



TUM School of Education
Lehrstuhl für Schulpädagogik

Die Variablenkontrollstrategie in der Grundschule

Heidi Haslbeck

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät *TUM School of Education* der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Philosophie (Dr. phil.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzende: Prof. Dr. Claudia Nerdel

Prüfer der Dissertation: 1. Prof. Dr. Eva-Maria Lankes
2. Prof. Dr. Birgit Jana Neuhaus

Die Dissertation wurde am 28.05.2019 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät TUM School of Education am 12.07.2019 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	vi
Zusammenfassung	vii
1. Problemstellung und Ziel der Untersuchung	1
1.1. Einbettung der Arbeit	3
1.2. Gliederung der Arbeit	4
2. Das wissenschaftliche Denken	6
2.1. Definition des Begriffs <i>wissenschaftliches Denken</i>	6
2.2. Modelle des wissenschaftlichen Denkens in den Naturwissenschaften . .	9
2.2.1. Das Scientific Discovery as Dual Search Modell	10
2.2.2. Das Kompetenzmodell wissenschaftlichen Denkens nach Mayer .	11
2.2.3. Naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden und die Variab-	
lenkontrollstrategie	12
2.3. Das wissenschaftliche Argumentieren als Teilaspekt des wissenschaftli-	
chen Denkens	15
2.3.1. Der Aufbau von Argumenten	15
2.3.2. Argumentieren in den Naturwissenschaften	18
3. Das wissenschaftliche Denken lernen	21
3.1. Das wissenschaftliche Denken in der Schule erlernen	21
3.2. Entwicklung der Teilkompetenzen des wissenschaftlichen Denkens . . .	25
3.3. Förderliche Faktoren beim Erlernen des wissenschaftlichen Denkens und	
der Variablenkontrollstrategie	31
3.4. Schwierigkeiten der Lernenden beim naturwissenschaftlichen Experimen-	
tieren	34

4. Die professionelle Handlungskompetenz von Grundschullehrkräften in den Naturwissenschaften	37
4.1. Professionswissen	39
4.1.1. Fachwissen mit Berücksichtigung der Variablenkontrollstrategie	41
4.1.2. Fachdidaktisches Wissen	44
4.1.3. Zusammenhänge zwischen den Dimensionen des Professionswissens	53
4.2. Motivationale, volitionale und soziale Bereitschaften und Fähigkeiten .	54
4.2.1. Motivationale Orientierungen	54
4.2.2. Belief System	58
4.3. Einfluss der universitären Ausbildung auf das naturwissenschaftliche professionelle Wissen von Sachunterrichtslehrkräften	62
5. Möglichkeiten zur Förderung des naturwissenschaftlichen professionellen Wissens	67
5.1. Fortbildungen	68
5.1.1. Merkmale von Fortbildungsangeboten mit Bezug auf die Variablenkontrollstrategie	69
5.1.2. Modelle zur Nutzung von Fortbildungsangeboten	74
5.2. Schulbücher	79
6. Forschungsagenda	83
6.1. Forschungsfragen	83
6.1.1. Wissen von Grundschulkindern zur Variablenkontrollstrategie .	84
6.1.2. Wissen und Selbstkonzept der (angehenden) Sachunterrichtslehrkräfte	84
6.1.3. Analyse von Schulbüchern	86
6.2. Forschungskontext	86
6.3. Relevante Publikationen	87
7. Studie 1: Wissen von Grundschulkindern zur Variablenkontrollstrategie	88
7.1. Fragestellungen und Hypothesen	89
7.2. Methode	90
7.2.1. Design und Stichprobe	90
7.2.2. Testinstrumente	92
7.2.3. Statistische Auswertungsmethoden	106

7.3.	Ergebnisse	108
7.3.1.	Die Experimentierfähigkeit der Schülerinnen und Schüler	108
7.3.2.	Wissen der Schülerinnen und Schüler über die Variablenkontrollstrategie	112
7.3.3.	Die Begründungen der Schülerinnen und Schüler	116
7.3.4.	Der Zusammenhang zwischen dem Anwenden der Variablenkontrollstrategie und dem Begründen mit Bezug zur Variablenkontrollstrategie	121
7.4.	Diskussion	123
7.4.1.	Das Wissen der Grundschul Kinder über die Variablenkontrollstrategie	123
7.4.2.	Unterschiede zwischen den Jahrgangsstufen	125
7.4.3.	Effekte einer naturwissenschaftlichen Fortbildung für die Lehrkräfte	127
7.4.4.	Limitationen	128
7.4.5.	Zusammenfassung und Ausblick	130
8.	Studie 2: Wissen und Selbstkonzept (angehender) Grundschullehrkräfte bezüglich der Variablenkontrollstrategie und wie diese verändert werden können	132
8.1.	Fragestellungen und Hypothesen	133
8.1.1.	Das fachmethodische und fachdidaktische Wissen von Grundschullehrkräften und -studierenden sowie deren didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie	133
8.1.2.	Prozessmerkmale während der Intervention	133
8.1.3.	Ergebnisse der Intervention	134
8.1.4.	Einfluss des fachmethodischen Wissens auf das fachdidaktische Wissen	135
8.2.	Methode	135
8.2.1.	Design und Stichprobe	135
8.2.2.	Testinstrumente	138
8.2.3.	Statistische Auswertungsmethoden	154

