein Test zur Hypothesentestung ist und so sein muss, dass die Hypothese getestet werden kann	Gabi muss die Karotte einfach auf die dritte Baumspitze binden, denn da kann nur die große Giraffe dran.	3
korrekte allgemeine Erklärung eines kontrollierten Experiments	Weil bei einem guten Experiment muss alles gleich sein und nur eine Sache muss anders sein.	3

kontrolliertes Experiment – fokale Variable wird variiert, andere Variablen werden bewusst konstant gehalten; dabei muss klar werden, was genau in dem Experiment gemacht wird	Die Pflanzen müssten gleich viel Dünger und gleich viel Sonnenlicht bekommen und unterschiedlich viel Wasser.	3

Aufgabe „Welche Giraffe hat die Karotte gefressen?“ (2/6)

Bereich	Beschreibung	Ankerbeispiel	Codierung
konklusiver Test – Design	naive Vorstellungen	Gabi kann es nicht herausfinden. (kein Test möglich) Sie muss die Karotte auf den Baum zwei Karotten legen. (nicht verständlich) An den kleinsten Baum eine Karotte hängen. (Effektproduktion) Gabi muss gucken, ob große oder kleine Fußspuren da sind.	1 (1)
	Zwischenvorstellung	Sie muss die Karotte ganz oben an die Spitze hängen. (nicht eindeutig) Eine Karotte auf die große Tanne tun. Oder die große Giraffe einsperren und dann nochmal eine Karotte auf den Baum tun. (Kombination zweier Verfahren) An jeden Baum eine tun und wenn alle weg sind, dann weiß sie es. (Mischung aus Hypothesentestung und Effektproduktion)	2 (2)
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Gabi muss eine Karotte auf die zweitgrößte oder auf die größte Tanne festmachen. Sie muss eine Karotte an denselben Ort machen und daran einen Sack mit Asche. Am Morgen ist eine Giraffe dann mit Asche voll. (alternatives <u>funktionierendes</u> und eindeutig beschriebenes Verfahren)	3 (3)

Aufgabe „Welcher Magnet ist stärker?“ (5/4)

Bereich	Beschreibung	Ankerbeispiel	Codierung
Variablen- kontrolle – Evaluation	naive Vorstellung	Weil sie muss gucken, an welchen Magnet die meisten Dinge kommen. (kein echte Begründung)	1 (1)
	Zwischenvorstellung	Weil sie nicht beides ausprobiert hat. (teilweise richtige, aber etwas unspezifische Begründung) Magneten sind darauf spezialisiert Eisen anzuziehen. Sie steckt beide Sachen an die Magneten und das, was schwerer abzuziehen ist, hat sozusagen gewonnen. Es sind nicht die gleichen Sachen. (Hinweis auf die Konfundierung, aber ohne konkreten Verbesserungsvorschlag) Weil sie kann ja auch nur auf die gleiche Höhe und wer zuerst anzieht ist stärker. (unspezifischer Vorschlag) Weil sie was Unterschiedliches braucht und was Gleiches. (richtig, aber unspezifisch)	2 (2)
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Wenn, muss sie unter jeden Magneten Nägel liegen haben. Wer es schafft, mehr anzuziehen, ist stärker.	3 (3)

Aufgabe „Ist der heruntergefallene Magnet schwächer?“ (6/5)

Bereich	Beschreibung	Ankerbeispiel	Codierung
konklusiver Test – Evaluation	naive Vorstellung	Weil was soll an dem Magnet passieren? (keine Begründung) Weil Knete kann ein Magnet nicht anziehen. Weil es unfair ist. (tautologische Begründung)	1 (1)
	Zwischenvorstellung	Weil es nicht beides gleich viel wiegt. (Hinweis auf die Konfundierung, aber keine Folgerung)	2 (2)
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Weil es das gleich Gewicht sein muss. (Um es zu testen).	3 (3)

Aufgabe „Wer rennt am schnellsten?“ (7/7)

Bereich	Beschreibung	Ankerbeispiel	Codierung
Variablen- kontrolle – Design	naive Vorstellung	Der Lasse hat Turnschuhe darum ist der schnellsten und die anderen nicht. (keine echte Begründung) Jeder soll alleine laufen und die Sekunden abmessen. (die Konfundierung wird nicht aufgehoben)	1 (1)
	Zwischenvorstellung	Alle sollen Turnschuhe tragen. (Verweis auf ein faires Experiment, aber sehr konkret durch ein Beispiel) Sie müssten alle die gleichen Schuhe anhaben oder ein paar Kinder dürfen vorher starten. (zwar erst richtig, wird aber durch die Ergänzung unspezifisch)	2 (2)
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Mein Tipp ist: Ich würde mich auf eine Schuhart entscheiden, denn so kann man es besser herausfinden. (Hinweis darauf, dass alle die gleichen Schuhe tragen müssen, muss erwähnt werden; nicht nur ein Beispiel)	3 (3)

Aufgabe „Mit welchem Buch lernt man am besten?“ (8/2)

Bereich	Beschreibung	Ankerbeispiel	Codierung
Variablen- kontrolle – Evaluation	naive Vorstellung	Weil die Kinder die Sprache lernen. Man denkt immer sein Buch ist besser.	1 (1)
	Zwischenvorstellung	Weil er dann ja nicht sehen kann, welches Buch besser ist. (richtige Begründung, aber Folgerung daraus fehlt) Weil die Kinder das unterschiedlich können. Weil die Kinder gut und nicht gut sind. (Hinweis auf die Konfundierung)	2 (2)
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Weil er muss für beide Bücher Kinder nehmen die es noch garnicht können. (Verbesserung des Experiments) Weil es die gleichen Kinder sein müssen.	3 (3)

Aufgabe „Kannst du selbst ein Experiment planen?“ (10/1)

Bereich	Beschreibung	Ankerbeispiel	Codierung
Variablen- kontrolle – Design	naive Vorstellung	Er soll beide Sachen ausprobieren. (Experimentieren = beobachten, ausprobieren etc.) Er muss die Vögel, die aus der Schale trinken, beobachten und gucken, ob das Wasser verdunstet. Ein Glas mit Wasser in die Sonne stellen. (Vergleichsgruppe fehlt)	1 (1)
	Zwischenvorstellung	Er muss Wasser erhitzen und Wasser im Haus stehen lassen. (Es wird deutlich, was verglichen werden soll.) Er soll eine schale Wasser in die Sonne stellen und eine Schale nicht in die Sonne. Er mus die Schale beobachten wen es warm ist und wen es kalt ist dan hat er die Antwort. (Vergleichsgruppe ist vorhanden)	2 (2)
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Hans muss warmes Wasser nehmen und die Zeit messen. Dann aufschreiben. Danach soll er kaltes Wasser nehmen und damit das gleiche machen. (konkrete Beschreibung eines kontrollierten Experiments) Er kann eine Schüssel mit warmen Wasser und eine Schüssel mit kaltem Wasser nach draußen stellen und nach zierka 4 Stunden nach kucken. (der Prozess des Vergleichens wird explizit erwähnt, z. B. durch beobachten, nachgucken etc.)	3 (3)
Variablen- kontrolle – Design	naive Vorstellung	Er muss beachten, dass er die Vögel nicht verscheucht. (Hervorhebung einer irrelevanten Nebenbedingung) Er sollte nicht zu kaltes Wasser rein tuhen! (Hervorhebung einer Bedingung, aber kein Vorschlag eines Experiments im 1. Teil der Aufgabe)	1 (1)

	Zwischenvorstellung	Das er das wasser nicht ins Gefrirtfach stelltst. (Es wird eine Bedingung aufgezeigt, die das Ergebnis verfälschen würde.) Er darf es nicht aus den Augen lassen. (beobachten als ein Schritt des Experimentierens wird betont) Das niemand an das Wasser geht. (Hervorhebung einer relevanten Bedingung) (Wichtig ist die Kombination mit dem 1. Teil der Aufgabe)	2 (2)
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Er muss die Schalen unbedingt gleich voll machen. (Nennen einer „fairen“ Bedingung) Dass er beide Messbecher mit genau gleich viel Wasser füllt! Dass er beide Messbecher genau gleich lang in den Räumen lässt! (das vorgeschlagene Experiment aus dem 1. Teil der Aufgabe wird um „faire“ Bedingungen ergänzt)	3 (3)

Aufgabe „Sind größere Magneten stärker?“ (12/9)

Bereich	Beschreibung	Ankerbeispiel	Codierung
Variablen- kontrolle – Design	naive Vorstellung	Sie nehmen Sachen, die ein Magnet anzieht und dann wissen sie es. (unspezifisch) Sie müssen es ausprobieren. (experimentieren wird als ausprobieren verstanden) Mit einer Büroklammer, einem Nagel und einem Hammer. (Auslistung von Gegenständen)	1 (1)
	Zwischenvorstellung	Sie muss an beide Magneten ganz viele Nägel machen und nachher zählen. (zwar richtig, aber unvollständig, weil die Schlussfolgerung fehlt) Sie müssen mit beiden Magneten das Gleiche machen. (richtige Regel, aber kein Hinweis auf ein Experiment)	2 (2)
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Sie müssen Nägel holen und die Magneten über die Nägel halten. Der Magnet, der mehr Nägel anzieht, ist stärker.	3 (3)

Aufgabe „Ist die Wassermenge für das Wachsen von Pflanzen wichtig?“ (15)

Bereich	Beschreibung	Ankerbeispiel	Codierung
Variablen- kontrolle – Evaluation	naive Vorstellung	Weill es nicht gen kann. Weil manche Pflanzen wenig Wasser brauchen, andere viel. (falsche Begründung)	1 (1)
	Zwischenvorstellung	Weil er der einen Blume viel weniger gibt als der andren. (Hinweis auf die Konfundierung, aber ohne Verbesserungsvorschlag)	2 (2)
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Weil dann müste die Andere Pflanze gleich viel Dünger und Sonne bekommen. Weil alles gleich sein muss außer die Wassermenge. (Vorschlag eines kontrollierten Experiments)	3 (3)

Aufgabe „Welcher Magnet ist der stärkere?“ (17)

Bereich	Beschreibung	Ankerbeispiel	Codierung
Variablen- kontrolle – Design	naive Vorstellung	Weil so finden sie heraus, welcher Magnet stärker ist. (tautologische Begründung) Dann haben sie nämlich mehr Beweisungen.	1 (1)
	Zwischenvorstellung	So können Lina und Eva gucken, wer stärker ist. Der den meisten Sand im Becher hat, ist stärker. (Schlussfolgerung wird betont und darüber begründet) Sie brauchen ein faires Experiment. (Verweis auf ein faires Experiment)	2 (2)
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Weil man mit den gleichen Sachen messen muss. Wenn man mit dem gleichen Gewicht misst, wäre es fair für beide Magneten.	3 (3)

Aufgabe „Bei welcher Rampe rollt die Kugel am weitesten?“ (18)

Bereich	Beschreibung	Ankerbeispiel	Codierung
Variablen- kontrolle – Evaluation	naive Vorstellung	Weil beide Rampen gleich sein müssen. (keine Vergleichsgruppe) Weil es falsch ist. Weil es so ist. (keine Begründung) Weil alles gleich sein muss außer die Länge. (falsches Experiment) Weil die Rampen müssen die gleichen Bedingungen haben. (kein Experiment, da es um die Kugeln geht)	1 (1)
	Zwischenvorstellung	Weil die eine länger und rau ist. (Hinweis auf die Konfundierung, ohne Verbesserungsvorschlag) Es sind andere Rampen. Weil es unfähr ist. (Hinweis auf Konfundierung) Er sollte beides gleich machen. (unspezifisch, aber teilweise richtig)	2 (2)
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Weil sie müssen alles gleich haben außer die Steile. (Vorschlag eines kontrollierten Experiments) Beide Kugeln sollen gleich schwer sein und eine Rampe steil und die andere flach.	3 (3)

A.13 Transferaufgaben zum Test „Wir experimentieren“

13. Fressen Kattas Früchte?

Sari wohnt auf dem Planeten Geli. Auf dem Planeten Geli leben zwei Arten von Tieren: Dantis und Kattas. Kattas sind viel kleiner als Dantis.



Danti



Katta

Sari hat Früchte vor die Tür gelegt, um die Dantis zu füttern.

Um herauszufinden, ob auch Kattas die Früchte fressen, bastelt sie ein Futterhaus. Sie baut das Haus mit einer ganz großen Öffnung, so dass Dantis und Kattas ins Haus kommen können. Sie legt Früchte in das Haus. Ein paar Stunden später ist das Futter weggefrassen.



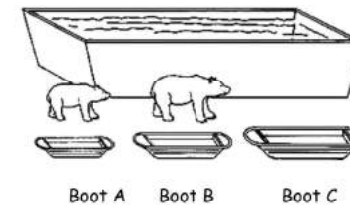
Welches Tier hat die Früchte gefressen?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Das große Danti hat die Früchte gefressen.
- ☐ Das kleine Katta hat die Früchte gefressen.
- ☐ Man weiß nicht, wer die Früchte gefressen hat.

14. Welcher Bär hat das Boot versenkt?

Fritz ist Fischer. Er hat drei verschieden große Boote. Über Nacht kommt jedoch immer wieder ein Bär und steigt in die Boote. Sein Gewicht drückt die Boote herunter und lässt Wasser herein fließen, so dass sie untergehen. An einem Seil kann er die Boote am Morgen wieder aus dem Wasser holen.



Fritz hat drei Boote: ein kleines, ein mittleres und ein großes. Er weiß Folgendes:

- Das kleine, das mittlere und das große Boot gehen unter, wenn der große Bär darauf steht.
- Das kleine und das mittlere Boot gehen unter, wenn der kleine Bär darauf steht. Wenn aber der kleine Bär in das große Boot steigt, dann passiert nichts. Das Boot ist nämlich groß genug, um den kleinen Bären zu tragen.

Fritz macht nun einen Versuch, um herauszufinden, ob ein kleiner oder ein großer Bär nachts seine Boote versenkt. Er stellt eine Nacht lang nur ein Boot raus, um herauszufinden, welcher Bär auf dem Boot war.

Welches Boot muss er herausstellen, damit er danach sicher weiß, welcher Bär auf seinen Booten war?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Das kleine Boot A.
- ☐ Das mittelgroße Boot B.
- ☐ Das große Boot C.
- ☐ Er kann es auf diese Weise nicht herausfinden.

15. Ist die Wassermenge für das Wachsen von Pflanzen wichtig?

Georg ist Gärtner. Er möchte herausfinden, ob die Wassermenge für das Wachstum von Pflanzen wichtig ist.



Dazu lässt er zwei Pflanzen unter ganz verschiedenen Bedingungen wachsen: Er gibt ihnen unterschiedlich viel Sonnenlicht, Dünger und Wasser.

Pflanze 1	Pflanze 2
Die eine Pflanze stellt er an einen Ort, an dem es viel Sonnenlicht gibt. 	Die andere Pflanze stellt er an einen Ort, wo es schattig ist und es wenig Sonnenlicht gibt. 
Der einen Pflanze gibt er viel Dünger. 	Der anderen Pflanze gibt er wenig Dünger. 
Der einen Pflanze gibt er viel Wasser. 	Der anderen Pflanze gibt er wenig Wasser. 
Dies bekommt die eine Pflanze.   	Dies bekommt die andere Pflanze.   

Kann Georg so herausfinden, ob die Wassermenge für das Pflanzenwachstum wichtig ist?

Kreuze nur eine Antwort an. Begründe deine Antwort!

☐ Ja.
Warum?

☐ Nein.
Warum?

16. Welches Flugzeug verbraucht am wenigsten Treibstoff?

Herr Müller baut Flugzeuge und möchte, dass sie möglichst wenig Treibstoff verbrauchen. Er hat verschiedene Ideen, wovon der Treibstoffverbrauch abhängen könnte:

Er überlegt sich, dass ein Flugzeug eine spitze oder eine runde Nase haben kann.		
Er überlegt sich, dass die Höhenruder unten oder oben angebracht werden können.		
Er überlegt sich, dass ein Flugzeug doppelte oder einfache Flügel haben kann.		

Herr Müller vermutet, dass ein Flugzeug mit einer spitzen Nase weniger Treibstoff verbraucht als ein Flugzeug mit einer runden Nase.

Was soll Herr Müller tun, um herauszufinden, ob die Form der Flugzeugnase für den Treibstoffverbrauch wichtig ist?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Herr Müller muss ein paar Flugzeuge bauen und vergleichen, wie viel Treibstoff sie verbrauchen.
- ☐ Herr Müller muss zwei Flugzeuge bauen. Eines mit runder Nase und eines mit spitzer Nase. Sie müssen aber sonst ganz gleich sein. Dann muss er vergleichen, wie viel Treibstoff sie verbrauchen.
- ☐ Herr Müller muss zwei ganz unterschiedliche Flugzeuge bauen, bei denen er die Nase, die Flügel und die Höhenruder unterschiedlich macht. Dann muss er vergleichen, wie viel Treibstoff sie verbrauchen.

17. Welcher Magnet ist der stärkere?

Lina und Eva haben beide einen Magneten. Ihre beiden Magneten sind unterschiedlich groß.



Sie möchten gerne herausfinden, welcher Magnet der stärkere ist. Lina und Eva wissen: Je stärker ein Magnet ist, umso mehr Gewicht kann er tragen. In der Werkstatt finden Lina und Eva folgende Materialien, die sie als Gewichte an den Magneten befestigen können:

Sie finden einen Becher mit einer Mutter aus Eisen daran. Mit einem Magneten können sie den Becher an der Mutter anheben. Um den Becher schwerer zu machen, können sie ihn mit Sand füllen. Dann können sie mit beiden Magneten versuchen, den befüllten Becher anzuheben.		
Sie finden eine Schraube aus Eisen. Um die Schraube schwerer zu machen, können sie auf die Schraube Muttern stecken. Dann können sie mit beiden Magneten versuchen, die mit Muttern besteckte Schraube anzuheben.		

Was sollen Lina und Eva tun, um herauszufinden, welcher Magnet stärker ist?

Kreuze nur eine Antwort an!

- ☐ Lina und Eva sollen mit beiden Magneten den gleichen Versuch machen. Sie sollen die Stärke beider Magneten entweder mit dem Becher und dem Sand messen oder mit der Schraube und den Muttern.
- ☐ Lina und Eva sollen die Stärke des kleinen Magneten mit dem Becher und dem Sand messen und die Stärke des großen Magneten mit der Schraube und den Muttern.
- ☐ Lina und Eva müssen ein paar Versuche machen und die Ergebnisse vergleichen.