8.3.	Ergebnisse	157
8.3.1.	Das fachmethodische und fachdidaktische Wissen von Grund- schullehrkräften und -studierenden sowie deren didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie	157
8.3.2.	Prozessmerkmale während der Intervention	159
8.3.3.	Ergebnisse der Intervention	162
8.3.4.	Einfluss des fachmethodischen Wissens auf den Wissenszuwachs im fachdidaktischen Wissen	165
8.4.	Diskussion	166
8.4.1.	Der Vergleich von Grundschullehrkräften und Grundschullehr- amtsstudierenden	166
8.4.2.	Evaluation einer Interventionsstudie zur Vermittlung der Variab- lenkontrollstrategie	167
8.4.3.	Einfluss des fachmethodischen Wissens auf den Wissenszuwachs im fachdidaktischen Wissen	170
8.4.4.	Limitationen	171
8.4.5.	Zusammenfassung und Ausblick	173
9.	Studie 3: Das didaktische Potential von Schulbüchern bezüglich der Va- riablenkontrollstrategie	175
9.1.	Fragestellungen	176
9.2.	Methode	176
9.2.1.	Analysestichprobe	177
9.2.2.	Analysekriterien	178
9.2.3.	Intercoderübereinstimmung und Auswertungsmethoden	180
9.3.	Ergebnisse	183
9.3.1.	Hinweise zur Variablenkontrollstrategie in den allgemeinen Teilen	183
9.3.2.	Nutzung der Variablenkontrollstrategie in den beschriebenen Experimenten	184
9.4.	Diskussion	191
9.4.1.	Hinweise zur Variablenkontrollstrategie in den allgemeinen Teilen	191
9.4.2.	Nutzung der Variablenkontrollstrategie in den beschriebenen Experimenten	193
9.4.3.	Limitationen	195

9.4.4. Zusammenfassung und Ausblick	196
10. Gesamtdiskussion	197
10.1. Übergreifende Diskussion der zentralen Befunde	197
10.2. Limitationen und Ausblick	200
10.3. Fazit	201
Literaturverzeichnis	203
Abbildungsverzeichnis	238
Tabellenverzeichnis	241
Anhang	244
A. Materialien Sitzung 1	244
A.1. Präsentation Sitzung 1	244
A.2. Arbeitsblatt Experimentiergruppe (EG1)	251
A.3. Lehrbuchtext Lesegruppe (EG2)	254
A.4. Arbeitsblatt Lesegruppe (EG2)	262
B. Material Sitzung 2: Präsentation	265
C. Instrument zur Erfassung des ICAP-Modells	272
D. Instrument zur Erfassung des didaktischen Selbstkonzepts bezüglich der Variablenkontrollstrategie	274

Danksagung

Zum Gelingen dieser Dissertation haben viele Menschen beigetragen. An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich auf dem Weg begleitet und unterstützt haben. Mein besonderer Dank gilt meiner Erstbetreuerin Prof. Dr. Eva-Maria Lankes, die den Rahmen für mein Promotionsprojekt geschaffen hat, sich immer Zeit für mich nahm und mich stets konstruktiv unterstützt hat. Vielen Dank für die vielen inspirierenden Gespräche, aus denen ich viel mitnehmen und lernen konnte und vielen Dank für die vielen Freiräume und das große Vertrauen.

Meiner Zweitbetreuerin, Frau Prof. Dr. Birgit Neuhaus, möchte ich für die äußerst fachkundige und wertschätzende Begleitung danken. Vielen Dank für die wertvollen Anregungen und das offene Ohr bei Fragen.

Darüber hinaus möchte ich Freydis Vogel und Eva Fritzsche sehr herzlich danken. Danke für eure methodische und emotionale Unterstützung sowie die vielen lustigen Momente. In diesem Zusammenhang möchte ich dem gesamten Lehrstuhlteam und besonders Franziska Haubenthaler für die schöne Zeit danken. Danke für die anregenden Diskussionen, das gemeinsame Arbeiten und die kollegiale Atmosphäre. Auch meinen Hilfskräften, Sina Hafner, Laura Müller und Stephanie Pielmeier, möchte ich für ihre Unterstützung danken.

Des Weiteren danke ich Lena von Kotzebue und Luci Kohlhauf. Danke für die zahlreichen Ideen, die vielen bestärkenden Gespräche und die wichtigen inhaltlichen und persönlichen Impulse während meiner Promotionszeit.

Und schließlich möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken. Danke für eure Geduld, euer Vertrauen und eure Unterstützung. Danke, dass ihr für mein emotionales Wohlbefinden und den nötigen Ausgleich während meiner Promotionszeit gesorgt habt. Mein besonderer Dank gilt dabei Bene. Danke für deinen unermüdlichen „Technik-Support“ und danke, dass du mich in allem, was mir wichtig ist, immer unterstützt.