Begründe deine Antwort:

18. Bei welcher Rampe rollt die Kugel am weitesten?

Robert baut Rampen, von denen er Kugeln herunterrollen lassen kann. Er baut ganz verschiedene Rampen. Sie sind unterschiedlich steil, haben verschiedene Oberflächen und sind unterschiedlich lang. Außerdem hat er eine schwere und eine leichte Kugel.

Er kann die Rampe <u>steil</u> oder <u>flach</u> machen.		
Er kann die Oberfläche der Rampe <u>glatt</u> oder <u>rau</u> machen.		
Er kann die Rampe <u>kurz</u> oder <u>lang</u> machen.		
Er kann eine <u>leichte</u> oder eine <u>schwere</u> Kugel herunterrollen lassen.		

Robert vermutet, dass eine Kugel weiter rollt, wenn die Rampe steil ist.

Um seine Vermutung zu überprüfen, vergleicht er die beiden unten abgebildeten Rampen. Sie sind unterschiedlich steil, die Oberfläche ist einmal rau und einmal glatt und sie sind unterschiedlich lang. Dann lässt er auf der einen Rampe die leichte und auf der anderen Rampe die schwere Kugel herunterrollen. Anschließend vergleicht er, wie weit die beiden Kugeln bei den verschiedenen Rampen gerollt sind.

Rampe 1: 	Rampe 2: 

Ist das ein gutes Experiment, um herauszufinden, ob eine Kugel bei einer steilen Rampe weiter rollt als bei einer flachen?

Kreuze nur eine Antwort an. Begründe deine Antwort!

☐ Ja.
Warum?

☐ Nein.
Warum?

Du hast es geschafft!
Vielen Dank! 😊

A.14 Leitfaden für das materialgestützte und videographierte Interview

Leitfaden für die Vorstellung der entwickelten Experimente

0. Das Material von jedem Kind ist vorbereitet. Jedes Kind hat gemeinsam mit seinem Partner/seiner Partnerin eine Experimentierkiste, die bereits in der letzten Unterrichtsstunde zusammen gepackt (nur das, was wirklich gebraucht wird!) und mit den Namen der Kinder beschriftet wurde. In den Kisten befindet sich auch ein ausgefülltes AB, das die Kinder als Spickzettel benutzen dürfen.
1. Der Interviewer/die Interviewerin sucht sich eine Kiste mit Experimentiermaterialien aus und nimmt dann eines der beiden Kinder mit. Danach das zweite Kind aus dieser Partnerarbeit.
2. Im Hintergrund ist ein Aufsteller zu sehen, auf dem Informationen über das Kind stehen (Schule, Klasse und Klassenlehrerin).
3. Die Kamera steht so, dass das Kind gut sichtbar ist, auch dann, wenn es sein Experiment vormacht. Vorher kurze Probe machen!
4. Das Mikrofon liegt frei in der Mitte des Tisches, damit Interviewer und Kind gut zu hören sind. Vorher kurze Probe machen!
5. Die Fragen stehen auf Moderationskarten, um den Charakter der Show zu unterstreichen.
6. Die Fragen 1 bis 8 werden alle in der vorgegebenen Reihenfolge gestellt. Der Interviewer/die Interviewerin kann an gegebenen Stellen jedoch Nachfragen stellen, z. B. wenn etwas unklar ist. Wenn das Kind eine Frage nicht versteht, formuliert der Interviewer/die Interviewerin diese Frage leicht um. Der Inhalt muss dabei gleich bleiben.
7. Bei Frage 3 ist darauf zu achten, dass das Kind sein Experiment genau vorführt. Ggf. wird dies wiederholt. Außerdem ist darauf zu achten, dass das Kind genau und detailliert die Vorgehensweise erläutert. An dieser Stelle unbedingt nachhaken. Die Erklärung des Kindes sollte so sein, dass das Experiment von jemand anderem nach dieser Anleitung durchgeführt werden könnte (Kind aber nicht überfordern)! Das Kind soll seine Erklärungen dabei handelnd unterstützen. Der Interviewer/die Interviewerin fragt zwischendurch nach, z. B. Warum hast du erst wenig Sand in den Becher gefüllt und dann immer mehr? Falls das Kind Schwierigkeiten hat, seine Vorgehensweise so genau zu erläutern, übernimmt der Interviewer/die Interviewerin die Materialien und fragt das Kind: „Was soll ich jetzt tun?“ So ist es für das Kind leichter, es jemandem zu erklären.
8. Der Interviewer/die Interviewerin hat die Möglichkeit, unklare Begriffe in den Antworten der Kinder aufzugreifen und suggestionsfrei nachzufragen. Dies gelingt durch neutrale Formulierungen wie „Was meinst du mit ...?“ oder „Kannst du das noch genauer sagen?“.

9. Begrüßung:

- a. **Hallo** [Namen des Kindes deutlich sagen, damit wir auf der Kamera genau hören, welches Kind interviewt wird.]. **Mein Name ist ... und ich bin der Moderator/die Moderatorin dieser Show. Ich begrüße dich in unserer Experimentiershow und bin sehr gespannt auf das Experiment, das du mitgebracht hast.**

1. Was hast du uns heute für dein Experiment mitgebracht?

- a. [gemeint ist: Welches Material brauchst du für dein Experiment? Falls das Kind die Frage nicht versteht: **Was brauchst du für dein Experiment?**]
- b. **Warum hast du diese Dinge für dein Experiment ausgewählt?**

2. Welche Frage hast du mit deinem Experiment untersucht?

3. Baue dein Experiment auf und beschreibe dabei, was wichtig ist.

- a. [falls das Kind beim Aufbau nichts erläutert, nachfragen: **Gibt es etwas, worauf du besonders achtest, wenn du dein Experiment aufbaust?**]

4. Mache mir dein Experiment vor und beschreibe, wie es funktioniert.

- a. [an dieser Stelle nachfragen: **Was machst du?**
 - i. **Warum bist du so vorgegangen?**
- b. [hier auf das Experiment des Kindes eingehen, z. B. Warum hast du erst wenig Sand in den Becher gefüllt und dann immer mehr?]
- c. [falls das Kind das Experiment nicht beschreiben kann: **Was soll ich tun, um dein Experiment durchzuführen?**]
- d. [falls es zu lange dauert, weil das Kind z. B. alle Nägel noch zählen möchte: **Wie war es, als du es ausprobiert hast? Wie viele Nägel hat der Magnet da gehalten?**]

5. Was hast du mit deinem Experiment herausgefunden?

- a. **Woher weißt du das?**
- b. [falls das Kind nicht von alleine auf die Verknüpfung mit der Frage kommt: **Wenn du noch einmal an deine Frage vom Anfang denkst: Was hast du mit deinem Experiment herausgefunden?**]

6. Worauf muss ich achten, wenn ich dein Experiment ausprobieren möchte?

- a. [ggf. nachhaken: **Was ist besonders wichtig bei diesem Experiment, damit ich etwas herausfinden kann?**]

7. Ist dein Experiment fair? Warum?

- a. [falls das Kind die Frage nicht versteht: **Was ist daran nicht fair?** bzw. **Was ist daran fair?**]
- b. [falls das Kind sein Experiment als nicht fair bezeichnet: **Würdest du beim nächsten Mal etwas anders machen?**]
- c. [falls das Kind sein Experiment als nicht fair bezeichnet und unter 7.b noch nicht beschrieben hat, was es anders machen würde: **Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?**]

8. Kannst du mir noch einmal ganz allgemein sagen, was ein faires Experiment ist?

9. Verabschiedung

- a. **Vielen Dank, dass du hier in der Show so toll mitgemacht hast und hier warst. Wir haben von dir sehr viel über dein Experiment erfahren. Nun bringe ich dich zurück zu den anderen Kindern.**

10. Der Interviewer/die Interviewerin bringt das Kind zurück in den Klassenraum. Sobald beide Kinder, denen die Experimentierkiste gehört, interviewt wurden, werden die Namen der Kinder auf dem Zettel in der Kiste abgehakt. So weiß jeder sofort, welche Kinder schon interviewt wurden und welche noch interviewt werden müssen.

A.15 Codiermanual zum Interview

Frage	Beschreibung	Ankerbeispiele	Codierung
1. Was hast du uns heute für dein Experiment mitgebracht?	naive Vorstellung	Die Materialien sind nur teilweise vorhanden und können nicht benannt werden.	1
	Zwischenvorstellung	Die Materialien sind größtenteils vorhanden und können benannt werden.	2
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Sand, diesen Becher mit der Schraube und zwei Magneten. (Materialien sind vollständig vorhanden und können benannt werden)	3
a. Warum hast du diese Dinge ausgewählt?	naive Vorstellung	Ich habe mehrere Experimente gemacht und dann geguckt, welches am besten ist. Ich habe es bei anderen Kindern gesehen. Weil ich es so herausfinden kann. Ich habe einfach probiert. Ich wollte damit arbeiten.	1
	Zwischenvorstellung	Ich hatte verschiedene Ideen und habe alle ausprobiert. (Mischung aus Planen und Ausprobieren)	2
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Ich habe erst überlegt, was ich machen möchte und mir dann die Materialien geholt. (strukturiertes Vorgehen wird deutlich)	3
2. Welche Frage hast du mit deinem Experiment untersucht?	naive Vorstellung	(Kind hat sich eine andere nicht zu dem Experiment passende Frage überlegt.) (Das Kind kann keine Verknüpfung zwischen der Frage und dem Experiment herstellen.)	1
	Zwischenvorstellung	Wie viele Muttern kann der Magnet halten? (Kind hat sich eine andere zum Experiment passende Frage überlegt, die aber nicht Inhalt des Unterrichts ist) (Das Kind ist in der Lage, die Frage zu benennen. Allerdings ist das Experiment	2

		nicht geeignet, um die Frage zu beantworten.)	
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Welcher Magnet ist stärker? Kind ist in der Lage, die Frage mit seinem Experiment zu verknüpfen	3
3. Baue dein Experiment auf und beschreibe dabei, was wichtig ist.	naive Vorstellung	Das weiß ich jetzt nicht. (keine Antwort) Dass ich den Sand nicht umschütte. (Hervorhebung eines irrelevanten Kriteriums)	1
	Zwischenvorstellung	Fokus auf der fokalen Variable, andere Variablen werden auch verändert (kontrastiver Test)	2
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Die Büroklammern müssen gleich tief im Sand sein. Dass man nicht direkt zu viel nimmt. Weil es sein kann, dass wenn man zu viel nimmt, beide es nicht mehr tragen können, obwohl einer es vorher noch getragen hätte. fokale Variable wird variiert, andere Variablen werden konstant gehalten (kontrolliertes Experiment)	3
4. Mache mir dein Experiment vor und beschreibe, wie es funktioniert.	naive Vorstellung	mehrere Variablen werden unsystematisch verändert (konfundiertes Experiment) (Experiment wird falsch/unsystematisch durchgeführt)	1
	Zwischenvorstellung	Fokus auf der fokalen Variable, andere Variablen werden nicht ausdrücklich erwähnt oder verändert (kontrastiver Test)	2
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Das Experiment wird ganz systematisch durchgeführt. Man schüttet ein bisschen Sand in den	3

		Becher. Dann nimmt man einen Magneten und versucht, den Becher anzuheben. Dann nimmt man den kleinen und probiert es mit dem. Und dann macht man immer so weiter und probiert es weiter aus. fokale Variable wird variiert, andere Variablen werden bewusst konstant gehalten (kontrolliertes Experiment)	
5. Was hast du mit deinem Experiment herausgefunden?	naive Vorstellung	Dass die Magnete die gleiche Stärke habe. Nur der eine ist ein bisschen größer. (Ergebnis stimmt nicht mit dem Ergebnis des Experiments überein) Beide Magneten ziehen Eisen an. (Ergebnis hat keinen Bezug zu der Fragestellung des Unterrichts) Der große Magnet kann zehn Muttern halten. (Effektproduktion statt Hypothesentestung)	1
	Zwischenvorstellung	Der große Magnet kann zehn Muttern tragen und der kleine Magnet nur eine. (Ergebnis ist korrekt, aber der Rückschluss zur Frage fehlt oder wird erst nach Nachfragen gezogen) Der größere Magnet ist stärker. Der kleinere Magnet ist stärker. (Ergebnis wird genannt, aber nicht begründet)	2
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Der größere Magnet ist stärker, weil er mehr Muttern tragen kann. Der kleinere Magnet ist stärker, weil der große diese bestimmte Sandmenge nicht hochheben kann und der andere wohl. Der kleinere Magnet ist stärker, weil er mehr	3

		Sand heben kann. (Ergebnis wird mit der Fragestellung des Unterrichts in Zusammenhang gebracht)	
a. Woher weißt du das?	naive Vorstellung	Der große Magnet kann zehn Muttern halten. (Begründung und Ergebnis werden nicht in einen Zusammenhang gebracht) (tautologische Begründung)	1
	Zwischenvorstellung		2
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Weil es schwerer ist und der große Magnet das nicht mehr tragen kann. Der große Magnet ist stärker, weil der kleine Magnet gar keine Muttern halten kann und der große Magnet zwei. (Ergebnis wird mit der Fragestellung des Unterrichts in Zusammenhang gebracht und begründet)	3
b. Wenn du noch einmal an deine Frage vom Anfang denkst: Was hast du mit deinem Experiment herausgefunden? (Zusatzfrage)	naive Vorstellung	Weiß ich nicht. (Ergebnis wird nicht mit der Fragestellung in Zusammenhang gebracht)	1
	Zwischenvorstellung	(Ergebnis wird erst nach dieser Nachfrage mit der Fragestellung in Zusammenhang gebracht)	2
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	(Nachfrage an dieser Stelle nicht nötig)	3
6. Worauf muss ich achten, wenn ich dein Experiment ausprobieren möchte?	naive Vorstellung	Keine Ahnung. Der Sand darf nicht neben dem Becher landen. (Herausstellung eines nebensächlichen Kriteriums) Du musst ausprobieren.	1
	Zwischenvorstellung	Du musst verschiedene Magneten nehmen. (Erwähnung der fokalen Variable, andere Bedingungen werden nicht berücksichtigt)	2

	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Du musst zwei verschiedene Magneten nehmen, aber die gleichen Materialien bei beiden. (kontrolliertes Experiment wird beschrieben) Man muss es nach und nach machen, weil man sonst nicht weiß, wie viel der Magnet tragen kann.	3
7. Ist dein Experiment fair? Warum?	naive Vorstellung	Ja, weil es fair ist. Nein, weil es unfair ist. (tautologische Begründung) Ja, weil es zwei Stabmagneten sind. (Experiment wird als fair beurteilt, obwohl es nicht fair ist bzw. als nicht fair, obwohl es fair ist) Ja, weil ich die gleichen Magneten benutzt habe. (keine Vergleichsgruppe)	1
	Zwischenvorstellung	Ja, weil ich beide Magneten ausprobiert habe. (teilweise richtig, aber unspezifisch) Nein, weil ich nicht das gleiche Material genommen habe. (Hinweis auf die Konfundierung, aber ohne Verbesserungsvorschlag) Weil man so herausfinden kann, welcher Magnet stärker ist. Deswegen habe ich so ein Experiment ausgesucht. Da kann ich Sand hereinfüllen und sehen, wer stärker ist. (Erklärung sehr nah am Beispiel und nicht vollständig)	2
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Ja, weil ich bei beiden Magneten das gleiche Material genommen habe.	3

		Nein, weil ich bei beiden Magneten das gleiche Material nehmen muss, also bei beiden Büroklammern. (Hinweis auf die Konfundierung mit Verbesserungsvorschlag)	
8. Kannst du mir noch einmal ganz allgemein sagen, was ein faires Experiment ist?	naive Vorstellung	Das bedeutet, dass man nicht schummeln darf. (Begriff fair wird ohne Kontext zum Experimentieren erläutert) keine Antwort, falsche Erklärung Wenn man sehen kann, welcher Magnet stärker ist. Wenn beide gleich stark sind.	1
	Zwischenvorstellung	(ein faires Experiment wird anhand des gezeigten Experiments erläutert, wodurch die Erläuterung beispielhaft bleibt)	2
	wissenschaftlich adäquate Vorstellung	Wenn man hier so eine Platte hat und da zwei Magneten sind. Dass sie auf der gleichen Höhe liegen und auch sonst alles gleich ist. Man muss darauf achten, dass es immer genau gleich viele sind. Es muss für beide Magneten gleich schwer sein. (Transfer auf ein anderes Experiment gelingt)	3

A.16 Unterrichtseinheit in der Experimentalgruppe I (EG I MIT M)

Die Unterschiede zwischen den beiden Experimentalgruppen sind zum Vergleich in den Beschreibungen rot markiert.