Zusammenfassung

Laut Sodian und Mayer (2013) und Bullock und Ziegler (1999) können bereits Kinder im Kindergarten- und Grundschulalter Fähigkeiten des wissenschaftlichen Denkens sowie die Variablenkontrollstrategie erlernen. Lehrkräfte verfügen häufig nicht über das nötige Wissen, die Variablenkontrollstrategie angemessen zu vermitteln (Emereole, 2009; Hilfert-Rüppell et al., 2013). Aufbauend auf diesen Befunden beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit den folgenden Fragen: (1) a) Über welches implizite und explizite Wissen bezüglich der Variablenkontrollstrategie verfügen Schülerinnen und Schüler der dritten und vierten Jahrgangsstufe und b) wie wirkt sich eine naturwissenschaftliche Fortbildung für Lehrkräfte auf das Wissen der Schülerinnen und Schüler aus? (2) Wie ist das Wissen und das didaktische Selbstkonzept (angehender) Sachunterrichtslehrkräfte im Bezug auf die Variablenkontrollstrategie ausgeprägt? (3) Wie lassen sich das Wissen und das didaktische Selbstkonzept von Grundschullehrkräften in Bezug auf die Variablenkontrollstrategie steigern? (4) Unterstützen Schulbücher die Vermittlung der Variablenkontrollstrategie in der Grundschule?

Zur Untersuchung dieser Fragen wurden drei Teilstudien durchgeführt. Die Fragestellung 1 wurde anhand einer Querschnittstudie mit Schülerinnen und Schülern der dritten und vierten Klasse ($N = 295$) beantwortet. Sie zeigt, dass Schülerinnen und Schüler in der Grundschule bereits über ein beginnendes explizites Wissen über die Variablenkontrollstrategie verfügen. Dieses Wissen können sie bei der Auswahl von validen Experimenten leichter einsetzen als beim selbstständigen Planen. Die Befunde der Querschnittstudie machen ebenso deutlich, dass sich eine naturwissenschaftliche Fortbildung für Lehrkräfte positiv auf das Wissen der Schülerinnen und Schüler auswirken kann. Frage 2 wurde anhand eines Vergleichs zwischen Grundschullehrkräften ($N = 56$) und Studierenden der Interventionsstudie ($N = 103$) beantwortet. Es zeigt sich, dass die Studierenden über ein höheres fachmethodisches aber geringeres fachdidaktisches Wissen verfügen als die Lehrkräfte. Frage 3 wurde anhand einer Interventionsstudie mit zwei Experimentalgruppen beantwortet. Studierende ($N = 37$), die praktisch experimentieren, erlernen gleich viel Wissen wie Studierende ($N = 33$), die die nötigen Informationen in einem Lesetext erhalten. Beide Experimentalgruppen verfügen nach der Intervention über ein positiveres didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie als die Kontrollgruppe ($N = 33$).

Die Fragestellung 4 wurde mit Hilfe von Schulbuchanalysen beantwortet. Es zeigt sich, dass die Schulbücher ($N = 9$) ihr didaktisches Potential hinsichtlich der Variablenkontrollstrategie nicht ausnutzen.

Die Ergebnisse der Querschnittstudie bestätigen die Befunde von Sodian und Mayer (2013) und Bullock und Ziegler (1999) und zeigen, dass Kinder auch ohne gezielte Förderung der Variablenkontrollstrategie bereits ein beginnendes Verständnis von dieser besitzen. Wie auch in der Studie von Emereole (2009) verfügen die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Lehrkräfte über ein geringes fachmethodisches Wissen bezüglich der Variablenkontrollstrategie. Dieses Wissen lässt sich mittels einer Intervention steigern.

Das multiperspektivische Bild der vorliegenden Arbeit zur Variablenkontrollstrategie in der Grundschule zeigt, dass bei den Büchern und Lehrkräften vorhandenes Potential genutzt werden kann, damit Kinder die Variablenkontrollstrategie besser erlernen können.

1. Problemstellung und Ziel der Untersuchung

Im Alltag von Kindern und Erwachsenen sind Entscheidungen allgegenwärtig. Bei jeder Entscheidung geht es darum, welche Handlungsalternative einer anderen in Anbetracht der Zielsetzung vorzuziehen ist. Dabei spielen die Erfahrungen der Person und die vorhandenen Informationen eine Rolle. Für viele alltägliche Entscheidungen werden naturwissenschaftliche Erfahrungen und Informationen benötigt, um Vor- und Nachteile abwägen und somit zu einer richtigen Entscheidung kommen zu können. Kinder greifen auf ihre eigenen Erfahrungen zurück, wenn sie sich überlegen, ob die Sandburg auf einer geraden oder schiefen Ebene besser steht. Frauen ziehen verschiedene Informationsquellen zu Rate, wenn sie sich für oder gegen die Antibabypille entscheiden. Eltern beschäftigen sich mit Ergebnissen aus Studien, wenn sie Entscheidungen bezüglich Impfungen für ihre Kinder fällen, oder über Langzeitfolgen von Weichmachern (Bisphenol A) in Plastikflaschen recherchieren. Diese Beispiele zeigen, dass Naturwissenschaften in diversen Lebensbereichen vorhanden sind und eine Grundlage an naturwissenschaftlichem Wissen und Vorgehensweisen nötig ist, um begründet Entscheidungen fällen zu können.

Wenn Menschen Informationen aus dem Internet entnehmen, werten sie diese Informationen optimalerweise passend zu dem jeweiligen Problem aus, beurteilen die Qualität der Informationsquelle und ziehen passend zur Zielsetzung Schlussfolgerungen, um eine fundierte Grundlage für ihre Entscheidungen zu erreichen. Dieses systematische Vorgehen wird im Alltag häufig nicht vollständig angewendet. So zeigt beispielhaft der öffentliche Diskurs über Kokosöl als ein angeblich außergewöhnliches Lebensmittel (Superfood), welche Bedeutung Fähigkeiten wie analytisches Denken, systematisches Vorgehen und Hinterfragen von Sachverhalten als Grundlage für persönliche Handlungsentscheidungen haben. Die Frage ist, ob Naturwissenschaften einen Beitrag leisten können, diese Fähigkeiten zu fördern.

Das Wissen zu naturwissenschaftlichen Phänomenen sowie Erkenntnismethoden wäre häufig hilfreich, um Probleme im Alltag bewältigen und Entscheidungen fundiert begründen zu können. Naturwissenschaften und aus ihren Gesetzmäßigkeiten entwickelte

Materialien, Erfindungen und Werkzeuge lösen viele unserer alltäglichen Probleme. Eine grundlegende Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Phänomenen hinter den Materialien sowie naturwissenschaftlichen Erkenntnismethoden, mit Hilfe derer neue Erkenntnisse gewonnen werden, findet meist weniger statt.

Naturwissenschaftliche Erkenntnismethoden bieten eine Möglichkeit, die genannten Fähigkeiten zu fördern und das naturwissenschaftliche Wissen zu steigern. Beim Einsatz naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden werden alle einzelnen Faktoren eines Gegenstandes betrachtet und in Bezug gesetzt. So ist es die naturwissenschaftliche Vorgehensweise, dass zuerst recherchiert wird, welche Studien und Informationen es bereits zu den einzelnen Faktoren des Gegenstandes gibt. Anschließend wird die Qualität der Informationsquellen betrachtet und dann eine Entscheidung unter Beachtung der Ziele getroffen. Dargestellt am Beispiel Kokosöl wird zuerst betrachtet, aus welchen Bestandteilen Kokosöl aufgebaut ist, welche Studien bereits zu diesen Bestandteilen/Faktoren vorhanden sind und wie diese ernährungsphysiologisch zu beurteilen sind. Dabei stoßen die Personen auf das Problem, dass die Wirkung von gesättigten Fettsäuren in verschiedenen Quellen unterschiedlich bewertet wird. Einige Quellen beschreiben diese als gesundheitsförderlich, während andere diese als gesundheitsschädlich darstellen. Um die Qualität der Informationsquellen zu bewerten, kann einerseits der Ursprung der Quelle und andererseits das beschriebene Vorgehen in der Untersuchung betrachtet werden. Zu den Quellen, die Kokosöl als gesundheitsschädlich beschreiben, gehört die American Heart Association (Sacks et al., 2017). Da der Ursprung dieser Quelle als vertrauenswürdig angesehen werden kann, können Personen die Schlussfolgerung ziehen, dass Kokosöl eher gesundheitsschädlich ist. Kausale Schlussfolgerungen, z. B. zur Wirkungsweise gesättigter Fettsäuren in Kokosöl, können nur über naturwissenschaftliche Experimente gezogen werden.

Welches Wissen und welche Strategien sind konkret nötig, um solche Situationen einzuschätzen? Wie können Personen vorgehen, um zu untersuchen, welches Vorgehen in der Untersuchung als vertrauenswürdig angesehen werden kann und welches nicht? Wo und wie können Kinder dieses Wissen und diese Strategien erlernen? Wie können Lehrkräfte unterstützt werden, dieses Wissen und diese Strategien weiterzugeben?

1.1. Einbettung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit greift die genannten Fragen auf und betrachtet, wie es in der Grundschule gelingt, den Schülerinnen und Schülern das Wissen und die nötigen Strategien näher zu bringen. Das erforderliche Wissen und die nötigen Strategien sind Teil des wissenschaftlichen Denkens. Das wissenschaftliche Denken ist somit eine Voraussetzung, um im Alltag Entscheidungen zur Güte von Informationen treffen zu können. Durch die Fähigkeiten des wissenschaftlichen Denkens können Kinder und Erwachsene als mündige Bürger an einer Wissensgesellschaft - wie der deutschen - teilnehmen.