1. Sequenz: Wer ist stärker, ein kleiner oder ein großer Magnet? (EG I)

Zeitraumen: 90 Minuten

Verlaufsplanung:

Zeit/Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft – Schülerinnen und Schüler	Material/Medien
Stehhalbkreis 5 Minuten	Einstieg Die Lehrkraft zeigt zwei unterschiedlich große Magneten (Stehhalbkreis, um die Magneten gut sehen zu können). Impulse: LK: <i>Was glaubst du: Welcher Magnet ist stärker? Warum denkst du das?</i> Mögliche Reaktionen: • Der große Magnet kann mehr halten. • Der große kann mehr halten, weil der mehr Fläche hat. LK: <i>Du glaubst, der größere Magnet ist stärker. Was glaubst du, wie viele von diesen Blättchen Papier kann er an der Tafel halten?</i> LK: <i>Und wie viele kann wohl der kleine halten?</i> Die Lehrkraft nimmt die Anzahl, die die Kinder nennen an Blättchen Papier und versucht, diese mit dem jeweiligen Magneten an der Tafel zu befestigen. Die Vorschläge der Kinder werden nicht kommentiert, sondern angenommen und umgesetzt. Der kleinere Magnet hält dabei wesentlich mehr Blättchen Papier als der größere. (Der kleine hält ca. 25 und der große ca. 3.) Gemeinsam mit den Kindern werden die Anzahlen der Blättchen Papier ermittelt.	• kleiner eckiger Demo-Stabmagnet • großer eckiger Demo-Stabmagnet • 35 Blättchen Papier
Sitzkreis 20 Minuten	Orientierung/Aufgabenstellung LK: <i>Du wirst heute und in der nächsten Stunde verschiedene Magneten untersuchen und vergleichen, wie stark sie sind. Dabei gehst du in Schritten vor, wie das Forscherinnen und Forscher auch machen. Was ist der erste Schritt beim Forschen?</i> (Kinder vermuten lassen; sie greifen dabei ggf. auf ihre Erfahrungen zum Forschen zurück.) LK: <i>Zunächst werden Forscherinnen und Forscher eine Frage formulieren.</i> (Die Lehrkraft heftet die Karte „Forscherfrage formulieren“ an die Tafel.) <i>Wie könnte diese heißen?</i>	• Karte „Forscherfrage“

	Gemeinsam wird eine Forscherfrage formuliert und an die Tafel geschrieben, z. B.: Wer ist stärker, ein kleiner Magnet oder ein großer Magnet? (oder: „Ist der größere Magnet auch der stärkere Magnet? Ist das immer so?“) LK: <i>Was werden eine Forscherin oder ein Forscher als nächstes tun?</i> (Überlegen, welche Antwort vermutet wird.) Die Lehrkraft heftet die Karte „Vermutung aufschreiben“ hinzu und fragt nach den nächsten Schritten. Entsprechend werden die Karten „Versuch planen“, „Versuch durchführen“, „beobachten“, „dokumentieren“ und „Frage beantworten“ untereinander ergänzt, sodass an der Tafel die Schritte des Forschens ablesbar sind. LK: <i>Deine Aufgabe heute ist:</i> Aufgabe • Notiere zunächst auf dem Arbeitsblatt die Forscherfrage und dazu deine Vermutung. • Führe mit einer Partnerin oder einem Partner zwei Versuche durch. - Sandbecher heben - Eisenmuttern heben (Je nach Erfahrungen der Kinder können die Versuche an dieser Stelle auch kurz für alle erläutert werden.) • Beobachte dabei genau. • Protokolliere die beiden Versuche auf dem Arbeitsblatt. • Beantworte die Forscherfrage.	formulieren“ • <i>Magneten</i> (zum Befestigen) • <i>Tafel</i> • 6 Karten: - Vermutung aufschreiben - Versuch planen - Versuch durchführen - beobachten - dokumentieren - Frage beantworten • AB „Große und kleine Magneten“
Partnerarbeit 30 Minuten	Erarbeitung Die Kinder führen die beiden Versuche (Sandbecher heben, Eisenmuttern heben) in Partnerarbeit durch und dokumentieren beide Versuche auf dem Arbeitsblatt. Differenzierung Die Gestelle „Schwebende Büroklammer“ und „Fliegender Maikäfer“ werden den Kindern zur Verfügung gestellt, die bereits mit beiden Versuchen fertig sind. Die Kinder haben die Möglichkeit, damit weitere Magneten (auf Holzklötzchen montierten kleinen und großen Stabmagneten) auf ihre Stärke hin zu untersuchen. Ein Lineal hilft den Kindern, die Stärke des jeweiligen Magneten zu messen (mit dem Lineal kann der Abstand zwischen Büroklammer und Magneten gemessen werden, bei dem die Büroklammer gerade noch gehalten wird).	• AB „Große und kleine Magneten“ • Material für Partnerarbeit (vgl. Auflistung unten) • 4 Versuchskarten „Sandbecher heben“ • 4 Versuchskarten „Eisenmuttern heben“

3. Schuljahr
Unterrichtsverlauf

1. Sequenz: Wer ist stärker, ein kleiner oder ein großer Magnet?

	Versuchskarten helfen den Kindern.	- Gestell „Schwebende Büroklammer“ - Gestell „Fliegender Maikäfer“ - Holzklötz mit großem Magneten - Holzklötz mit kleinem Magneten 2 Versuchskarten: „Welcher Magnet ist der stärkere?“ „Fliegender Maikäfer“ „Welcher Magnet ist der stärkere?“ „Schwebende Büroklammer“ - kleiner eckiger Stabmagnet - großer eckiger Stabmagnet 2 Lineale
Sitzkreis 35 Minuten	Reflexion 1 Die Kinder berichten von ihren Ergebnissen: - Beim Versuch „Sandbecher heben“ ist der kleinere Magnet der stärkere, denn er konnte mehr Sand tragen. - Beim Versuch „Eisenmuttern heben“ ist der größere Magnet der stärkere, denn wir konnten mehr Muttern auf die Schraube stecken. LK: Was hast du herausgefunden? LK: Was kann ich als Ergebnis von heute an die Tafel schreiben? (Ggf.: Was ist die Antwort auf unsere Frage,	ausgefüllte AB „Große und kleine Magneten“

3. Schuljahr
Unterrichtsverlauf

1. Sequenz: Wer ist stärker, ein kleiner oder ein großer Magnet?

	wenn wir an beide Versuche gemeinsam denken? Ein Ergebnis der Kinder wird an der Tafel festgehalten, z. B.: Es gibt auch kleine, starke und große, schwache Magneten. (oder: Es stimmt nicht immer, dass der größere Magnet auch der stärkere Magnet ist). (Die Lehrkraft kann den Kindern ggf. berichten, dass es vom Material und der Herstellung abhängt, wie stark die Magneten sind; vgl. Versuchsbeschreibung.) Reflexion 2 LK: Welche weiteren Forscherfragen sind dir beim Ausprobieren eingefallen, denen du gerne noch nachgehen würdest? Kinder benennen mögliche weitere Fragen (z. B.: Welcher der im Unterricht verwendeten Magneten ist der stärkste?). LK: Forscherinnen und Forscher finden beim Experimentieren oft neue Fragen, die sie dann weiter untersuchen. Und deshalb kann man die Schritte des Forschens auch in einem Kreis anordnen. (Die Lehrkraft heftet die Karten an der Tafel so, dass die Karte „Frage beantworten“ neben der ersten Karte „Forschfrage formulieren“ hängt. Über den Kreis heftet sie die Karte „Der Forscherkreislauf“.) LK: Zeichne mit Pfeilen ein, wo wir mit dem Forschen beginnen und wie es dann weitergeht. (Ein Kind zeichnet ein.) Wenn wir dann eine neue Frage untersuchen, die wir beim Forschen entdeckt haben, beginnt der Kreislauf unseres Forschens wieder von vorn. Auftrag für Einzelarbeit - Die Kinder überprüfen, ob ihre auf dem Arbeitsblatt stehende Antwort auf die Frage richtig formuliert ist. Ggf. wird die Antwort korrigiert bzw. ergänzt. Die Partnerinnen/Partner helfen sich gegenseitig. - Die Kinder bearbeiten das Arbeitsblatt „Der Forscherkreislauf“ in Einzelarbeit.	8 Karten - Forschfrage formulieren - Vermutung aufschreiben - Versuch planen - Versuch durchführen - beobachten - dokumentieren - Frage beantworten - Der Forscherkreislauf - Magneten (zum Befestigen an der Tafel) - Tafel - ausgefüllte AB „Große und kleine Magneten“ - AB „Der
Einzelarbeit		

		Forscher- kreislauf"

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden. Sie befinden sich nicht in den Kisten.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	Kleiner eckiger Demo-Stabmagnet
	1	Großer eckiger Demo-Stabmagnet
	35	Blättchen Papier
	Mehrere	Magneten zum Befestigen der Karten an der Tafel

Benötigtes Experimentiermaterial

✓	Stückzahl	Material
	1. Station „Sandbecher heben“ (viermal aufbauen):	
	4	Wiegebecher
	4	Dosen mit Sand
	4	Kleine runde Stabmagneten
	4	Mittelgroße runde Stabmagneten
	Evtl. 1	Waage
	2. Station „Eisenmuttern heben“ (viermal aufbauen):	
	4	Schrauben (8 mm x 80 mm)
	4	Dosen mit je 10 Muttern
	4	Kleine Scheibenmagneten
	4	Große Scheibenmagneten
	Forschertisch (für die Differenzierung):	
	1	Gestell „Schwebende Büroklammer“
	1	Holzklötz mit großem Magneten (für „Schwebende Büroklammer“)
	1	Holzklötz mit kleinem Magneten (für „Schwebende Büroklammer“)
	1	Gestell „Fliegender Maikäfer“
	1	Kleiner eckiger Stabmagnet (für „Fliegender Maikäfer“)
	1	Großer eckiger Stabmagnet (für „Fliegender Maikäfer“)

2	Lineale

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	Je 1	Karte: „Forscherfrage formulieren“, „Vermutung aufschreiben“, „Versuch planen“, „Versuch durchführen“, „beobachten“, „dokumentieren“, „Frage beantworten“, „Der Forscherkreislauf“
	Schüleranzahl	AB „Große und kleine Magneten“
	4	Versuchskarten „Versuch 1: Sandbecher heben“
	4	Versuchskarten „Versuch 2: Eisenmuttern heben“
	Schüleranzahl	AB „Der Forscherkreislauf“
	1	Versuchskarte „Versuch 3: Welcher Magnet ist der stärkere? Fliegender Maikäfer“
	1	Versuchskarte „Versuch 4: Welcher Magnet ist der stärkere? Schwebende Büroklammer“

2. Sequenz: Ein faires Experiment (EG I)

Zeitraumen: 90 Minuten

Verlaufsplanung:

Zeit/Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft – Schülerinnen und Schüler	Material/Medien
Sitzkreis 5 Minuten	Einstieg Die Lehrkraft zeigt zwei unterschiedlich starke und unterschiedlich große Magneten (als Erinnerungshilfe). LK: <i>In der letzten Stunde hast du bereits versucht, mit dem Material unserer Forscherfrage nachzugehen. Was hast du dabei herausgefunden?</i> (Das Ergebnis der letzten Stunde wird wiederholt, z. B.: Die Stärke der Magneten hängt nicht von deren Größe ab. Es gibt auch kleine Magneten, die stärker sind als große.) LK: <i>Wie du in der letzten Stunde gesehen hast, gehört, wenn man eine Forscherfrage beantworten will, dazu, dass man ein Experiment macht.</i>	- kleiner eckiger Demo-Stabmagnet - großer eckiger Demo-Stabmagnet
Sitzkreis 30 Minuten	Orientierung/Aufgabenstellung LK: <i>Bevor ihr aber euer eigenes Experiment erfindet, muss ich dir noch sagen, was du unbedingt bei einem Experiment beachten solltest. Wenn du das weißt, kannst du dir selbst Experimente ausdenken. Dazu hast du später noch Gelegenheit.</i> <i>Ich zeige dir jetzt eine weitere Möglichkeit, wie wir zwei Magneten auf ihre Stärke hin vergleichen können. Pass genau auf, ob ich eine gute Forscherin/ein guter Forscher bin.</i> Die Lehrkraft klebt die zwei Magneten auf eine laminierte Unterlage, auf der sie zuvor eine Linie eingezeichnet hat. Die Kinder äußern ihre Vermutung. LK: <i>Nun werde ich gleich mit einem Lineal die zwei Unterlegscheiben zu den beiden Magneten schieben. Welche Unterlegscheibe wird dann wohl als erste vom Magneten angezogen werden?</i> (Die Scheibe gegenüber dem stärkeren Magneten wird zuerst angezogen. Seine Wirkung ist größer und reicht weiter.) Die Kinder äußern ihre Vermutung.	- kleiner runder Stabmagnet - mittelgroßer runder Stabmagnet - laminierte Unterlage mit zuvor eingezeichneter Linie - Klebestreifen 2 große Unterlegscheiben

Die Lehrkraft schiebt mit einem Lineal die gleich großen Unterlegscheiben zu den Magneten. Dabei hält sie das Lineal absichtlich schief, so dass nicht der „richtige“ Magnet gewinnt. (Es gewinnt der größere Magnet.) Falls die Kinder nicht reagieren, schiebt sie die Unterlegscheiben nochmals zu den Magneten, hält jedoch das Lineal in der anderen Richtung schräg.	Lineal
 Mögliche Reaktion der Kinder: - Das eine Ende vom Lineal war näher am Magnet, das Lineal war schief. - Der Versuch ist so unfair. - Du musst das Lineal gerade halten, sonst sind die Scheiben nicht gleich weit weg von den Magneten. Dann weiß man nicht, welcher Magnet der stärkere ist. LK: <i>Wie können wir das Experiment „gerechter“ machen?</i> Mögliche Vorschläge: - Das Lineal muss man gerade halten. - Wir könnten Linien ziehen, damit das Lineal immer gerade ist, dann sind die Scheiben immer gleich weit weg von den Magneten. LK: <i>Das Experiment ist fair, wenn die Eisenscheiben so geschoben werden, dass sie immer genau gleich weit von den Magneten entfernt sind. Das ist wie bei einem Wettkampf im Sport. Da ist es wichtig, dass der Wettkampf für alle fair ist. (Den Begriff „fair“ und „Fairness“ mit Beispielen aus dem Sport erläutern.)</i> Die Lehrkraft legt die Fairness-Karte 1 in den Sitzkreis: „Die beiden Scheiben müssen den gleichen Abstand zu den Magneten haben.“ Nun nimmt die Lehrkraft zwei deutlich unterschiedlich große Unterlegscheiben und legt sie vor das Lineal.	- Fairness-Karte 1 - kleine Unterlegscheibe - große

	 Mögliche Reaktionen: • Die kann man aber nicht gleich schieben. • Die größere Scheibe geht eher an den Magneten, weil der Rand näher ist. • Die kleinere Scheibe ist leichter, deshalb kann der Magnet sie früher anziehen. Gemeinsam wird die nächste Bedingung für Fairness erarbeitet (Fairness-Karte 2: „Die beiden Scheiben müssen gleich groß und gleich schwer sein.“). Die Lehrkraft setzt nun die eine Scheibe nicht direkt gegenüber des einen Magneten vor das Lineal, sondern verschiebt sie seitlich, während die andere Scheibe in direkter Linie vor dem anderen Magneten liegt.  Mögliche Reaktionen: • Die eine Scheibe ist nicht direkt vor dem Magneten, die andere wohl. Das ist ungerecht. • Der eine Magnet kann deshalb besser anziehen als der andere. Die nächste Bedingung wird gemeinsam erarbeitet und die Fairness-Karte 3 („Die Scheiben müssen beide direkt vor den Magneten liegen.“) wird hingelegt. Die Lehrkraft fragt, ob das Experiment immer noch fair ist, wenn die eine Scheibe rot, die andere Scheibe blau lackiert würde (nur das, was das Ergebnis beeinflussen könnte, muss konstant	Unterleg- scheibe (von oben) • Fairness- Karte 2 • 2 große Unterleg- scheiben • Fairness- Karte 3

	gehalten werden). LK: Wenn du herausfinden willst, welcher Magnet stärker ist, müssen die Bedingungen für beide Magneten <u>genau</u> gleich, also „fair“ – sein. Alles muss gleich sein, nur das, was wir untersuchen wollen – hier die beiden Magneten – darf unterschiedlich sein. Dann kann ich sagen: Das ist ein faires Experiment (Begriff „fares Experiment“ an die Tafel heften). LK: Eine junge Forscherin hat sich dieses Experiment ausgedacht. Die Lehrkraft zeigt das Schiebebrett und klebt die beiden Magneten so auf der Markierung fest, dass sie mit einem Pol genau auf der Linie liegen. LK: Die Forscherin behauptet: So kann ich ein faires Experiment durchführen. Beobachte genau und überlege, ob sie Recht hat. Die Lehrkraft führt den „Schiebebrettversuch“ vor.  Die Kinder begründen: • Die Scheiben sind immer gleich weit von den Magneten entfernt. • Durch die Einbuchtung im Schiebebrett können die Scheiben nicht verrutschen – sie liegen immer genau vor den Magneten. • Es liegen zwei gleiche Scheiben da. LK: Deine Aufgabe heute ist: Aufgabe • Sucht euch zu zweit zwei Magneten aus, die ihr vergleichen wollt. • Was vermutet ihr? Welcher Magnet ist stärker? Tauscht eure Vermutungen aus.	• Begriffskarte „fares Experiment“ • Tafel • Magneten (zum Befestigen) • Schiebebrett • Klebestreifen

3. Schuljahr
Unterrichtsverlauf

2. Sequenz: Ein faires Experiment (EG I)

	- Denkt euch mit dem Material gemeinsam ein neues faires Experiment aus. Überlegt dabei im Kopf, wie ihr vorgehen möchtet, bevor ihr ausprobiert. Dabei dürft ihr das Material anfassen, aber noch nicht bauen. - Haltet euren Plan auf dem Arbeitsblatt fest. - Führt euer Experiment durch. - Notiert oder zeichnet euer faires Experiment auf dem Arbeitsblatt. Beschreibt genau, was an eurem Experiment fair ist. - Beendet den Satz auf dem Arbeitsblatt: Unser Experiment ist fair, weil - Achtet besonders darauf, dass beide Kinder in der Partnerarbeit ihre Ideen einbringen können.	- AB „Wir planen ein faires Experiment“ - AB „Ein faires Experiment“
Partnerarbeit 30 Minuten	Erarbeitung Auf einem Materialtisch stehen die Materialien bereit. In Partnerarbeit planen die Kinder ein faires Experiment und halten ihre Planung auf einem Arbeitsblatt fest. Anschließend realisieren sie das geplante Experiment und überprüfen, ob es fair ist. Ggf. optimieren sie ihr Experiment. Sie dokumentieren die Durchführung und schreiben auf, warum dieses Experiment fair ist bzw. warum es anders geplant werden muss (ggf. entwickeln sie ein neues Experiment). Differenzierung Kinder, die keine Idee für ein eigenes Experiment haben, wählen ein Experiment aus Sequenz 1 und zeigen auf, warum die Bedingungen fair sind.	- Versuchsmaterialien (vgl. Auflistung unten) 8 Versuchskarten „Welcher Magnet ist der stärkere?“ 2 Versuchskarten „Sandbecher heben“ 2 Versuchskarten „Eisenmuttern heben“ - AB „Wir planen ein faires Experiment“ - AB „Ein faires Experiment“
Frontal 10 Minuten	Anleitung zum Aufräumen LK: <i>Deine Aufgabe ist es nun, dein Experiment in einer richtigen Experimentiershow vor der Kamera vorzustellen. Lege das Material für dein Experiment in eine Kiste und beschrifte sie mit deinem Namen, damit du dein Experiment dann auch wieder findest. Du musst keine Angst vor der Kamera haben. Du bist auch nicht alleine. Wie es in einer richtigen Show ist, ist da auch eine Moderatorin oder ein Moderator. Die helfen dir beim Vorstellen und interviewen dich, wie das auch bei echten Forscherinnen und Forschern ist. Und ich bin schon</i>	

3. Schuljahr
Unterrichtsverlauf

2. Sequenz: Ein faires Experiment (EG I)

	auf das Video nachher gespannt und ihr bestimmt auch. Aufgabe - Suche dir von euren Experimenten dein Lieblingsexperiment aus. - Nimm die Materialien dafür und packe sie in eine Kiste. - Lege deine ausgefüllten Arbeitsblätter mit in die Kiste. - Lege einen Zettel mit deinem Namen hinein. - Bringe deine fertige Kiste zu mir nach vorne.	
Partnerarbeit 15 Minuten	Aufräumen Die Kinder packen ihre Experimentiermaterialien in eine Kiste, legen die ausgefüllten Arbeitsblätter dazu und stellen ihre mit Namen beschriftete Kiste nach vorne zur Lehrkraft. Jedes Kind packt seine eigene Kiste. Die Lehrkraft kann den Kindern helfen.	- Experimente der Kinder 15 Kisten für die Experimente 15 Zettel zum Beschriften der Kisten - ausgefüllte AB der Kinder „Wir planen ein faires Experiment“ und „Ein faires Experiment“