Erste Fähigkeiten des wissenschaftlichen Denkens können bereits im Kindergarten- und Grundschulalter erlernt werden (Buchanan & Sobel, 2011; Koerber, Mayer, Osterhaus, Schwippert & Sodian, 2015; Sodian & Mayer, 2013). Naturwissenschaftliche Erkenntnismethoden wie das Experimentieren bieten eine Möglichkeit, Kindern das wissenschaftliche Denken zu vermitteln. Kinder können bereits in der Grundschulzeit ein Verständnis darüber erlangen, wie ein gutes Experiment aufgebaut sein muss (Bullock & Ziegler, 1999), um daraus kausale Schlussfolgerungen (z. B. über die Wirkungsweise von gesättigten Fettsäuren in Kokosöl) ziehen zu können. Dabei kommt die Variablenkontrollstrategie zum Einsatz. Die Variablenkontrollstrategie ist eine Strategie, um Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu untersuchen. Sie hilft Personen, z. B. wenn sie zwei verschiedene Quellen zur Wirkungsweise der gesättigten Fettsäuren in Kokosöl bewerten müssen. Eine Quelle beschreibt z. B., dass mittels eines Experiments (nur eine Bedingung vorhanden: Ernährungsweise mit Kokosöl) herausgefunden wurde, dass gesättigte Fettsäuren gesundheitsfördernd sind. Eine andere Quelle hingegen beschreibt, dass in einem Vergleich zwischen zwei Bedingungen (Ernährungsweise mit Kokosöl und Ernährungsweise ohne Kokosöl) ein erhöhter Cholesterinwert (LDL-Wert) bei der Bedingung mit Kokosöl festgestellt wurde. Anhand dieser Darstellung können Kinder und Erwachsene den Aufbau des Experiments überprüfen und erkennen, dass nur mittels des zweiten Aufbaus ein kausaler Schluss möglich ist, da hier die Variablenkontrollstrategie eingehalten wurde (am Beispiel Kokosöl kann entschieden werden, ob es gesundheitsförderlich oder gesundheitsschädlich ist).

Die Variablenkontrollstrategie hilft somit nicht nur bei naturwissenschaftlichen Themen, sondern auch bei Themen in unserem Alltag wie z. B. bei der Wirksamkeit verschiedener Ernährungsweisen. Naturwissenschaftliche Erkenntnisweisen wie das Experimentieren können als Modelle dienen, mit denen systematisches und analytisches Vorgehen geübt wird, welches man in den Naturwissenschaften und im Alltag einsetzen kann.

Unklar ist, welches Wissen bezüglich der Variablenkontrollstrategie die Schülerinnen und Schüler sowie die Lehrkräfte in der Grundschule bereits besitzen. Studien von Hilfert-Rüppell et al. (2013) und Emereole (2009) weisen darauf hin, dass Lehrkräfte selbst Probleme im Umgang mit Variablen haben. Die Lehrkräfte benötigen jedoch zur guten Gestaltung des Unterrichts ausreichend fachliches und fachdidaktisches Wissen in diesem Bereich (Sodian, Thoermer, Kircher, Grygier & Günther, 2002). Möglichkeiten, mit denen sich Lehrkräfte weiterbilden können, sind unter anderem Fortbildungen und Unterrichtsmaterialien (Kleickmann, Tröbst, Jonen, Vehmeyer & Möller, 2016). So stellt sich einerseits die Frage, ob sich das nötige fachliche und fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte durch eine Intervention steigern lässt. Andererseits wird betrachtet, ob Schulbücher eine Unterstützung für die Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler bieten, um die Fähigkeiten der Variablenkontrollstrategie aufzubauen.

1.2. Gliederung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit greift die aufgeworfenen Fragen zur Variablenkontrollstrategie auf. Dazu werden zunächst die theoretischen Grundlagen des wissenschaftlichen Denkens erläutert und es wird auf die Rolle der Variablenkontrollstrategie beim Experimentieren eingegangen (Kapitel 2 und Kapitel 3). Kapitel 4 befasst sich mit dem professionellen Wissen von Lehrkräften und dessen Einfluss auf das Unterrichtshandeln. Abschließend erläutert das letzte Kapitel des theoretischen Teils Möglichkeiten der Förderung des Wissens der Lehrkräfte (Kapitel 5). Die daraus gewonnenen Forschungsfragen und durchgeführten Studien werden in Kapitel 6 dargelegt. Anschließend werden für die drei Studien jeweils die differenzierten Fragestellungen und Hypothesen, die Methode, die zentralen Ergebnisse und die Diskussion berichtet. Studie 1 beschäftigt sich mit den Kindern, Studie 2 mit den (angehenden) Lehrkräften und Studie 3 betrachtet das Potential von Schulbüchern bezüglich der Variablenkontrollstrategie (siehe Abbildung 1).

	Erhobene Konstrukte	Stichproben	Fragestellungen
Studie 1	<ul style="list-style-type: none"> • Experimentierfähigkeit • Implizites Wissen über die VKS • Explizites Wissen über die VKS 	<ul style="list-style-type: none"> • 295 Kinder der dritten und vierten Klasse 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausprägung des Wissens • Einfluss einer naturwissenschaftlichen Fortbildung für die Lehrkräfte auf das Wissen der Kinder
Studie 2	<ul style="list-style-type: none"> • Fachmethodisches Wissen • Fachdidaktisches Wissen • Didaktisches Selbstkonzept VKS • Prozessmerkmale während der Intervention (kognitive Lernaktivitäten, kognitive Belastung, situationales Interesse) 	<ul style="list-style-type: none"> • 56 Lehrkräfte • 103 Studierende 	<ul style="list-style-type: none"> • Unterschiede im Wissen bzw. Selbstkonzept zwischen Lehrkräften und Studierenden • Unterschiede zwischen Interventions- bzw. Kontrollgruppen durch die Intervention
Studie 3	<ul style="list-style-type: none"> • VKS in den Schulbüchern • VKS in den einzelnen Experimenten der Schulbücher 	<ul style="list-style-type: none"> • 9 Schulbücher • 72 Experimente 	<ul style="list-style-type: none"> • Thematisierung der VKS in den Schulbüchern • Einsatz der VKS in den einzelnen Experimenten der Schulbücher