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden. Sie befinden sich nicht in den Kisten.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	Kleiner eckiger Demo-Stabmagnet
	1	Großer eckiger Demo-Stabmagnet
	1	Laminierte Unterlage mit Strich
		Klebestreifen
	1	Kleiner runder Stabmagnet
	1	Großer runder Stabmagnet
	2	Große Unterlegscheiben
	1	Kleine Unterlegscheibe
	3	Fairness-Karten

3. Schuljahr
Unterrichtsverlauf

2. Sequenz: Ein faires Experiment (EG I)

1	Begriffskarte „faires Experiment“
1	Schiebepbrett

Benötigtes Experimentiermaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	Dose mit kleinen Nägeln*
	8	Dosen mit Sand
	8	Dosen mit je 10 Muttern
	8	Schrauben (8 mm x 80 mm)
	1	Dose mit Büroklammern*
	7	Lineale
	7	Laminierte Unterlagen mit non-permanenten Folienstiften
	1	Federwaage
	1	Säckchen mit 20 Murmeln
	8	Wiegebecher
	8	Kleine runde Stabmagneten
	8	Mittelgroße runde Stabmagneten (aus Box 1a und Box 3a)
	16	Ringmagneten*
	8	Große Scheibenmagneten (aus Box 1a und Box 3a)
	8	Kleine Scheibenmagneten
	32	Kleine eckige Stabmagneten*
	1	Waage
	10	Legoautos
	10	Gummibänder
	3	Deckel in unterschiedlichen Größen
		Klebestreifen

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	Schüleranzahl	AB „Wir planen ein faires Experiment“
	Schüleranzahl	AB „Ein faires Experiment“

3. Schuljahr
Unterrichtsverlauf

2. Sequenz: Ein faires Experiment (EG I)

2	Versuchskarten „Versuch 1: Sandbecher heben“
2	Versuchskarten „Versuch 2: Eisenmuttern heben“
8	Versuchskarten „Welcher Magnet ist der stärkere?“
15	Zettel zum Beschriften der Kisten
15	Kisten für die Experimente

3. Schuljahr
Unterrichtsverlauf

3. Sequenz: Ein faires Experiment – Reflexion (EG I)

3. Sequenz: Ein faires Experiment – Reflexion (EG I)

Zeitraumen: 45 Minuten

Verlaufsplanung:

Zeit/Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft – Schülerinnen und Schüler	Material/Medien
Sitzkreis 5 Minuten	Einstieg LK: <i>In den letzten Stunden hast du viel über Magnetismus herausgefunden und du bist jetzt richtige Experimentierexpertin und -experte.</i>	
Sitzkreis 5 Minuten	Orientierung/Aufgabenstellung LK: <i>Deine Aufgabe ist es nun, zusammen mit deiner Partnerin oder deinem Partner noch einmal das Experiment, das ihr entwickelt und in der Show präsentiert habt, den anderen Kindern zu zeigen. Ihr habt jetzt 15 Minuten Zeit, das Material für euer Experiment zu holen und das Experiment schon einmal an eurem Tisch aufzubauen und zu üben. Danach gehen wir dann von Tisch zu Tisch und schauen uns eure Experimente an. Wenn ihr verschiedene Experimente in der Show präsentiert habt, dürft ihr jeder euer Experiment zeigen. Wenn du dein Experiment präsentierst, achte darauf, dass du diese Fragen beantwortest:</i> <i>Wie bist du vorgegangen?</i> <i>Was hast du herausgefunden?</i> <i>Warum ist dein Experiment fair?</i> Die Lehrkraft heftet die drei Fragen als Orientierung an die Tafel.	• 3 Fragekarten • Magneten zum Befestigen
Partnerarbeit 15 Minuten	Erarbeitung Die Kinder holen die Kisten für ihre Experimente, bauen sie auf und führen sie noch einmal durch.	• Experimentierkisten der Kinder
Rundgang 20 Minuten 	Reflexion Die Kinder stellen ihr Experiment in einem Rundgang vor. Dabei wird das Experiment von den Mitschülerinnen und Mitschülern auf seine Fairness hin beurteilt. Die Lehrkraft moderiert, in dem sie die Kinder daran erinnert, die Fragen zu beantworten. Ggf. werden die Bedingungen des Experiments so verbessert, dass das Experiment fair ist. Jede Kiste bekommt einen „Toller Forscher“-Aufkleber und ist somit vom TÜV, also den Experimentier-Expertinnen und -Experten geprüft.	• Experimente der Kinder • „Toller Forscher“-Aufkleber

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden. Sie befinden sich nicht in den Kisten.

3. Schuljahr
Unterrichtsverlauf

3. Sequenz: Ein faires Experiment – Reflexion (EG I)

Benötigtes Experimentiermaterial

✓	Stückzahl	Material
	15	Experimentierkisten der Kinder
	15	„Toller Forscher“-Aufkleber
	3	Magneten zum Befestigen an der Tafel
	3	Fragekarten („Wie bist du vorgegangen?“, „Was hast du herausgefunden?“ und „Warum ist dein Experiment fair?“)

© Seminar für Didaktik des Sachunterrichts Uni Münster

A.17 Unterrichtseinheit in der Experimentalgruppe II (EG II OHNE M)

Die Unterschiede zwischen den beiden Experimentalgruppen sind zum Vergleich in den Beschreibungen rot markiert.

1. Sequenz: Wer ist stärker, ein kleiner oder ein großer Magnet?
(EG II)

Zeitraumen: 90 Minuten

Verlaufsplanung:

Zeit/Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft – Schülerinnen und Schüler	Material/Medien
Stehhalbkreis 5 Minuten	Einstieg Die Lehrkraft zeigt zwei unterschiedlich große Magneten (Stehhalbkreis, um die Magneten gut sehen zu können). Impulse: LK: <i>Was glaubst du: Welcher Magnet ist stärker? Warum denkst du das?</i> Mögliche Reaktionen: • Der große Magnet kann mehr halten. • Der große kann mehr halten, weil der mehr Fläche hat. LK: <i>Du glaubst, der größere Magnet ist stärker. Was glaubst du, wie viele von diesen Blättchen Papier kann er an der Tafel halten?</i> LK: <i>Und wie viele kann wohl der Kleine halten?</i> Die Lehrkraft nimmt die Anzahl, die die Kinder nennen an Blättchen Papier und versucht, diese mit dem jeweiligen Magneten an der Tafel zu befestigen. Die Vorschläge der Kinder werden nicht kommentiert, sondern angenommen und umgesetzt. Der kleinere Magnet hält dabei wesentlich mehr Blättchen Papier als der größere. (Der kleine hält ca. 25 und der große ca. 3.) Gemeinsam mit den Kindern werden die Anzahlen der Blättchen Papier ermittelt.	• kleiner eckiger Demo-Stabmagnet • großer eckiger Demo-Stabmagnet • 35 Blättchen Papier
Sitzkreis 20 Minuten	Orientierung/Aufgabenstellung LK: <i>Du wirst heute und in der nächsten Stunde verschiedene Magneten untersuchen und vergleichen, wie stark sie sind. Dabei gehst du in Schritten vor, wie das Forscherinnen und Forscher auch machen. Was ist der erste Schritt beim Forschen?</i> (Kinder vermuten lassen; sie greifen dabei ggf. auf ihre Erfahrungen zum Forschen zurück.) LK: <i>Zunächst werden Forscherinnen und Forscher eine Frage formulieren.</i> (Die Lehrkraft heftet die Karte „Forscherfrage formulieren“ an die Tafel.) <i>Wie könnte</i>	• Karte

	<i>diese heißen?</i> Gemeinsam wird eine Forscherfrage formuliert und an die Tafel geschrieben, z. B.: Wer ist stärker, ein kleiner Magnet oder ein großer Magnet? (oder: „Ist der größere Magnet auch der stärkere Magnet? Ist das immer so?“) LK: <i>Was werden eine Forscherin oder ein Forscher als nächstes tun?</i> (Überlegen, welche Antwort vermutet wird.) Die Lehrkraft heftet die Karte „Vermutung aufschreiben“ hinzu und fragt nach den nächsten Schritten. Entsprechend werden die Karten „Versuch planen“, „Versuch durchführen“, „beobachten“, „dokumentieren“ und „Frage beantworten“ untereinander ergänzt, sodass an der Tafel die Schritte des Forschens ablesbar sind. LK: <i>Deine Aufgabe heute ist:</i> Aufgabe • Du siehst hier auf unserem Forschertisch ganz viele Materialien. (Die Lehrkraft geht die Materialien mit den Kindern kurz durch, damit die Kinder sich orientieren können.) • Überlege gemeinsam mit einer Partnerin oder einem Partner, welche Materialien ihr benutzen könnt, um unserer Forscherfrage nachzugehen. • Sprecht euch dabei ab. • Probiert dann eure Ideen nacheinander aus. • Beobachtet dabei genau. • Immer, wenn ihr eine Idee ausprobiert habt, bringt ihr das Material zurück. Erst dann probiert ihr eure nächste Idee aus. • Wenn ihr gar keine Idee habt, könnt ihr zu mir kommen und euch eine solche Spion-Karte (zeigen) abholen. Als Spion dürft ihr bei den anderen Kindern gucken, was sie machen. Dabei müsst ihr aber ganz leise sein und dürft die anderen Kinder nicht stören.	„Forscherfrage formulieren“ • Magneten (zum Befestigen) • Tafel • 6 Karten: - Vermutung aufschreiben - Versuch planen - Versuch durchführen - beobachten - dokumentieren - Frage beantworten • Material für Partnerarbeit (vgl. Auflistung unten) • Spion-Karte
Partnerarbeit 30 Minuten	Erarbeitung Die Kinder gehen in Partnerarbeit explorierend mit den Materialien um. Sie versuchen, mit Hilfe von Materialien die Frage zu beantworten. Dabei lernen sie die Materialien durch Ausprobieren kennen. Es kann sein, dass daraus bereits ein Experimentieren erwächst. Wichtig ist, dass Kinder nicht mit Versuchsanleitungen konfrontiert werden, sondern sich selbst Wege überlegen, wie sie ihre Fragestellung bearbeiten können.	• Material für Partnerarbeit (vgl. Auflistung unten)

3. Schuljahr
Unterrichtsverlauf

1. Sequenz: Wer ist stärker, ein kleiner oder ein großer Magnet?

	Die Lehrkraft fungiert als Beobachter und hält sich in dieser Phase zurück. Sie stellt keine didaktischen oder rhetorischen Fragen. Die Kinder haben den Freiraum, ihren eigenen Ideen nachzugehen. Die Lehrkraft geht in dieser Phase herum und fragt die Kinder, was sie gerade tun oder was für einer Idee sie nachgehen, entwickelt diese aber nicht mit ihnen weiter. Differenzierung Die Kinder, die gar keine Ideen haben, können sich bei der Lehrkraft eine Spion-Karte abholen (insgesamt gibt es vier Stück). Kinder, die eine Spion-Karte haben, dürfen bei anderen Kindern die Ideen einsehen, Einzelinformationen und -ergebnisse mitbringen, die die eigene Gruppe in ihrer Arbeit voranbringt. Der Spion muss die Ruhe bewahren, gezielt und überlegt vorgehen. Die Lehrkraft gibt an, zu welchem Zeitpunkt und wie lange der Spion aktiv wird. Die Kinder, die bereits eine Idee durchgeführt haben, werden dazu ermutigt, sich weiter mit den Materialien zu beschäftigen. Möglicher Impuls: LK: <i>Habt ihr noch eine andere Idee?</i>	• 4 Spion-Karten
Sitzkreis 35 Minuten	Reflexion 1 Die Kinder stellen ihre bisherigen Ideen materialgestützt vor. Die anderen Kinder nehmen darauf Bezug und stellen Nachfragen (Meldekette). Die Ideen werden durch die anderen Kinder auf den Prüfstand gestellt. Dies wird aber nicht von der Lehrkraft angeleitet (wenn nur in Bezug auf die Methode der Meldekette) oder kommentiert. In diesem Gespräch sollen die Kinder die Vorschläge der anderen Kinder kommentieren, werden aber nicht dazu angeleitet, sie zu optimieren. Es geht nur um einen Austausch. LK: <i>Was hast du herausgefunden?</i> LK: <i>Was kann ich als Ergebnis von heute an die Tafel schreiben?</i> Ein Ergebnis der Kinder wird an der Tafel festgehalten, z. B.: Es liegt nicht an der Größe. Es gibt auch kleine, starke und große, schwache Magneten. (Die Lehrkraft kann den Kindern ggf. berichten, dass es vom Material und der Herstellung abhängt, wie stark die Magneten sind; vgl. Versuchsbeschreibung aus EG I.)	• ausgewählte Materialien der Kinder • Tafel

3. Schuljahr
Unterrichtsverlauf

1. Sequenz: Wer ist stärker, ein kleiner oder ein großer Magnet?

	Reflexion 2 LK: <i>Welche weiteren Forscherfragen sind dir beim Ausprobieren eingefallen, denen du gerne noch nachgehen würdest?</i> Kinder benennen mögliche weitere Fragen (z. B.: Welcher der im Unterricht verwendeten Magneten ist der stärkste?). LK: <i>Forscherinnen und Forscher finden beim Experimentieren oft neue Fragen, die sie dann weiter untersuchen. Und deshalb kann man die Schritte des Forschens auch in einem Kreis anordnen.</i> (Die Lehrkraft heftet die Karten an der Tafel so, dass die Karte „Frage beantworten“ neben der ersten Karte „Forscherfrage formulieren“ hängt. Über den Kreis heftet sie die Karte „Der Forscherkreislauf“.) LK: <i>Zeichne mit Pfeilen ein, wo wir mit dem Forschen beginnen und wie es dann weitergeht.</i> (Ein Kind zeichnen ein.) <i>Wenn wir dann eine neue Frage untersuchen, die wir beim Forschen entdeckt haben, beginnt der Kreislauf unseres Forschens wieder von vorn.</i>	
Einzelarbeit	Auftrag für Einzelarbeit • Die Kinder bearbeiten das Arbeitsblatt „Der Forscherkreislauf“ in Einzelarbeit.	• 8 Karten - Forscherfrage formulieren - Vermutung aufschreiben - Versuch planen - Versuch durchführen - beobachten - dokumentieren - Frage beantworten - Der Forscherkreislauf • Tafel • AB „Der Forscherkreislauf“

3. Schuljahr
Unterrichtsverlauf

1. Sequenz: Wer ist stärker, ein kleiner oder ein großer Magnet?

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden. Sie befinden sich nicht in den Kisten.
Die mit einem * versehenen Materialien befinden sich in den Kisten für das 1./2. Schuljahr.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	Kleiner eckiger Demo-Stabmagnet
	1	Großer eckiger Demo-Stabmagnet
	35	Blättchen Papier
	Mehrere	Magneten zum Befestigen der Karten an der Tafel

Benötigtes Experimentiermaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	Dose mit kleinen Nägeln*
	8	Dosen mit Sand
	8	Dosen mit je 10 Muttern
	8	Schrauben (8 mm x 80 mm)
	1	Dose mit Büroklammern*
	7	Lineale
	7	Laminierte Unterlagen mit non-permanenten Folienstiften
	1	Federwaage
	1	Säckchen mit 20 Murmeln
	8	Wiegebecher
	8	Kleine runde Stabmagneten
	8	Mittelgroße runde Stabmagneten (aus Box 1a und Box 3a)
	16	Ringmagneten*
	8	Große Scheibenmagneten (aus Box 1a und Box 3a)
	8	Kleine Scheibenmagneten
	32	Kleine eckige Stabmagneten*
	1	Waage
	10	Legoautos
	10	Gummibänder

3. Schuljahr
Unterrichtsverlauf

1. Sequenz: Wer ist stärker, ein kleiner oder ein großer Magnet?

	3	Deckel in unterschiedlichen Größen
		Klebestreifen

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	Je 1	Karte: „Forscherfrage formulieren“, „Vermutung aufschreiben“, „Versuch planen“, „Versuch durchführen“, „beobachten“, „dokumentieren“, „Frage beantworten“, „Der Forscherkreislauf“
	4	Spion-Karten
	Schüleranzahl	AB „Der Forscherkreislauf“

2. Sequenz: Ein faires Experiment (EG II)

Zeitraumen: 90 Minuten

Verlaufsplanung:

Zeit/Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft – Schülerinnen und Schüler	Material/Medien
Sitzkreis 5 Minuten	Einstieg Die Lehrkraft zeigt zwei unterschiedlich starke und unterschiedlich große Magneten (als Erinnerungshilfe). LK: <i>In der letzten Stunde hast du bereits versucht, mit dem Material unserer Forscherfrage nachzugehen. Was hast du dabei herausgefunden?</i> (Das Ergebnis der letzten Stunde wird wiederholt, z. B.: Die Stärke der Magneten hängt nicht von deren Größe ab. Es gibt auch kleine Magneten, die stärker sind als große.) LK: <i>Wie du in der letzten Stunde gesehen hast, gehört, wenn man eine Forscherfrage beantworten will, dazu, dass man ein Experiment macht.</i>	- kleiner eckiger Demo-Stabmagnet - großer eckiger Demo-Stabmagnet
Sitzkreis 30 Minuten	Orientierung/Aufgabenstellung LK: <i>In der letzten Stunde hast du den Forscherkreislauf kennengelernt und angefangen, die Forscherfrage zu beantworten. Überlege gemeinsam mit deiner Partnerin oder deinem Partner, was du untersucht hast:</i> - Wie bist du vorgegangen? - Was ist dir schwer gefallen? - Was war leicht für dich? <i>Notiere deine Antworten auf diesem Arbeitsblatt.</i>	3 Fragekarten
Partnerarbeit	Die Kinder besprechen sich gemeinsam mit ihrer Partnerin oder ihrem Partner und machen sich auf dem Arbeitsblatt Notizen. Das Material steht als Gedächtnisstütze bereit. Differenzierung: Falls Kinder es ohne Material nicht reflektieren können, gibt die Lehrkraft ihnen den Hinweis, dass sie sich das Material, das sie in der letzten Stunde verwendet haben, dazu holen können.	- AB „Unsere Ideen“ - Versuchsmaterialien (vgl. Auflistung unten)
Sitzkreis	Nach 15 Minuten: Die Kinder äußern sich zu den drei Fragen. Dabei nehmen sie sich gegenseitig dran (Meldekette). Die Lehrkraft hört zu und fragt nach, wenn sie etwas	

nicht versteht. Sie lenkt das Gespräch durch bzw. auf die drei Fragen, fasst die Aussagen der Kinder aber nicht zusammen und kommentiert diese auch nicht. Der Austausch unter den Kindern steht im Vordergrund. Sie kann den Austausch aber dadurch anregen, dass sie fragt: <i>Was sagen die anderen Kinder dazu?</i> LK: <i>Heute darfst du als Forscherin und Forscher weiter arbeiten und Experimente durchführen. Dadurch wollen wir eine Antwort auf unsere Frage finden. Vorher möchte ich mit dir besprechen, was du unbedingt beachten musst, wenn du ein Experiment durchführst. Danach kannst du dir selber Experimente ausdenken. Wichtig ist, dass das Experiment „fair“ ist. Ein Experiment ist „fair“, wenn du damit auf eine faire Art zwei Dinge, wie zwei Magneten, miteinander vergleichen kannst. Wenn du herausfinden willst, welcher Magnet stärker ist, muss alles, außer den beiden Magneten genau gleich sein, damit wir die Magneten fair vergleichen können. Das ist wie bei einem Wettkampf im Sport. Da ist es wichtig, dass der Wettkampf für alle fair ist. Dann kann ich sagen: Das ist ein „fares“ Experiment (Begriff „fares Experiment“ an die Tafel heften).</i> LK: <i>Deine Aufgabe heute ist:</i> Aufgabe - Sucht euch zu zweit zwei Magneten aus, die ihr vergleichen wollt. - Was vermutet ihr? Welcher Magnet ist stärker? Tauscht eure Vermutungen aus. - Denkt euch mit dem Material gemeinsam ein faires Experiment aus. Überlegt dabei im Kopf, wie ihr vorgehen möchtet, bevor ihr ausprobiert. Dabei dürft ihr das Material anfassen, aber noch nicht bauen. - Haltet euren Plan auf dem Arbeitsblatt fest. - Führt euer Experiment durch. - Notiert oder zeichnet euer faires Experiment auf dem Arbeitsblatt. Beschreibt genau, was an eurem Experiment fair ist. - Beendet den Satz auf dem Arbeitsblatt: Unser Experiment ist fair, weil - Achtet besonders darauf, dass beide Kinder in der Partnerarbeit ihre Ideen einbringen können. - Auch heute kann es sein, dass es wieder Spione	- Begriffskarte „fares Experiment“ - Tafel - AB „Wir planen ein faires Experiment“ - AB „Ein faires Experiment“

3. Schuljahr
Unterrichtsverlauf

2. Sequenz: Ein faires Experiment (EG II)

	unter euch gibt. Wenn du also keine Idee hast, darfst du dir eine Spion-Karte von mir abholen. Denke aber daran, die anderen Kinder nicht zu stören. Spione arbeiten immer leise! Ein Kind wiederholt den Arbeitsauftrag. LK: <i>Wer jetzt schon weiß, was er machen kann, darf mit seiner Partnerin oder seinem Partner schon anfangen.</i> Mögliche Kinder, die noch sitzen bleiben: • Kinder, die den Arbeitsauftrag nicht verstanden haben. (1) • Kinder, die keine Idee für ein faires Experiment haben. (2) • Kinder, die den Arbeitsauftrag schon (in Teilen) erledigt haben. (3) (1) Falls Kinder den Arbeitsauftrag nicht verstanden haben: LK: <i>Wer kann ... die Aufgabe noch einmal genau erklären?</i> Ein Kind erklärt und wiederholt den Arbeitsauftrag. (2) Falls Gruppen keine Idee haben: LK: <i>Auch heute gibt es wieder unsere Spion-Karten. Wenn du also keine Idee hast, kannst du dir bei mir eine Spion-Karte holen und bei den anderen Kindern leise schauen.</i> Die Lehrkraft gibt den Kindern, die keine Idee haben, eine der insgesamt vier Spion-Karten. (3) Falls schon Gruppen fertig sind: LK: <i>Dokumentiert euer Experiment auf dem Arbeitsblatt und begründet, was daran fair ist. Danach überlegt ihr euch ein weiteres faires Experiment, wie es auch Forscherinnen und Forscher machen würden.</i>	• 4 Spion-Karten
Partnerarbeit 30 Minuten	Erarbeitung Auf einem Materialtisch stehen die Materialien bereit. In Partnerarbeit planen die Kinder ein faires Experiment und halten ihre Planung auf einem Arbeitsblatt fest. Anschließend realisieren sie das geplante Experiment und überprüfen, ob es fair ist. Ggf. optimieren sie ihr Experiment. Sie dokumentieren die Durchführung und schreiben auf,	• Versuchsmaterialien (vgl. Auflistung unten) • 8 Versuchskarten „Welcher Magnet ist der stärkere?“

3. Schuljahr
Unterrichtsverlauf

2. Sequenz: Ein faires Experiment (EG II)

	warum dieses Experiment fair ist bzw. warum es anders geplant werden muss (ggf. entwickeln sie ein neues Experiment). <i>Die Lehrkraft beobachtet die Kinder dabei. Sie greift bei Kindern ein, die gar keine Idee haben, indem sie ihnen Tipps gibt, bei welchen Kindern sie gut nachfragen können. Sie fragt bei Gruppen nach, was genau sie tun und kann, wenn es notwendig ist, Anregungen oder Hinweise zur Verbesserung geben. Wichtig ist aber, dass die Ideen hauptsächlich von den Kindern kommen!</i> Differenzierung Kinder, die keine Idee für ein eigenes Experiment haben, können bei anderen Kindern gucken und ggf. nachfragen. Kinder, die ein faires Experiment geplant, durchgeführt und auf dem Arbeitsblatt begründet haben, was an ihrem Experiment fair ist, entwickeln ein weiteres Experiment. Für jedes Experiment bekommen die Kinder ein neues Arbeitsblatt.	• AB „Wir planen ein faires Experiment“ • AB „Ein faires Experiment“
Frontal 10 Minuten	Anleitung zum Aufräumen LK: <i>Deine Aufgabe ist es nun, dein Experiment in einer richtigen Experimentiershow vor der Kamera vorzustellen. Lege das Material für dein Experiment in eine Kiste und beschrifte sie mit deinem Namen, damit du dein Experiment dann auch wieder findest. Du musst keine Angst vor der Kamera haben. Du bist auch nicht alleine. Wie es in einer richtigen Show ist, ist da auch eine Moderatorin oder ein Moderator. Die helfen dir beim Vorstellen und interviewen dich, wie das auch bei echten Forscherinnen und Forschern ist. Und ich bin schon auf das Video nachher gespannt und ihr bestimmt auch.</i> Aufgabe • Suche dir von euren Experimenten dein Lieblingsexperiment aus. • Nimm die Materialien dafür und packe sie in eine Kiste. • Lege deine ausgefüllten Arbeitsblätter mit in die Kiste. • Lege einen Zettel mit deinem Namen hinein. • Bringe deine fertige Kiste zu mir nach vorne.	
Partnerarbeit 15 Minuten	Aufräumen Die Kinder packen ihre Experimentiermaterialien in eine Kiste, legen das ausgefüllte Arbeitsblatt dazu und stellen ihre mit Namen beschriftete Kiste nach vorne zur Lehrkraft. Jedes Kind packt seine eigene	• Experimente der Kinder • 15 Kisten für

3. Schuljahr
Unterrichtsverlauf

2. Sequenz: Ein faires Experiment (EG II)

	Kiste. Die Lehrkraft kann den Kindern helfen.	die Experimente • 15 Zettel zum Beschriften der Kisten • ausgefüllte AB der Kinder „Wir planen ein faires Experiment“ • ausgefüllte AB „Ein faires Experiment“

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden. Sie befinden sich nicht in den Kisten.
Die mit einem * versehenen Materialien befinden sich in den Kisten für das 1./2. Schuljahr.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	Kleiner eckiger Demo-Stabmagnet
	1	Großer eckiger Demo-Stabmagnet

Benötigtes Experimentiermaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	Dose mit kleinen Nägeln*
	8	Dosen mit Sand
	8	Dosen mit je 10 Muttern
	8	Schrauben (8 mm x 80 mm)
	1	Dose mit Büroklammern*
	7	Lineale
	7	Laminierte Unterlagen mit non-permanenten Folienstiften
	1	Federwaage
	1	Säckchen mit 20 Murmeln
	8	Wiegebecher
	8	Kleine runde Stabmagneten
	8	Mittelgroße runde Stabmagneten (aus Box 1a und Box 3a)
	16	Ringmagneten*

3. Schuljahr
Unterrichtsverlauf

2. Sequenz: Ein faires Experiment (EG II)

	8	Große Scheibenmagneten (aus Box 1a und Box 3a)
	8	Kleine Scheibenmagneten
	32	Kleine eckige Stabmagneten*
	1	Waage
	10	Legoautos
	10	Gummibänder
	3	Deckel in unterschiedlichen Größen
		Klebestreifen

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	Schüleranzahl	AB „Ein faires Experiment“
	Schüleranzahl	AB „Wir planen ein faires Experiment“
	Schüleranzahl	AB „Unsere Ideen“
	1	Begriffskarte „fares Experiment“
	8	Versuchskarten „Welcher Magnet ist der stärkere?“
	3	Fragekarten („Wie bist du vorgegangen?“, „Was ist dir schwer gefallen?“ und „Was war leicht für dich?“)
	15	Zettel zum Beschriften der Kisten
	15	Kisten für die Experimente
	4	Spion-Karten

3. Schuljahr
Unterrichtsverlauf

3. Sequenz: Ein faires Experiment – Reflexion (EG II)

3. Sequenz: Ein faires Experiment – Reflexion (EG II)

Zeitraumen: 45 Minuten

Verlaufsplanung:

Zeit/Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft – Schülerinnen und Schüler	Material/Medien
Sitzkreis 5 Minuten	Einstieg LK: <i>In den letzten Stunden hast du viel über Magnetismus herausgefunden und du bist jetzt richtige Experimentierexpertin und -experte.</i>	
Sitzkreis 5 Minuten	Orientierung/Aufgabenstellung LK: <i>Deine Aufgabe ist es nun, zusammen mit deiner Partnerin oder deinem Partner noch einmal das Experiment, das ihr entwickelt und in der Show präsentiert habt, den anderen Kindern zu zeigen. Ihr habt jetzt 15 Minuten Zeit, das Material für euer Experiment zu holen und das Experiment schon einmal an eurem Tisch aufzubauen und zu üben. Danach gehen wir dann von Tisch zu Tisch und schauen uns eure Experimente an. Wenn ihr verschiedene Experimente in der Show präsentiert habt, dürft ihr jeder euer Experiment zeigen. Wenn du dein Experiment präsentierst, achte darauf, dass du diese Fragen beantwortest:</i> <i>Wie bist du vorgegangen?</i> <i>Was hast du herausgefunden?</i> <i>Warum ist dein Experiment fair?</i> Die Lehrkraft heftet die drei Fragen als Orientierung an die Tafel.	• 3 Fragekarten • Magneten zum Befestigen
Partnerarbeit 15 Minuten	Erarbeitung Die Kinder holen die Kisten für ihre Experimente, bauen sie auf und führen sie noch einmal durch.	• Experimentierkisten der Kinder
Rundgang 20 Minuten 	Reflexion Die Kinder stellen ihr Experiment in einem Rundgang vor. Dabei wird das Experiment von den Mitschülerinnen und Mitschülern auf seine Fairness hin beurteilt. Die Lehrkraft moderiert, in dem sie die Kinder daran erinnert, die Fragen zu beantworten. Ggf. werden die Bedingungen des Experiments so verbessert, dass das Experiment fair ist. Jede Kiste bekommt einen „Toller Forscher“-Aufkleber und ist somit vom TÜV, also den Experimentier-Expertinnen und -Experten geprüft.	• Experimente der Kinder • „Toller Forscher“-Aufkleber

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden. Sie befinden sich nicht in den Kisten.

3. Schuljahr
Unterrichtsverlauf

3. Sequenz: Ein faires Experiment – Reflexion (EG II)

Benötigtes Experimentiermaterial

✓	Stückzahl	Material
	15	Experimentierkisten der Kinder
	15	„Toller Forscher“-Aufkleber
	3	Fragekarten („Wie bist du vorgegangen?“, „Was ist dir schwer gefallen?“ und „Was war leicht für dich?“)
	3	Magneten zum Befestigen

© Seminar für Didaktik des Sachunterrichts Uni Münster

A.18 Kriterienkatalog für das *Blind-Screening*

EG I (MIT M)	EG II (OHNE M)
<u>schwächere Komplexität</u>	<u>stärkere Komplexität</u>
komplexe Aufgabenstellung erst nach Beispielexperimenten und Anleitung	komplexe Aufgabenstellung bereits zu Beginn
<u>stärkere Strukturierung/Sequenzierung</u>	<u>schwächere Strukturierung/Sequenzierung</u>
Gliederung des Unterrichts nach aufeinander aufbauenden Teillernzielen (lehrergesteuert):	Fokus liegt auf der Entwicklung kontrollierter Experimente; keine Teillernziele (schülergesteuert):
kontrollierter Konzeptaufbau	
1. Erarbeitung des Forschungsprozesses	- vollständige Materialauswahl
2. Durchführung vorgegebener Versuche	- aktives Durchlaufen eines Forschungsprozesses
3. Beispielhaftes Durchlaufen eines Forschungsprozesses	- Erarbeitung des Forschungsprozesses ohne Beispiel
4. Festhalten eines inhaltlichen Ergebnisses	- Erklärung eines kontrollierten Experiments
5. explizite Verknüpfung des inhaltlichen Ergebnisses mit der methodischen Vorgehensweise	- Reflexion anhand der geplanten Experimente
6. explizite Erarbeitung der Kriterien eines kontrollierten Experiments	- Fokus liegt auf dem freien Experimentieren
7. Planung und Durchführung eines kontrollierten Experiments (Transfer)	- schwache inhaltliche Steuerung
8. Reflexion mittels Kriterien	
<u>schwächere Selbststeuerung durch Schülerinnen und Schüler</u>	<u>stärkere Selbststeuerung durch Schülerinnen und Schüler</u>
Die Partnerarbeit umfasst zwei Teilziele:	Partnerarbeit mit viel Freiraum für eigene Experimente
1. vorgegebene Experimente (Anleitung)	freies Experimentieren
2. Freiraum für eigene Experimente	
Gespräche gesteuert durch Lehrperson	Gesprächsverlauf durch Aussagen der Schülerinnen und Schüler zu ihren Beobachtungen und Ergebnissen gesteuert
	Lehrperson als Begleitung (in Experimentierphasen) und Redeleitung
<u>stärkere Steuerung durch Lehrperson</u>	<u>geringere Steuerung durch Lehrperson</u>
kleinschrittige Erarbeitung des Begriffs „fair“	kurze Definition des Begriffs „fair“
Veranschaulichung eines kontrollierten Experiments durch Beispiele	kurze Erklärung eines kontrollierten Experiments
implizites und explizites Modeling	hält sich mit inhaltlichen Hilfen zurück
<u>stärkere Steuerung durch das Material</u>	<u>schwächere Steuerung durch das Material</u>
ausgewähltes und aufeinander aufbauendes Experimentiermaterial	keine Versuchskarten
materialgestütztes Modeling	umfassendere Materialauswahl von Anfang an

A.19 SIS-Fragebogen zu motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmalen

Name _____

Datum _____

Frageb😊genheft

Denke beim Beantworten des Fragebogens an den Sachunterricht zum Thema
„Magnetismus - Faires Experiment“ von gestern.

Hier geht es um **deine Meinung** zu diesem Unterricht.

	stimmt gar nicht	stimmt ein wenig	stimmt fast	stimmt genau
Der Unterricht hat mir Spaß gemacht.				
Bei dem Unterricht war ich oft sehr neugierig darauf, was wir als nächstes machen.				
In dem Unterricht habe ich gar nicht gemerkt, wie die Zeit vergeht.				
Im Unterricht musste ich mich anstrengen zuzuhören.				
Der Unterricht war langweilig.				
Ich habe mich immer auf den Unterricht gefreut.				
Der Unterricht gehörte zu meinem Lieblingsunterricht.				

Denke an den Sachunterricht zum Thema „Magnetismus - Faires Experiment“ von gestern.

Was denkst du **über dich** bei diesem Unterricht?

In dem Unterricht habe ich ...	stimmt gar nicht	stimmt ein wenig	stimmt fast	stimmt genau
... sehr viel gelernt.				
... sehr viel verstanden.				
... sehr viel Wichtiges herausgefunden.				
... viele Probleme selbst gelöst.				

Denke wieder an den Sachunterricht zum Thema „Magnetismus - Faires Experiment“ von gestern.

Hast du **in deiner freien Zeit** etwas getan, das mit diesem Thema zu tun hat?

 Hier musst du ankreuzen, ob du das nie, selten, oft oder sehr oft getan hast.

	nie	selten	oft	sehr oft
Hast du nach der Schule mit Anderen über das Thema aus dem Unterricht gesprochen?				
Hast du in Kindersachbüchern Dinge aus dem Unterricht nachgelesen?				
Hast du nach der Schule etwas ausprobiert, das mit dem Thema zu tun hat?				
Hast du für den Unterricht mehr gemacht als du musstest, weil dich das Thema interessierte?				
Hast du Anderen erzählt, was ihr in dem Unterricht gemacht habt?				
Hast du nach der Schule über die Themen aus dem Unterricht nachgedacht?				

Denke wieder an das Thema „Magnetismus - Faires Experiment“ von gestern.

Was denkst du **über dich** bei diesem Thema?


 Hier musst du wieder ankreuzen, ob die Sätze für dich stimmen oder nicht.

	stimmt gar nicht	stimmt ein wenig	stimmt fast	stimmt genau
Ich schaffe es jetzt, Anderen dieses Thema zu erklären.				
Ich traue mir jetzt zu, schwierige Fragen zu diesem Thema zu beantworten.				
Ich traue mir jetzt zu, dass ich viel über solche Themen lernen kann.				
Ich schaffe es jetzt, Experimente zu diesem Thema zu erklären.				
Ich traue mir jetzt zu, Kindersachbücher zu diesem Thema zu verstehen.				

Hier geht es um das Thema „Magnetismus“ ganz allgemein.

Wie stark **interessiert dich** dieses Thema?

	stimmt gar nicht	stimmt ein wenig	stimmt fast	stimmt genau
Zu Hause lese ich oft etwas über dieses Thema.				
Ich freue mich, wenn im Fernseher etwas über dieses Thema kommt.				
Wenn ich mich mit diesem Thema beschäftige, vergesse ich alles um mich herum.				
Ich möchte unbedingt mehr über dieses Thema erfahren.				
Mich mit diesen Themen zu beschäftigen, macht mir viel Freude.				