Anmerkung. VKS: Variablenkontrollstrategie

Abbildung 1. Überblick über die drei Studien der Dissertation

Die Arbeit schließt mit einer gemeinsamen Betrachtung und Diskussion der Befunde der drei Studien und einer Gesamteinschätzung der aktuellen Situation zur Variablenkontrollstrategie in der Grundschule (Kapitel 10).

2. Das wissenschaftliche Denken

Im folgenden Kapitel wird das wissenschaftliche Denken erläutert. Experimentelle Kompetenzen sind Teilaspekte des wissenschaftlichen Denkens und nötig, um aus Experimenten valide Daten zu gewinnen. Mit Hilfe valider Daten ist es möglich, naturwissenschaftliche Entscheidungen begründet zu treffen. Mit den Kompetenzen des wissenschaftlichen Denkens können die Menschen vorhandenes Wissen beurteilen und neues Wissen generieren. Somit ist das wissenschaftliche Denken nicht nur für zukünftige Wissenschaftler unerlässlich, sondern auch für alle Personen in einer wissensbasierten Gesellschaft wie es die heutige ist (Fischer et al., 2014).

In diesem Kapitel wird zuerst darauf eingegangen, wie neues Wissen gewonnen wird und was unter wissenschaftlichem Denken verstanden wird. Im nächsten Abschnitt wird das wissenschaftliche Denken in den Naturwissenschaften erläutert. Abschließend wird auf Argumentieren als ein Teilaspekt des wissenschaftlichen Denkens eingegangen.

2.1. Definition des Begriffs *wissenschaftliches Denken*

In einer wissensbasierten Gesellschaft stellt sich die Frage, wie neues Wissen gewonnen wird und wie man dieses beurteilt. Personen benötigen bestimmte Strategien und Vorgehensweisen, um über die Gültigkeit von Wissen zu entscheiden. Diese Vorgehensweisen und Strategien werden als wissenschaftliches Denken bezeichnet. Ziel dieses Teilkapitels ist es, das wissenschaftliche Denken zu definieren. Dazu wird das hypothetisch-deduktive Verfahren als Grundlage für das wissenschaftliche Denken erläutert und anschließend das wissenschaftliche Denken definiert.

Das Ziel der Wissenschaft ist es, die Welt, in der wir leben, besser verstehen, beschreiben, erklären und gestalten zu können. Wissenschaftler verwenden unterschiedliche Methoden, um neue Erkenntnisse zu erlangen, z. B. Analogien, Problemlösestrategien und Methoden zum Schlussfolgern wie Induktion und Deduktion (Bruehl, 2015; Dunbar & Fugelsang, 2005). In den Wissenschaften hat sich die hypothetisch-deduktive Vorgehensweise nach Popper (2005) als Prozess zur Generierung von neuen Erkenntnissen

durchgesetzt und zu einer Abkehr von induktiv orientierten Erkenntnistheorien geführt (Falkenhausen, 1988). Das hypothetisch-deduktive Verfahren beruht auf der Annahme, dass es kein endgültig gesichertes Wissen geben kann (Hempel, 1977; Popper, 2005). Wenn Hypothesen durch Befunde aus Beobachtungen, Experimenten und Versuchsreihen bestätigt werden, dann kann nur die Zuverlässigkeit der Theorie erhöht werden, nicht aber die Theorie bestätigt werden. Somit sind wissenschaftliche Theorien nur abschließend falsifizierbar, nicht aber verifizierbar (Popper, 2005). Beim hypothetisch-deduktiven Verfahren werden aus dem bestehenden Wissen Hypothesen abgeleitet und diese überprüft. Durch diese Überprüfungen wird das vorhandene Wissen ständig modifiziert und weiterentwickelt. Das zugrundeliegende Vorgehen kann in einer zyklischen Form dargestellt werden (siehe Abbildung 2).

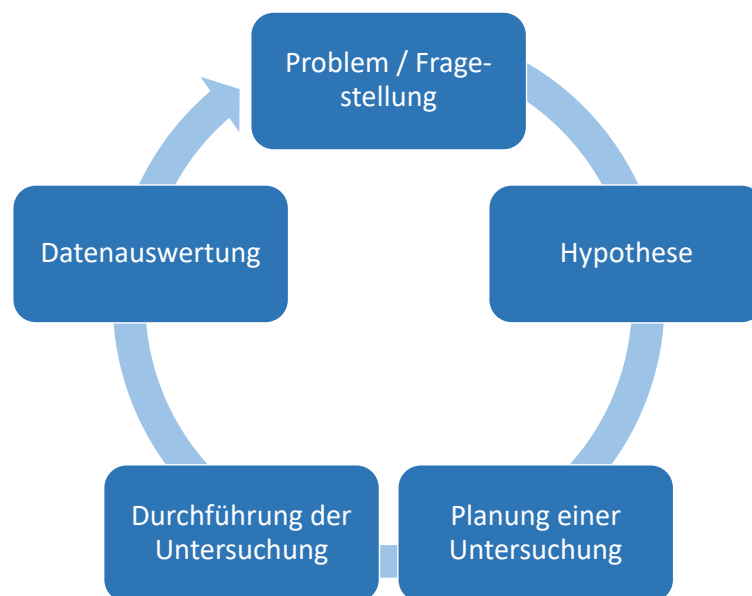


Abbildung 2. Das hypothetisch-deduktive Verfahren angelehnt an Arnold (2015)