Hier geht es immer noch um das Thema „Magnetismus“ ganz allgemein.

Was denkst du: **Wie gut bist du** in diesem Thema?

	stimmt gar nicht	stimmt ein wenig	stimmt fast	stimmt genau
In diesem Thema bin ich gut.				
So ein Thema verstehe ich oft nicht richtig.				
Über dieses Thema weiß ich eine Menge.				
Dieses Thema ist zu schwierig für mich.				
Fragen zu diesem Thema kann ich meistens schon selbst beantworten.				
So ein Thema zu verstehen fällt mir sehr leicht.				
Bei einem solchen Thema gehöre ich zu den Besten in der Klasse.				

Vielen Dank für deine Mitarbeit!!!

A.20 Ergebnisse der Tests auf Normalverteilung bei den Lernvoraussetzungen

Tests auf Normalverteilung^a

	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Gesamtwert im Test zum Verständnis der Variablenkontrolle zum 1. MZP	.100	79	.051	.965	79	.029
IQ-Wert	.096	79	.068	.978	79	.200
Prozentrang im ELFE-Test	.129	79	.002	.919	79	.000
Gesamtwert im FWIT - Teil 3	.088	79	.200 [*]	.966	79	.035
Gesamtwert im FWIT	.107	79	.027	.969	79	.050
Gesamtwert im TvL	.222	79	.000	.836	79	.000

*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Gruppe für den Unterricht in der Intervention = EG I (MIT M)

b. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Tests auf Normalverteilung^a

	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Gesamtwert im Test zum Verständnis der Variablenkontrolle zum 1. MZP	.100	69	.083	.978	69	.260
IQ-Wert	.068	69	.200 [*]	.983	69	.457
Prozentrang im ELFE-Test	.133	69	.004	.923	69	.000
Gesamtwert im FWIT - Teil 3	.054	69	.200 [*]	.986	69	.632
Gesamtwert im FWIT	.060	69	.200 [*]	.985	69	.567
Gesamtwert im TvL	.247	69	.000	.806	69	.000

*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Gruppe für den Unterricht in der Intervention = EG II (OHNE M)

b. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

A.21 Ergebnisse der Tests auf Varianzhomogenität bei den Lernvoraussetzungen

Tests auf Normalverteilung^a

	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Gesamtwert im Test zum Verständnis der Variablenkontrolle zum 1. MZP	.144	80	.000	.922	80	.000
IQ-Wert	.082	80	.200 [*]	.987	80	.587
Prozentrang im ELFE-Test	.123	80	.005	.961	80	.015
Gesamtwert im FWIT - Teil 3	.088	80	.190	.965	80	.026
Gesamtwert im FWIT	.064	80	.200 [*]	.979	80	.211
Gesamtwert im TvL	.235	80	.000	.819	80	.000

*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Gruppe für den Unterricht in der Intervention = Baseline

b. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

A.21 Ergebnisse der Tests auf Varianzhomogenität bei den Lernvoraussetzungen

Test der Homogenität der Varianzen

	Levene-Statistik	df1	df2	Signifikanz
Gesamtwert im Test zum Verständnis der Variablenkontrolle zum 1. MZP	.443	2	235	.643
IQ-Wert	1.083	2	234	.340
Prozentrang im ELFE-Test	3.531	2	234	.031
Gesamtwert im FWIT - Teil 3	1.330	2	235	.266
Gesamtwert im FWIT	.399	2	235	.672
Gesamtpunktwert im TvL	.542	2	233	.582

A.22 Ergebnisse der Tests auf Normalverteilung bei den einzelnen Interviewfragen

Tests auf Normalverteilung^a

	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Frage 1.b)	.439	46	.000	.639	46	.000
Fragen 3 und 4	.375	71	.000	.674	71	.000
Frage 7	.270	71	.000	.856	71	.000
Frage 7.a)	.296	71	.000	.782	71	.000
Frage 7.b)	.270	50	.000	.830	50	.000
Frage 7.c)	.405	24	.000	.659	24	.000

a. Gruppe für den Unterricht in der Intervention = EG I (strukturiert)

b. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Tests auf Normalverteilung^a

	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Frage 1.b)	.345	36	.000	.806	36	.000
Fragen 3 und 4	.353	71	.000	.681	71	.000
Frage 7	.315	70	.000	.834	70	.000
Frage 7.a)	.299	71	.000	.815	71	.000
Frage 7.b)	.312	49	.000	.800	49	.000
Frage 7.c)	.437	17	.000	.594	17	.000

a. Gruppe für den Unterricht in der Intervention = EG II (OHNE M)

b. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

A.23 Ergebnisse der Tests auf Normalverteilung bei den motivationalen und selbstbezogenen Schülermerkmalen

Tests auf Normalverteilung						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Gesamtwert des Kindes im Test zur Motivation	.049	144	.200 [*]	.992	144	.583
Gesamtwert des Kindes des SIS im Konstrukt "themenspezifisches Interesse (außerschulische Tätigkeiten)"	.145	144	.000	.919	144	.000
Gesamtwert des Kindes des SIS im Konstrukt "themenspezifische Selbstwirksamkeit"	.085	144	.012	.963	144	.001
Gesamtwert des Kindes des SIS im Konstrukt "Interesse an Physik"	.101	144	.001	.968	144	.002
Gesamtwert des Kindes des SIS im Konstrukt "Fähigkeitsselbstkonzept Physik"	.097	144	.002	.944	144	.000

*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Bisher erschienene Bände der Reihe „*Studien zum Physik- und Chemielernen*“

ISSN 1614-8967 (vormals *Studien zum Physiklernen* ISSN 1435-5280)

- 1 Helmut Fischler, Jochen Peuckert (Hrsg.): Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie
ISBN 978-3-89722-256-4 40.50 EUR
- 2 Anja Schoster: Bedeutungsentwicklungsprozesse beim Lösen algorithmischer Physikaufgaben. *Eine Fallstudie zu Lernprozessen von Schülern im Physiknachhilfeunterricht während der Bearbeitung algorithmischer Physikaufgaben*
ISBN 978-3-89722-045-4 40.50 EUR
- 3 Claudia von Aufschnaiter: Bedeutungsentwicklungen, Interaktionen und situatives Erleben beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben
ISBN 978-3-89722-143-7 40.50 EUR
- 4 Susanne Haerberlen: Lernprozesse im Unterricht mit Wasserstromkreisen. *Eine Fallstudie in der Sekundarstufe I*
ISBN 978-3-89722-172-7 40.50 EUR
- 5 Kerstin Haller: Über den Zusammenhang von Handlungen und Zielen. *Eine empirische Untersuchung zu Lernprozessen im physikalischen Praktikum*
ISBN 978-3-89722-242-7 40.50 EUR
- 6 Michaela Horstendahl: Motivationale Orientierungen im Physikunterricht
ISBN 978-3-89722-227-4 50.00 EUR
- 7 Stefan Deylitz: Lernergebnisse in der Quanten-Atomphysik. *Evaluation des Bremer Unterrichtskonzepts*
ISBN 978-3-89722-291-5 40.50 EUR
- 8 Lorenz Hucke: Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums
ISBN 978-3-89722-316-5 50.00 EUR
- 9 Heike Theyßen: Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. *Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion*
ISBN 978-3-89722-334-9 40.50 EUR
- 10 Annette Schick: Der Einfluß von Interesse und anderen selbstbezogenen Kognitionen auf Handlungen im Physikunterricht. *Fallstudien zu Interessenhandlungen im Physikunterricht*
ISBN 978-3-89722-380-6 40.50 EUR
- 11 Roland Berger: Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik. *Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht*
ISBN 978-3-89722-445-2 40.50 EUR

- 12 Johannes Werner: Vom Licht zum Atom. *Ein Unterrichtskonzept zur Quantenphysik unter Nutzung des Zeigermodells*
ISBN 978-3-89722-471-1 40.50 EUR
- 13 Florian Sander: Verbindung von Theorie und Experiment im physikalischen Praktikum. *Eine empirische Untersuchung zum handlungsbezogenen Vorverständnis und dem Einsatz grafikorientierter Modellbildung im Praktikum*
ISBN 978-3-89722-482-7 40.50 EUR
- 14 Jörn Gerdes: Der Begriff der physikalischen Kompetenz. *Zur Validierung eines Konstruktes*
ISBN 978-3-89722-510-7 40.50 EUR
- 15 Malte Meyer-Arndt: Interaktionen im Physikpraktikum zwischen Studierenden und Betreuern. *Feldstudie zu Bedeutungsentwicklungsprozessen im physikalischen Praktikum*
ISBN 978-3-89722-541-1 40.50 EUR
- 16 Dietmar Höttecke: Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. *Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen*
ISBN 978-3-89722-607-4 40.50 EUR
- 17 Gil Gabriel Mavanga: Entwicklung und Evaluation eines experimentell- und phänomenorientierten Optikcurriculums. *Untersuchung zu Schülervorstellungen in der Sekundarstufe I in Mosambik und Deutschland*
ISBN 978-3-89722-721-7 40.50 EUR
- 18 Meike Ute Zastrow: Interaktive Experimentieranleitungen. *Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes zur Vorbereitung auf das Experimentieren mit Messgeräten im Physikalischen Praktikum*
ISBN 978-3-89722-802-3 40.50 EUR
- 19 Gunnar Friege: Wissen und Problemlösen. *Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs*
ISBN 978-3-89722-809-2 40.50 EUR
- 20 Erich Starauschek: Physikunterricht nach dem Karlsruher Physikkurs. *Ergebnisse einer Evaluationsstudie*
ISBN 978-3-89722-823-8 40.50 EUR
- 21 Roland Paatz: Charakteristika analogiebasierten Denkens. *Vergleich von Lernprozessen in Basis- und Zielbereich*
ISBN 978-3-89722-944-0 40.50 EUR
- 22 Silke Mikelskis-Seifert: Die Entwicklung von Metakzepten zur Teilchenvorstellung bei Schülern. *Untersuchung eines Unterrichts über Modelle mithilfe eines Systems multipler Repräsentationsebenen*
ISBN 978-3-8325-0013-9 40.50 EUR
- 23 Brunhild Landwehr: Distanzen von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik. *Eine qualitativ-empirische Studie zu den Ursachen*
ISBN 978-3-8325-0044-3 40.50 EUR

- 24 Lydia Murmann: Physiklernen zu Licht, Schatten und Sehen. *Eine phänomenografische Untersuchung in der Primarstufe*
ISBN 978-3-8325-0060-3 40.50 EUR
- 25 Thorsten Bell: Strukturprinzipien der Selbstregulation. *Komplexe Systeme, Elementarisierungen und Lernprozessstudien für den Unterricht der Sekundarstufe II*
ISBN 978-3-8325-0134-1 40.50 EUR
- 26 Rainer Müller: Quantenphysik in der Schule
ISBN 978-3-8325-0186-0 40.50 EUR
- 27 Jutta Roth: Bedeutungsentwicklungsprozesse von Physikerinnen und Physikern in den Dimensionen Komplexität, Zeit und Inhalt
ISBN 978-3-8325-0183-9 40.50 EUR
- 28 Andreas Saniter: Spezifika der Verhaltensmuster fortgeschrittener Studierender der Physik
ISBN 978-3-8325-0292-8 40.50 EUR
- 29 Thomas Weber: Kumulatives Lernen im Physikunterricht. *Eine vergleichende Untersuchung in Unterrichtsgängen zur geometrischen Optik*
ISBN 978-3-8325-0316-1 40.50 EUR
- 30 Markus Rehm: Über die Chancen und Grenzen moralischer Erziehung im naturwissenschaftlichen Unterricht
ISBN 978-3-8325-0368-0 40.50 EUR
- 31 Marion Budde: Lernwirkungen in der Quanten-Atom-Physik. *Fallstudien über Resonanzen zwischen Lernangeboten und SchülerInnen-Vorstellungen*
ISBN 978-3-8325-0483-0 40.50 EUR
- 32 Thomas Reyer: Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. *Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe*
ISBN 978-3-8325-0488-5 40.50 EUR
- 33 Christoph Thomas Müller: Subjektive Theorien und handlungsleitende Kognitionen von Lehrern als Determinanten schulischer Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-0543-1 40.50 EUR
- 34 Gabriela Jonas-Ahrend: Physiklehrervorstellungen zum Experiment im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-0576-9 40.50 EUR
- 35 Dimitrios Stavrou: Das Zusammenspiel von Zufall und Gesetzmäßigkeiten in der nicht-linearen Dynamik. *Didaktische Analyse und Lernprozesse*
ISBN 978-3-8325-0609-4 40.50 EUR
- 36 Katrin Engeln: Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken
ISBN 978-3-8325-0689-6 40.50 EUR
- 37 Susann Hartmann: Erklärungsvielfalt
ISBN 978-3-8325-0730-5 40.50 EUR

- 38 Knut Neumann: Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker
ISBN 978-3-8325-0762-6 40.50 EUR
- 39 Michael Späth: Kontextbedingungen für Physikunterricht an der Hauptschule. *Möglichkeiten und Ansatzpunkte für einen fachübergreifenden, handlungsorientierten und berufsorientierten Unterricht*
ISBN 978-3-8325-0827-2 40.50 EUR
- 40 Jörg Hirsch: Interesse, Handlungen und situatives Erleben von Schülerinnen und Schülern beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben
ISBN 978-3-8325-0875-3 40.50 EUR
- 41 Monika Hüther: Evaluation einer hypermedialen Lernumgebung zum Thema Gasgesetze. *Eine Studie im Rahmen des Physikpraktikums für Studierende der Medizin*
ISBN 978-3-8325-0911-8 40.50 EUR
- 42 Maike Tesch: Das Experiment im Physikunterricht. *Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie*
ISBN 978-3-8325-0975-0 40.50 EUR
- 43 Nina Nicolai: Skriptgeleitete Eltern-Kind-Interaktion bei Chemiehausaufgaben. *Eine Evaluationsstudie im Themenbereich Säure-Base*
ISBN 978-3-8325-1013-8 40.50 EUR
- 44 Antje Leisner: Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-1020-6 40.50 EUR
- 45 Stefan Rumann: Evaluation einer Interventionsstudie zur Säure-Base-Thematik
ISBN 978-3-8325-1027-5 40.50 EUR
- 46 Thomas Wilhelm: Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung – mit CD-ROM
ISBN 978-3-8325-1046-6 45.50 EUR
- 47 Andrea Maier-Richter: Computerunterstütztes Lernen mit Lösungsbeispielen in der Chemie. *Eine Evaluationsstudie im Themenbereich Löslichkeit*
ISBN 978-3-8325-1046-6 40.50 EUR
- 48 Jochen Peuckert: Stabilität und Ausprägung kognitiver Strukturen zum Atombegriff
ISBN 978-3-8325-1104-3 40.50 EUR
- 49 Maik Walpuski: Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback
ISBN 978-3-8325-1184-5 40.50 EUR
- 50 Helmut Fischler, Christiane S. Reiners (Hrsg.): Die Teilchenstruktur der Materie im Physik- und Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-1225-5 34.90 EUR
- 51 Claudia Eysel: Interdisziplinäres Lehren und Lernen in der Lehrerbildung. *Eine empirische Studie zum Kompetenzerwerb in einer komplexen Lernumgebung*
ISBN 978-3-8325-1238-5 40.50 EUR

- 52 Johannes Günther: Lehrerfortbildung über die Natur der Naturwissenschaften. *Studien über das Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften*
ISBN 978-3-8325-1287-3 40.50 EUR
- 53 Christoph Neugebauer: Lernen mit Simulationen und der Einfluss auf das Problemlösen in der Physik
ISBN 978-3-8325-1300-9 40.50 EUR
- 54 Andreas Schnirch: Gendergerechte Interessen- und Motivationsförderung im Kontext naturwissenschaftlicher Grundbildung. *Konzeption, Entwicklung und Evaluation einer multimedial unterstützten Lernumgebung*
ISBN 978-3-8325-1334-4 40.50 EUR
- 55 Hilde Köster: Freies Explorieren und Experimentieren. *Eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht*
ISBN 978-3-8325-1348-1 40.50 EUR
- 56 Eva Heran-Dörr: Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zur Förderung der physikdidaktischen Kompetenz von Sachunterrichtslehrkräften
ISBN 978-3-8325-1377-1 40.50 EUR
- 57 Agnes Szabone Varnai: Unterstützung des Problemlösens in Physik durch den Einsatz von Simulationen und die Vorgabe eines strukturierten Kooperationsformats
ISBN 978-3-8325-1403-7 40.50 EUR
- 58 Johannes Rethfeld: Aufgabenbasierte Lernprozesse in selbstorganisationsoffenem Unterricht der Sekundarstufe I zum Themengebiet ELEKTROSTATIK. *Eine Feldstudie in vier 10. Klassen zu einer kartenbasierten Lernumgebung mit Aufgaben aus der Elektrostatik*
ISBN 978-3-8325-1416-7 40.50 EUR
- 59 Christian Henke: Experimentell-naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in der Oberstufe. *Untersuchung am Beispiel des HIGHSEA-Projekts in Bremerhaven*
ISBN 978-3-8325-1515-7 40.50 EUR
- 60 Lutz Kasper: Diskursiv-narrative Elemente für den Physikunterricht. *Entwicklung und Evaluation einer multimedialen Lernumgebung zum Erdmagnetismus*
ISBN 978-3-8325-1537-9 40.50 EUR
- 61 Thorid Rabe: Textgestaltung und Aufforderung zu Selbsterklärungen beim Physiklernen mit Multimedia
ISBN 978-3-8325-1539-3 40.50 EUR
- 62 Ina Glemnitz: Vertikale Vernetzung im Chemieunterricht. *Ein Vergleich von traditionellem Unterricht mit Unterricht nach Chemie im Kontext*
ISBN 978-3-8325-1628-4 40.50 EUR
- 63 Erik Einhaus: Schülerkompetenzen im Bereich Wärmelehre. *Entwicklung eines Testinstruments zur Überprüfung und Weiterentwicklung eines normativen Modells fachbezogener Kompetenzen*
ISBN 978-3-8325-1630-7 40.50 EUR

- 64 Jasmin Neuroth: Concept Mapping als Lernstrategie. *Eine Interventionsstudie zum Chemielernen aus Texten*
ISBN 978-3-8325-1659-8 40.50 EUR
- 65 Hans Gerd Hegeler-Burkhart: Zur Kommunikation von Hauptschülerinnen und Hauptschülern in einem handlungsorientierten und fächerübergreifenden Unterricht mit physikalischen und technischen Inhalten
ISBN 978-3-8325-1667-3 40.50 EUR
- 66 Karsten Rincke: Sprachentwicklung und Fachlernen im Mechanikunterricht. *Sprache und Kommunikation bei der Einführung in den Kraftbegriff*
ISBN 978-3-8325-1699-4 40.50 EUR
- 67 Nina Strehle: Das Ion im Chemieunterricht. *Alternative Schülervorstellungen und curriculare Konsequenzen*
ISBN 978-3-8325-1710-6 40.50 EUR
- 68 Martin Hopf: Problemorientierte Schülerexperimente
ISBN 978-3-8325-1711-3 40.50 EUR
- 69 Anne Beerenwinkel: Fostering conceptual change in chemistry classes using expository texts
ISBN 978-3-8325-1721-2 40.50 EUR
- 70 Roland Berger: Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II. *Eine empirische Untersuchung auf der Grundlage der Selbstbestimmungstheorie der Motivation*
ISBN 978-3-8325-1732-8 40.50 EUR
- 71 Giuseppe Colicchia: Physikunterricht im Kontext von Medizin und Biologie. *Entwicklung und Erprobung von Unterrichtseinheiten*
ISBN 978-3-8325-1746-5 40.50 EUR
- 72 Sandra Winheller: Geschlechtsspezifische Auswirkungen der Lehrer-Schüler-Interaktion im Chemieanfangsunterricht
ISBN 978-3-8325-1757-1 40.50 EUR
- 73 Isabel Wahser: Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-1815-8 40.50 EUR
- 74 Claus Brell: Lernmedien und Lernerfolg - reale und virtuelle Materialien im Physikunterricht. *Empirische Untersuchungen in achten Klassen an Gymnasien (Laborstudie) zum Computereinsatz mit Simulation und IBE*
ISBN 978-3-8325-1829-5 40.50 EUR
- 75 Rainer Wackermann: Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer
ISBN 978-3-8325-1882-0 40.50 EUR
- 76 Oliver Tepner: Effektivität von Aufgaben im Chemieunterricht der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-1919-3 40.50 EUR

- 77 Claudia Geyer: Museums- und Science-Center-Besuche im naturwissenschaftlichen Unterricht aus einer motivationalen Perspektive. *Die Sicht von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern*
ISBN 978-3-8325-1922-3 40.50 EUR
- 78 Tobias Leonhard: Professionalisierung in der Lehrerbildung. *Eine explorative Studie zur Entwicklung professioneller Kompetenzen in der Lehrererstausbildung*
ISBN 978-3-8325-1924-7 40.50 EUR
- 79 Alexander Kauertz: Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben
ISBN 978-3-8325-1925-4 40.50 EUR
- 80 Regina Hübinger: Schüler auf Weltreise. *Entwicklung und Evaluation von Lehr-/Lernmaterialien zur Förderung experimentell-naturwissenschaftlicher Kompetenzen für die Jahrgangsstufen 5 und 6*
ISBN 978-3-8325-1932-2 40.50 EUR
- 81 Christine Waltner: Physik lernen im Deutschen Museum
ISBN 978-3-8325-1933-9 40.50 EUR
- 82 Torsten Fischer: Handlungsmuster von Physiklehrkräften beim Einsatz neuer Medien. *Fallstudien zur Unterrichtspraxis*
ISBN 978-3-8325-1948-3 42.00 EUR
- 83 Corinna Kieren: Chemiehausaufgaben in der Sekundarstufe I des Gymnasiums. *Fragebogenerhebung zur gegenwärtigen Praxis und Entwicklung eines optimierten Hausaufgabendesigns im Themenbereich Säure-Base*
978-3-8325-1975-9 37.00 EUR
- 84 Marco Thiele: Modelle der Thermohalinen Zirkulation im Unterricht. *Eine empirische Studie zur Förderung des Modellverständnisses*
ISBN 978-3-8325-1982-7 40.50 EUR
- 85 Bernd Zinn: Physik lernen, um Physik zu lehren. *Eine Möglichkeit für interessanteren Physikunterricht*
ISBN 978-3-8325-1995-7 39.50 EUR
- 86 Esther Klaes: Außerschulische Lernorte im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Die Perspektive der Lehrkraft*
ISBN 978-3-8325-2006-9 43.00 EUR
- 87 Marita Schmidt: Kompetenzmodellierung und -diagnostik im Themengebiet Energie der Sekundarstufe I. *Entwicklung und Erprobung eines Testinventars*
ISBN 978-3-8325-2024-3 37.00 EUR
- 88 Gudrun Franke-Braun: Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. *Ein Aufgabenformat zur Förderung der sachbezogenen Kommunikation und Lernleistung für den naturwissenschaftlichen Unterricht*
ISBN 978-3-8325-2026-7 38.00 EUR
- 89 Silke Klos: Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. *Der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts*
ISBN 978-3-8325-2133-2 37.00 EUR

- 90 Ulrike Elisabeth Burkard: Quantenphysik in der Schule. *Bestandsaufnahme, Perspektiven und Weiterentwicklungsmöglichkeiten durch die Implementation eines Medienservers*
ISBN 978-3-8325-2215-5 43.00 EUR
- 91 Ulrike Gromadecki: Argumente in physikalischen Kontexten. *Welche Geltungsgründe halten Physikanfänger für überzeugend?*
ISBN 978-3-8325-2250-6 41.50 EUR
- 92 Jürgen Bruns: Auf dem Weg zur Förderung naturwissenschaftsspezifischer Vorstellungen von zukünftigen Chemie-Lehrenden
ISBN 978-3-8325-2257-5 43.50 EUR
- 93 Cornelius Marsch: Räumliche Atomvorstellung. *Entwicklung und Erprobung eines Unterrichtskonzeptes mit Hilfe des Computers*
ISBN 978-3-8325-2293-3 82.50 EUR
- 94 Maja Brückmann: Sachstrukturen im Physikunterricht. *Ergebnisse einer Videostudie*
ISBN 978-3-8325-2272-8 39.50 EUR
- 95 Sabine Fechner: Effects of Context-oriented Learning on Student Interest and Achievement in Chemistry Education
ISBN 978-3-8325-2343-5 36.50 EUR
- 96 Clemens Nagel: eLearning im Physikalischen Anfängerpraktikum
ISBN 978-3-8325-2355-8 39.50 EUR
- 97 Josef Riese: Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften
ISBN 978-3-8325-2376-3 39.00 EUR
- 98 Sascha Bernholt: Kompetenzmodellierung in der Chemie. *Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität*
ISBN 978-3-8325-2447-0 40.00 EUR
- 99 Holger Christoph Stawitz: Auswirkung unterschiedlicher Aufgabenprofile auf die Schülerleistung. *Vergleich von Naturwissenschafts- und Problemlöseaufgaben der PISA 2003-Studie*
ISBN 978-3-8325-2451-7 37.50 EUR
- 100 Hans Ernst Fischer, Elke Sumfleth (Hrsg.): nwu-essen – 10 Jahre Essener Forschung zum naturwissenschaftlichen Unterricht
ISBN 978-3-8325-3331-1 40.00 EUR
- 101 Hendrik Härtig: Sachstrukturen von Physikschulbüchern als Grundlage zur Bestimmung der Inhaltsvalidität eines Tests
ISBN 978-3-8325-2512-5 34.00 EUR
- 102 Thomas Grüß-Niehaus: Zum Verständnis des Löslichkeitskonzeptes im Chemieunterricht. *Der Effekt von Methoden progressiver und kollaborativer Reflexion*
ISBN 978-3-8325-2537-8 40.50 EUR
- 103 Patrick Bronner: Quantenoptische Experimente als Grundlage eines Curriculums zur Quantenphysik des Photons

- ISBN 978-3-8325-2540-8 36.00 EUR
- 104 Adrian Voßkühler: Blickbewegungsmessung an Versuchsaufbauten. *Studien zur Wahrnehmung, Verarbeitung und Usability von physikbezogenen Experimenten am Bildschirm und in der Realität*
ISBN 978-3-8325-2548-4 47.50 EUR
- 105 Verena Tobias: Newton'sche Mechanik im Anfangsunterricht. *Die Wirksamkeit einer Einführung über die zweidimensionale Dynamik auf das Lehren und Lernen*
ISBN 978-3-8325-2558-3 54.00 EUR
- 106 Christian Rogge: Entwicklung physikalischer Konzepte in aufgabenbasierten Lernumgebungen
ISBN 978-3-8325-2574-3 45.00 EUR
- 107 Mathias Ropohl: Modellierung von Schülerkompetenzen im Basiskonzept Chemische Reaktion. *Entwicklung und Analyse von Testaufgaben*
ISBN 978-3-8325-2609-2 36.50 EUR
- 108 Christoph Kulgemeyer: Physikalische Kommunikationskompetenz. *Modellierung und Diagnostik*
ISBN 978-3-8325-2674-0 44.50 EUR
- 109 Jennifer Olszewski: The Impact of Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge on Teacher Actions and Student Outcomes
ISBN 978-3-8325-2680-1 33.50 EUR
- 110 Annika Ohle: Primary School Teachers' Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching and Students' Achievement
ISBN 978-3-8325-2684-9 36.50 EUR
- 111 Susanne Mannel: Assessing scientific inquiry. *Development and evaluation of a test for the low-performing stage*
ISBN 978-3-8325-2761-7 40.00 EUR
- 112 Michael Plomer: Physik physiologisch passend praktiziert. *Eine Studie zur Lernwirksamkeit von traditionellen und adressatenspezifischen Physikpraktika für die Physiologie*
ISBN 978-3-8325-2804-1 34.50 EUR
- 113 Alexandra Schulz: Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht. *Eine Videostudie*
ISBN 978-3-8325-2817-1 40.00 EUR
- 114 Franz Boczianowski: Eine empirische Untersuchung zu Vektoren im Physikunterricht der Mittelstufe
ISBN 978-3-8325-2843-0 39.50 EUR
- 115 Maria Ploog: Internetbasiertes Lernen durch Textproduktion im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-2853-9 39.50 EUR

- 116 Anja Dhein: Lernen in Explorier- und Experimentiersituationen. *Eine explorative Studie zu Bedeutungsentwicklungsprozessen bei Kindern im Alter zwischen 4 und 6 Jahren*
ISBN 978-3-8325-2859-1 45.50 EUR
- 117 Irene Neumann: Beyond Physics Content Knowledge. *Modeling Competence Regarding Nature of Scientific Inquiry and Nature of Scientific Knowledge*
ISBN 978-3-8325-2880-5 37.00 EUR
- 118 Markus Emden: Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. *Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I*
ISBN 978-3-8325-2867-6 38.00 EUR
- 119 Birgit Hofmann: Analyse von Blickbewegungen von Schülern beim Lesen von physikbezogenen Texten mit Bildern. *Eye Tracking als Methodenwerkzeug in der physikdidaktischen Forschung*
ISBN 978-3-8325-2925-3 59.00 EUR
- 120 Rebecca Knobloch: Analyse der fachinhaltlichen Qualität von Schüleräußerungen und deren Einfluss auf den Lernerfolg. *Eine Videostudie zu kooperativer Kleingruppenarbeit*
ISBN 978-3-8325-3006-8 36.50 EUR
- 121 Julia Hostenbach: Entwicklung und Prüfung eines Modells zur Beschreibung der Bewertungskompetenz im Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-3013-6 38.00 EUR
- 122 Anna Windt: Naturwissenschaftliches Experimentieren im Elementarbereich. *Evaluation verschiedener Lernsituationen*
ISBN 978-3-8325-3020-4 43.50 EUR
- 123 Eva Kölbach: Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen
ISBN 978-3-8325-3025-9 38.50 EUR
- 124 Anna Lau: Passung und vertikale Vernetzung im Chemie- und Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-3021-1 36.00 EUR
- 125 Jan Lamprecht: Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz. *Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasien im Fach Physik*
ISBN 978-3-8325-3035-8 38.50 EUR
- 126 Ulrike Böhm: Förderung von Verstehensprozessen unter Einsatz von Modellen
ISBN 978-3-8325-3042-6 41.00 EUR
- 127 Sabrina Dollny: Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften
ISBN 978-3-8325-3046-4 37.00 EUR

- 128 Monika Zimmermann: Naturwissenschaftliche Bildung im Kindergarten. *Eine integrative Längsschnittstudie zur Kompetenzentwicklung von Erzieherinnen*
ISBN 978-3-8325-3053-2 54.00 EUR
- 129 Ulf Saballus: Über das Schlussfolgern von Schülerinnen und Schülern zu öffentlichen Kontroversen mit naturwissenschaftlichem Hintergrund. *Eine Fallstudie*
ISBN 978-3-8325-3086-0 39.50 EUR
- 130 Olaf Krey: Zur Rolle der Mathematik in der Physik. *Wissenschaftstheoretische Aspekte und Vorstellungen Physiklernender*
ISBN 978-3-8325-3101-0 46.00 EUR
- 131 Angelika Wolf: Zusammenhänge zwischen der Eigenständigkeit im Physikunterricht, der Motivation, den Grundbedürfnissen und dem Lernerfolg von Schülern
ISBN 978-3-8325-3161-4 45.00 EUR
- 132 Johannes Börlin: Das Experiment als Lerngelegenheit. *Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität*
ISBN 978-3-8325-3170-6 45.00 EUR
- 133 Olaf Uhden: Mathematisches Denken im Physikunterricht. *Theorieentwicklung und Problemanalyse*
ISBN 978-3-8325-3170-6 45.00 EUR
- 134 Christoph Gut: Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz. *Analyse eines large-scale Experimentiertests*
ISBN 978-3-8325-3213-0 40.00 EUR
- 135 Antonio Rueda: Lernen mit ExploMultimedial in kolumbianischen Schulen. *Analyse von kurzzeitigen Lernprozessen und der Motivation beim länderübergreifenden Einsatz einer deutschen computergestützten multimedialen Lernumgebung für den naturwissenschaftlichen Unterricht*
ISBN 978-3-8325-3218-5 45.50 EUR
- 136 Krisztina Berger: Bilder, Animationen und Notizen. *Empirische Untersuchung zur Wirkung einfacher visueller Repräsentationen und Notizen auf den Wissenserwerb in der Optik*
ISBN 978-3-8325-3238-3 41.50 EUR
- 137 Antony Crossley: Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher physikalischer Konzepte auf den Wissenserwerb in der Thermodynamik der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-3275-8 40.00 EUR
- 138 Tobias Viering: Entwicklung physikalischer Kompetenz in der Sekundarstufe I. *Validierung eines Kompetenzentwicklungsmodells für das Energiekonzept im Bereich Fachwissen*
ISBN 978-3-8325-3277-2 37.00 EUR
- 139 Nico Schreiber: Diagnostik experimenteller Kompetenz. *Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells*
ISBN 978-3-8325-3284-0 39.00 EUR

- 140 Sarah Hundertmark: Einblicke in kollaborative Lernprozesse. *Eine Fallstudie zur reflektierenden Zusammenarbeit unterstützt durch die Methoden Concept Mapping und Lernbegleitbogen*
ISBN 978-3-8325-3251-2 43.00 EUR
- 141 Ronny Scherer: Analyse der Struktur, Messinvarianz und Ausprägung komplexer Problemlösekompetenz im Fach Chemie. *Eine Querschnittstudie in der Sekundarstufe I und am Übergang zur Sekundarstufe II*
ISBN 978-3-8325-3312-0 43.00 EUR
- 142 Patricia Heitmann: Bewertungskompetenz im Rahmen naturwissenschaftlicher Problemlöseprozesse. *Modellierung und Diagnose der Kompetenzen Bewertung und analytisches Problemlösen für das Fach Chemie*
ISBN 978-3-8325-3314-4 37.00 EUR
- 143 Jan Fleischhauer: Wissenschaftliches Argumentieren und Entwicklung von Konzepten beim Lernen von Physik
ISBN 978-3-8325-3325-0 35.00 EUR
- 144 Nermin Özcan: Zum Einfluss der Fachsprache auf die Leistung im Fach Chemie. *Eine Förderstudie zur Fachsprache im Chemieunterricht*
ISBN 978-3-8325-3328-1 36.50 EUR
- 145 Helena van Vorst: Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3321-2 38.50 EUR
- 146 Janine Cappell: Fachspezifische Diagnosekompetenz angehender Physiklehrkräfte in der ersten Ausbildungsphase
ISBN 978-3-8325-3356-4 38.50 EUR
- 147 Susanne Bley: Förderung von Transferprozessen im Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-3407-3 40.50 EUR
- 148 Cathrin Blaes: Die übungsgestützte Lehrerpräsentation im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Evaluation der Effektivität*
ISBN 978-3-8325-3409-7 43.50 EUR
- 149 Julia Suckut: Die Wirksamkeit von piko-OWL als Lehrerfortbildung. Eine Evaluation zum Projekt *Physik im Kontext* in Fallstudien
ISBN 978-3-8325-3440-0 45.00 EUR
- 150 Alexandra Dorschu: Die Wirkung von Kontexten in Physikkompetenztestaufgaben
ISBN 978-3-8325-3446-2 37.00 EUR
- 151 Jochen Scheid: Multiple Repräsentationen, Verständnis physikalischer Experimente und kognitive Aktivierung: *Ein Beitrag zur Entwicklung der Aufgabenkultur*
ISBN 978-3-8325-3449-3 49.00 EUR
- 152 Tim Plasa: Die Wahrnehmung von Schülerlaboren und Schülerforschungszentren
ISBN 978-3-8325-3483-7 35.50 EUR

- 153 Felix Schoppmeier: Physikkompetenz in der gymnasialen Oberstufe. *Entwicklung und Validierung eines Kompetenzstrukturmodells für den Kompetenzbereich Umgang mit Fachwissen*
ISBN 978-3-8325-3502-5 36.00 EUR
- 154 Katharina Groß: Experimente alternativ dokumentieren. *Eine qualitative Studie zur Förderung der Diagnose- und Differenzierungskompetenz in der Chemielehrerbildung*
ISBN 978-3-8325-3508-7 43.50 EUR
- 155 Barbara Hank: Konzeptwandelprozesse im Anfangsunterricht Chemie. *Eine quasixperimentelle Längsschnittstudie*
ISBN 978-3-8325-3519-3 38.50 EUR
- 156 Katja Freyer: Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3544-5 38.00 EUR
- 157 Alexander Rachel: Auswirkungen instrukionaler Hilfen bei der Einführung des (Ferro-)Magnetismus. *Eine Vergleichsstudie in der Primar- und Sekundarstufe*
ISBN 978-3-8325-3548-3 43.50 EUR
- 158 Sebastian Ritter: Einfluss des Lerninhalts Nanogrößeneffekte auf Teilchen- und Teilchenmodellvorstellungen von Schülerinnen und Schülern
ISBN 978-3-8325-3558-2 36.00 EUR
- 159 Andrea Harbach: Problemorientierung und Vernetzung in kontextbasierten Lernaufgaben
ISBN 978-3-8325-3564-3 39.00 EUR
- 160 David Obst: Interaktive Tafeln im Physikunterricht. *Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung*
ISBN 978-3-8325-3582-7 40.50 EUR
- 161 Sophie Kirschner: Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften
ISBN 978-3-8325-3601-5 35.00 EUR
- 162 Katja Stief: Selbstregulationsprozesse und Hausaufgabenmotivation im Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-3631-2 34.00 EUR
- 163 Nicola Meschede: Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. *Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung*
ISBN 978-3-8325-3668-8 37.00 EUR
- 164 Johannes Maximilian Barth: Experimentieren im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. *Eine Rekonstruktion übergeordneter Einbettungsstrategien*
ISBN 978-3-8325-3681-7 39.00 EUR
- 165 Sandra Lein: Das Betriebspraktikum in der Lehrerbildung. *Eine Untersuchung zur Förderung der Wissenschafts- und Technikbildung im allgemeinbildenden Unterricht*
ISBN 978-3-8325-3698-5 40.00 EUR