Das *wissenschaftliche Denken* (*scientific thinking* oder *scientific reasoning*) ist ein Prozess der Erkenntnissuche und beruht auf dem hypothetisch-deduktiven Verfahren. Das wissenschaftliche Denken wird verschieden definiert. Der Begriff kann nach Sodian (2001) in zwei unterschiedlichen Bedeutungen verwendet werden. Das domänenspezifische wissenschaftliche Denken ist auf einen Inhaltsbereich der Wissenschaften spezialisiert (z. B. Chemie, Physik, Biologie), während das domänenübergreifende (oder formale) wissenschaftliche Denken sich auf den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess selbst bezieht (Sodian & Mayer, 2013). Der wissenschaftliche Erkenntnisprozess beinhaltet die Bildung, Prüfung und Revision von Theorien. Zimmerman (2007) hingegen beschreibt das

Konzept des wissenschaftlichen Denkens als die Anwendung der wissenschaftlichen Erkenntnismethoden in Problemsituationen. Sie benennt auch die Fähigkeiten, die benötigt werden, um Theorien aufzustellen, zu testen und zu überarbeiten, als Aspekte des wissenschaftlichen Denkens (Zimmerman, 2007). Ebenso weist sie darauf hin, dass Personen auch den Prozess des Wissenserwerbs und der Wissensveränderung reflektieren sollten. Laut Fischer et al. (2014) ist das wissenschaftliche Denken eine kognitive Fähigkeit, die folgende Punkte umfasst:

- das Entwickeln/Erfassen einer Problemstellung
- das Formulieren einer Fragestellung
- das Entwickeln von Hypothesen
- das Konstruieren/Anpassen von Untersuchungsmaterial (Artefakten)
- das Erzeugen von Daten/Evidenz
- die Auswertung der Daten/Evidenz
- das Ziehen von Schlussfolgerungen
- die kritische Einordnung und Kommunikation der Ergebnisse

Fischer et al. (2014) beziehen in ihre Definition auch das Ziehen von Schlussfolgerungen und die Kommunikation der Ergebnisse mit ein, was als *scientific argumentation* bezeichnet wird. Sie sehen Argumente als einen integralen Bestandteil vieler Prozesse des wissenschaftlichen Denkens (Fischer et al., 2014). Kuhn (2014) sieht das Argument auch als eine Phase des wissenschaftlichen Denkens. Sie unterteilt das wissenschaftliche Denken in vier Phasen und ist der Meinung, dass sich das wissenschaftliche Denken von Personen durch ihre Argumente abbilden lässt (Kuhn, 2014).

Das wissenschaftliche Denken wird im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich sowie in vielen weiteren wissenschaftlichen Disziplinen als kognitive Fähigkeit beschrieben (Fischer et al., 2014). Kuhn (2014) sieht beim wissenschaftlichen Denken eher das Ziel im Fokus, das mit dem wissenschaftlichen Denken verfolgt wird. Das wissenschaftliche Denken - ob bei Kindern oder Erwachsenen - ist hier vor allem durch das Streben nach Wissen gekennzeichnet. Der Fähigkeit, Theorie und Evidenz zu

koordinieren und damit zu agieren, kommt ebenso große Bedeutung zu (Morris, Croker, Masnick & Zimmerman, 2012; Kuhn, 1989; Kuhn & Pearsall, 2000).

Im Kern sind sich die Autorinnen und Autoren darin einig, dass das Konstrukt des wissenschaftlichen Denkens die folgenden Fähigkeiten beinhaltet: Theorien aufzustellen, zu überprüfen und zu überarbeiten. Somit lässt sich die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung sehr gut in das wissenschaftliche Denken einordnen. Ebenso wird das wissenschaftliche Argumentieren nach Fischer et al. (2014) als ein Teilprozess des wissenschaftlichen Denkens gesehen.