- 166 Veranika Maiseyenka: Modellbasiertes Experimentieren im Unterricht. *Praxistauglichkeit und Lernwirkungen*
ISBN 978-3-8325-3708-1 38.00 EUR
- 167 Christoph Stolzenberger: Der Einfluss der didaktischen Lernumgebung auf das Erreichen geforderter Bildungsziele am Beispiel der W- und P-Seminare im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-3708-1 38.00 EUR
- 168 Pia Altenburger: Mehrebenenregressionsanalysen zum Physiklernen im Sachunterricht der Primarstufe. *Ergebnisse einer Evaluationsstudie.*
ISBN 978-3-8325-3717-3 37.50 EUR
- 169 Nora Ferber: Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung von Kompetenzentwicklung im Fach Chemie in der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-3727-2 39.50 EUR
- 170 Anita Stender: Unterrichtsplanung: Vom Wissen zum Handeln.
Theoretische Entwicklung und empirische Überprüfung des Transformationsmodells der Unterrichtsplanung
ISBN 978-3-8325-3750-0 41.50 EUR
- 171 Jenna Koenen: Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen
ISBN 978-3-8325-3785-2 43.00 EUR
- 172 Teresa Henning: Empirische Untersuchung kontextorientierter Lernumgebungen in der Hochschuldidaktik. *Entwicklung und Evaluation kontextorientierter Aufgaben in der Studieneingangsphase für Fach- und Nebenfachstudierende der Physik*
ISBN 978-3-8325-3801-9 43.00 EUR
- 173 Alexander Pusch: Fachspezifische Instrumente zur Diagnose und individuellen Förderung von Lehramtsstudierenden der Physik
ISBN 978-3-8325-3829-3 38.00 EUR
- 174 Christoph Vogelsang: Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. *Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz*
ISBN 978-3-8325-3846-0 50.50 EUR
- 175 Ingo Brebeck: Selbstreguliertes Lernen in der Studieneingangsphase im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3859-0 37.00 EUR
- 176 Axel Eghtessad: Merkmale und Strukturen von Professionalisierungsprozessen in der ersten und zweiten Phase der Chemielehrerbildung. *Eine empirisch-qualitative Studie mit niedersächsischen Fachleiter_innen der Sekundarstufenlehrkräfte*
ISBN 978-3-8325-3861-3 45.00 EUR
- 177 Andreas Nehring: Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie. Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung
ISBN 978-3-8325-3872-9 39.50 EUR

- 178 Maike Schmidt: Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften. Zusammenhangsanalyse zur Wirkung von Ausbildungshintergrund und Unterrichtserfahrung auf das fachspezifische Professionswissen im Unterrichtsinhalt „Verbrennung“
ISBN 978-3-8325-3907-8 38.50 EUR
- 179 Jan Winkelmann: Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf affektive Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-3915-3 41.00 EUR
- 180 Iwen Kobow: Entwicklung und Validierung eines Testinstrumentes zur Erfassung der Kommunikationskompetenz im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3927-6 34.50 EUR
- 181 Yvonne Gramzow: Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion
ISBN 978-3-8325-3931-3 42.50 EUR
- 182 Evelin Schröter: Entwicklung der Kompetenzerwartung durch Lösen physikalischer Aufgaben einer multimedialen Lernumgebung
ISBN 978-3-8325-3975-7 54.50 EUR
- 183 Inga Kallweit: Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen*
ISBN 978-3-8325-3965-8 44.00 EUR
- 184 Andrea Schumacher: Paving the way towards authentic chemistry teaching. *A contribution to teachers' professional development*
ISBN 978-3-8325-3976-4 48.50 EUR
- 185 David Woitkowski: Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung. *Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung*
ISBN 978-3-8325-3988-7 53.00 EUR
- 186 Marianne Korner: Cross-Age Peer Tutoring in Physik. *Evaluation einer Unterrichtsmethode*
ISBN 978-3-8325-3979-5 38.50 EUR
- 187 Simone Nakoinz: Untersuchung zur Verknüpfung submikroskopischer und makroskopischer Konzepte im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4057-9 38.50 EUR
- 188 Sandra Anus: Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht. *Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden am Beispiel des Basiskonzeptes Chemische Reaktion*
ISBN 978-3-8325-4059-3 43.50 EUR
- 189 Thomas Roßbegalle: Fachdidaktische Entwicklungsforschung zum besseren Verständnis atmosphärischer Phänomene. *Treibhauseffekt, saurer Regen und stratosphärischer Ozonabbau als Kontexte zur Vermittlung von Basiskonzepten der Chemie*
ISBN 978-3-8325-4059-3 45.50 EUR
- 190 Kathrin Steckenmesser-Sander: Gemeinsamkeiten und Unterschiede physikbezogener Handlungs-, Denk- und Lernprozesse von Mädchen und Jungen
ISBN 978-3-8325-4066-1 38.50 EUR

- 191 Cornelia Geller: Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenserwerb. *Eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz*
ISBN 978-3-8325-4082-1 35.50 EUR
- 192 Jan Hofmann: Untersuchung des Kompetenzaufbaus von Physiklehrkräften während einer Fortbildungsmaßnahme
ISBN 978-3-8325-4104-0 38.50 EUR
- 193 Andreas Dickhäuser: Chemiespezifischer Humor. *Theoriebildung, Materialentwicklung, Evaluation*
ISBN 978-3-8325-4108-8 37.00 EUR
- 194 Stefan Korte: Die Grenzen der Naturwissenschaft als Thema des Physikunterrichts
ISBN 978-3-8325-4112-5 57.50 EUR
- 195 Carolin Hülsmann: Kurswahlmotive im Fach Chemie. Eine Studie zum Wahlverhalten und Erfolg von Schülerinnen und Schülern in der gymnasialen Oberstufe
ISBN 978-3-8325-4144-6 49.00 EUR
- 196 Caroline Körbs: Mindeststandards im Fach Chemie am Ende der Pflichtschulzeit
ISBN 978-3-8325-4148-4 34.00 EUR
- 197 Andreas Vorholzer: Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? *Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes*
ISBN 978-3-8325-4194-1 37.50 EUR
- 198 Anna Katharina Schmitt: Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung
ISBN 978-3-8325-4228-3 39.50 EUR
- 199 Christian Maurer: Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen
ISBN 978-3-8325-4247-4 36.50 EUR
- 200 Helmut Fischler, Elke Sumfleth (Hrsg.): Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik
ISBN 978-3-8325-4523-9 34.00 EUR
- 201 Simon Zander: Lehrerfortbildung zu Basismodellen und Zusammenhänge zum Fachwissen
ISBN 978-3-8325-4248-1 35.00 EUR
- 202 Kerstin Arndt: Experimentierkompetenz erfassen.
Analyse von Prozessen und Mustern am Beispiel von Lehramtsstudierenden der Chemie
ISBN 978-3-8325-4266-5 45.00 EUR
- 203 Christian Lang: Kompetenzorientierung im Rahmen experimentalchemischer Praktika
ISBN 978-3-8325-4268-9 42.50 EUR
- 204 Eva Cauet: Testen wir relevantes Wissen? *Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten*
ISBN 978-3-8325-4276-4 39.50 EUR

- 205 Patrick Löffler: Modellanwendung in Problemlöseaufgaben. *Wie wirkt Kontext?*
ISBN 978-3-8325-4303-7 35.00 EUR
- 206 Carina Gehlen: Kompetenzstruktur naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4318-1 43.00 EUR
- 207 Lars Oettinghaus: Lehrerüberzeugungen und physikbezogenes Professionswissen. *Vergleich von Absolventinnen und Absolventen verschiedener Ausbildungswege im Physikreferendariat*
ISBN 978-3-8325-4319-8 38.50 EUR
- 208 Jennifer Petersen: Zum Einfluss des Merkmals Humor auf die Gesundheitsförderung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Eine Interventionsstudie zum Thema Sonnenschutz*
ISBN 978-3-8325-4348-8 40.00 EUR
- 209 Philipp Straube: Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-) Studierenden im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-4351-8 35.50 EUR
- 210 Martin Dickmann: Messung von Experimentierfähigkeiten. *Validierungsstudien zur Qualität eines computerbasierten Testverfahrens*
ISBN 978-3-8325-4356-3 41.00 EUR
- 211 Markus Bohlmann: Science Education. Empirie, Kulturen und Mechanismen der Didaktik der Naturwissenschaften
ISBN 978-3-8325-4377-8 44.00 EUR
- 212 Martin Draude: Die Kompetenz von Physiklehrkräften, Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren
ISBN 978-3-8325-4382-2 37.50 EUR
- 213 Henning Rode: Prototypen evidenzbasierten Physikunterrichts. *Zwei empirische Studien zum Einsatz von Feedback und Blackboxes in der Sekundarstufe*
ISBN 978-3-8325-4389-1 42.00 EUR
- 214 Jan-Henrik Kechel: Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. *Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz*
ISBN 978-3-8325-4392-1 55.00 EUR
- 215 Katharina Fricke: Classroom Management and its Impact on Lesson Outcomes in Physics. *A multi-perspective comparison of teaching practices in primary and secondary schools*
ISBN 978-3-8325-4394-5 40.00 EUR
- 216 Hannes Sander: Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung. *Eine rekonstruktive Perspektive auf Bewertungskompetenz in der Didaktik der Naturwissenschaft*
ISBN 978-3-8325-4434-8 46.00 EUR

- 217 Inka Haak: Maßnahmen zur Unterstützung kognitiver und metakognitiver Prozesse in der Studieneingangsphase. *Eine Design-Based-Research-Studie zum universitären Lernzentrum Physiktreff*
ISBN 978-3-8325-4437-9 46.50 EUR
- 218 Martina Brandenburger: Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik? *Eine Untersuchung mit Studierenden*
ISBN 978-3-8325-4409-6 42.50 EUR
- 219 Corinna Helms: Entwicklung und Evaluation eines Trainings zur Verbesserung der Erklärqualität von Schülerinnen und Schülern im Gruppenpuzzle
ISBN 978-3-8325-4454-6 42.50 EUR
- 220 Viktoria Rath: Diagnostische Kompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Modellierung, Testinstrumentenentwicklung und Erhebung der Performanz bei der Diagnose von Schülervorstellungen in der Mechanik*
ISBN 978-3-8325-4456-0 42.50 EUR
- 221 Janne Krüger: Schülerperspektiven auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften
ISBN 978-3-8325-4457-7 45.50 EUR
- 222 Stefan Mutke: Das Professionswissen von Chemiereferendarinnen und -referendaren in Nordrhein-Westfalen. *Eine Längsschnittstudie*
ISBN 978-3-8325-4458-4 37.50 EUR
- 223 Sebastian Habig: Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren
ISBN 978-3-8325-4467-6 40.50 EUR
- 224 Sven Liepert: Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften, dem sachstrukturellen Angebot des Unterrichts und der Schülerleistung
ISBN 978-3-8325-4480-5 34.00 EUR
- 225 Elina Platova: Optimierung eines Laborpraktikums durch kognitive Aktivierung
ISBN 978-3-8325-4481-2 39.00 EUR
- 226 Tim Reschke: Lesegeschichten im Chemieunterricht der Sekundarstufe I zur Unterstützung von situationalem Interesse und Lernerfolg
ISBN 978-3-8325-4487-4 41.00 EUR
- 227 Lena Mareike Walper: Entwicklung der physikbezogenen Interessen und selbstbezogenen Kognitionen von Schülerinnen und Schülern in der Übergangsphase von der Primar- in die Sekundarstufe. *Eine Längsschnittanalyse vom vierten bis zum siebten Schuljahr*
ISBN 978-3-8325-4495-9 43.00 EUR
- 228 Stefan Anthofer: Förderung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehramtsstudierenden
ISBN 978-3-8325-4498-0 39.50 EUR
- 229 Marcel Bullinger: Handlungsorientiertes Physiklernen mit instruierten Selbsterklärungen in der Primarstufe. *Eine experimentelle Laborstudie*
ISBN 978-3-8325-4504-8 44.00 EUR

- 230 Thomas Amenda: Bedeutung fachlicher Elementarisierungen für das Verständnis der Kinematik
ISBN 978-3-8325-4531-4 43.50 EUR
- 231 Sabrina Milke: Beeinflusst *Priming* das Physiklernen?
Eine empirische Studie zum Dritten Newtonschen Axiom
ISBN 978-3-8325-4549-4 42.00 EUR
- 232 Corinna Erfmann: Ein anschaulicher Weg zum Verständnis der elektromagnetischen Induktion. *Evaluation eines Unterrichtsvorschlags und Validierung eines Leistungsdiagnoseinstruments*
ISBN 978-3-8325-4550-5 49.50 EUR
- 233 Hanne Rautenstrauch: Erhebung des (Fach-)Sprachstandes bei Lehramtsstudierenden im Kontext des Faches Chemie
ISBN 978-3-8325-4556-7 40.50 EUR
- 234 Tobias Klug: Wirkung kontextorientierter physikalischer Praktikumsversuche auf Lernprozesse von Studierenden der Medizin
ISBN 978-3-8325-4558-1 37.00 EUR
- 235 Mareike Bohrmann: Zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht
ISBN 978-3-8325-4559-8 52.00 EUR
- 236 Anja Schödl: FALKE-Physik – Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Fach Physik. *Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Physiklehrkräften*
ISBN 978-3-8325-4553-6 40.50 EUR
- 237 Hilda Scheuermann: Entwicklung und Evaluation von Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung der Variablenkontrollstrategie beim Planen von Experimenten
ISBN 978-3-8325-4568-0 39.00 EUR
- 238 Christian G. Strippel: Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung an chemischen Inhalten vermitteln. *Konzeption und empirische Untersuchung einer Ausstellung mit Experimentierstation*
ISBN 978-3-8325-4577-2 41.50 EUR
- 239 Sarah Rau: Durchführung von Sachunterricht im Vorbereitungsdienst. *Eine längsschnittliche, videobasierte Unterrichtsanalyse*
ISBN 978-3-8325-4579-6 46.00 EUR
- 240 Thomas Plotz: Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. *Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2*
ISBN 978-3-8325-4624-3 39.50 EUR

- 241 Wolfgang Aschauer: Elektrische und magnetische Felder. *Eine empirische Studie zu Lernprozessen in der Sekundarstufe II*
ISBN 978-3-8325-4625-0 50.00 EUR

Alle erschienenen Bücher können unter der angegebenen ISBN direkt online (<http://www.logos-verlag.de>) oder per Fax (030 - 42 85 10 92) beim Logos Verlag Berlin bestellt werden.

Studien zum Physik- und Chemielernen

Herausgegeben von Hans Niedderer, Helmut Fischler und Elke Sumfleth

Die Reihe umfasst inzwischen eine große Zahl von wissenschaftlichen Arbeiten aus vielen Arbeitsgruppen der Physik- und Chemiedidaktik und zeichnet damit ein gültiges Bild der empirischen physik- und chemiedidaktischen Forschung in Deutschland.

Die Herausgeber laden daher Interessenten zu neuen Beiträgen ein und bitten sie, sich im Bedarfsfall an den Logos-Verlag oder an ein Mitglied des Herausgeberteams zu wenden.

Kontaktadressen:

Prof. Dr. Hans Niedderer
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften,
Abt. Physikdidaktik, FB Physik/Elektrotechnik,
Universität Bremen,
Postfach 33 04 40, 28334 Bremen
Tel. 0421-218 2484/4695, e-mail:
niedderer@physik.uni-bremen.de

Prof. Dr. Helmut Fischler
Didaktik der Physik, FB Physik, Freie Universität Berlin,
Arnimallee 14, 14195 Berlin
Tel. 030-838 56712/55966, e-mail:
fischler@physik.fu-berlin.de

Prof. Dr. Elke Sumfleth
Didaktik der Chemie,
Fachbereich Chemie,
Universität Duisburg-Essen,
Schützenbahn 70, 45127 Essen
Tel. 0201-183 3757/3761, e-mail:
elke.sumfleth@uni-essen.de

Naturwissenschaftliche Grundbildung im Sinne der *Scientific Literacy* umfasst das Erlernen inhaltlicher Konzepte sowie naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen. Auch in der Sachunterrichtsdidaktik werden entsprechende Ziele formuliert. Fachdidaktische und entwicklungspsychologische Forschungsergebnisse zeigen, dass Grundschulkinder systematische Strategien der Hypothesenprüfung (Variablenisolation und -kontrolle) erlernen können. Dabei scheint die Unterstützungsmaßnahme des *Modeling* besonders geeignet.

In einem Prä-Post-Follow-up-Design mit Baseline wurden unter Kontrolle der Lernvoraussetzungen die Auswirkungen einer Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im Kontext Magnetismus durch *Modeling* im Vergleich zu einem am Offenen Experimentieren orientierten Lernsetting auf (1) eigenständiges Bewerten und Entwickeln von Experimenten, (2) Transferfähigkeit, (3) Entwicklung, Durchführung und Bewertung eigener Experimente, (4) Qualität bzgl. des erreichten Niveaus der Experimente und (5) motivationale Schülermerkmale geprüft. Zur differenzierten Erfassung kamen ein Paper-Pencil-Test und ein videographiertes Interview zum Einsatz.

Es konnte gezeigt werden, dass (1) beide Gruppen von der Intervention profitierten, die Daten einer Baseline jedoch auf einen Testwiederholungseffekt hindeuteten. Einflüsse der Intervention auf die anderen Bereiche konnten nachgewiesen werden. Eine Förderung durch *Modeling* wirkte sich auf alle vier genannten Bereiche (2)–(5) positiv aus.

Logos Verlag Berlin

ISBN 978-3-8325-4559-8