2.2. Modelle des wissenschaftlichen Denkens in den Naturwissenschaften

Mayer (2007) vergleicht den Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung mit einem relativ komplexen, kognitiven und auf Wissen basierenden Problemlöseprozess (Arnold, 2015; Abd-El-Khalick et al., 2004; Klahr & Dunbar, 1988; Mayer, 2007; Zimmerman, 2000). Beim Problemlösen wird ein Unterschied zwischen einem Anfangszustand und einem angestrebten Endzustand überwunden. Für diese Überwindung müssen logische Operationen sowie vorhandenes Wissen und Fähigkeiten angewendet werden, da keine genaue Vorgehensweise bekannt ist (Funke, 2003; Mayer, 2007). Beim naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess im Speziellen werden zu Beginn naturwissenschaftliche Fragen aufgeworfen und diese dann mittels naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden überwunden. Bei den naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden werden spezifische Fähigkeiten benötigt, z. B. Mikroskopieren, und der Inhaltsbereich enthält Naturphänomene (Arnold, 2015). Das wissenschaftliche Denken als naturwissenschaftlicher Problemlöseprozess wird unterschiedlich modelliert. Ziel dieses Teilkapitels ist es, zwei Modellierungen des wissenschaftlichen Denkens in den Naturwissenschaften vorzustellen und aus diesen die zentralen Teilkompetenzen des Prozesses abzuleiten. Dazu werden die beiden Modelle dargestellt und drei zentrale Teilkompetenzen erläutert. Anschließend wird auf die verschiedenen naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden eingegangen und das Experiment genauer dargestellt.

2.2.1. Das Scientific Discovery as Dual Search Modell

Im *Scientific-Discovery-as-Dual-Search-Modell*, kurz *SDDS-Modell*, wird das wissenschaftliche Denken als eine Suche in zwei mentalen Räumen beschrieben: dem Hypothesenraum und dem Experimentraum (Klahr & Dunbar, 1988). Der Hypothesenraum, in dem das individuelle Vorwissen von Personen zu Sachverhalten mental abgebildet ist, beinhaltet alle Hypothesen, die während des Erkenntnisprozesses aufgestellt werden. Im Experimentraum, der das individuelle Vorwissen bezüglich Strategien beinhaltet, sind alle möglichen Experimente enthalten, die durchgeführt werden können (Emden, 2011; Klahr & Dunbar, 1988). Das *SDDS-Modell* hat auf den beiden Räumen aufbauend drei Hauptkomponenten: die Suche im Hypothesenraum, das Testen von Hypothesen und die Analyse von Evidenzen (Hammann, 2007). Die Suche im Hypothesenraum wird von Vorwissen zu Sachverhalten, Strategien und Ergebnissen aus bereits durchgeführten Experimenten geleitet und wird als Problemlöseprozess beschrieben. Wenn der Zielzustand erreicht ist, d. h. eine überprüfbare Hypothese gefunden wurde, beginnt das Testen von Hypothesen und somit die Suche im Experimentraum. Die Suche im Experimentraum wird von der aktuellen Hypothese beeinflusst und kann zur Generierung von Informationen und neuen Hypothesen genutzt werden (Hammann, 2007). Anhand der erhaltenen Daten aus der Suche im Experimentraum wird dann entschieden, ob die Hypothese angenommen, zurückgewiesen oder nochmals überprüft werden muss (Hammann, 2007). Die Abfolge der drei Hauptkomponenten ist ausdrücklich zirkulär angelegt (Emden, 2011). Die drei Hauptkomponenten korrelieren hoch miteinander und werden alle drei von Vorwissen beeinflusst (Hammann, Phan, Ehmer & Grimm, 2008). Hammann et al. (2008) nehmen an, dass das Testen von Hypothesen vom methodischen Vorwissen abhängt, während die beiden anderen Komponenten vom fachlichen Vorwissen abhängen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das *SDDS-Modell* ebenso wie die Definitionen von Sodian und Mayer (2013) und Zimmerman (2007) drei zentrale Hauptkomponenten enthält: die Suche im Hypothesenraum, das Testen von Hypothesen und die Analyse von Evidenzen. Mayer (2007) greift diese drei Hauptkomponenten auf und differenziert sie weiter aus.

2.2.2. Das Kompetenzmodell wissenschaftlichen Denkens nach Mayer

Mayer (2007) beschreibt in seinem Strukturmodell zum wissenschaftlichen Denken vier Problemlöseprozeduren (Fragestellungen entwickeln, Hypothesen aufstellen, Untersuchungen planen und Ergebnisse auswerten) und berücksichtigt darüber hinaus noch unterschiedliche Wissensdimensionen (Fachwissen und Methodenwissen). Seinem Modell zufolge wird die Fähigkeit des wissenschaftlichen Denkens durch das prozedurale Wissen (die vier Problemlöseprozeduren), das deklarative Wissen (Fach- und Methodenwissen) und die kognitiven Fähigkeiten beeinflusst (Mayer, 2007). Das prozedurale Wissen wird als das Wissen bezeichnet, mit dem man weiß, *wie* man etwas tut (Arnold, 2015; Woolfolk, 2014). Es bildet somit die Grundlage für die Handlungskompetenz von Personen während des Problemlösens, da es als Wissen über Handlungsregeln und -sequenzen verstanden wird (Arnold, 2015). Das prozedurale Wissen kann sowohl implizites als auch explizites Wissen sein (Arnold, 2015) und beinhaltet in der Definition von Mayer (2007) nicht die manuellen Fertigkeiten. Deklaratives Wissen ist das Wissen darüber, *dass/warum* etwas so ist (Woolfolk, 2014). Es ist das Wissen über Fakten, Konzepte und Zusammenhänge in einer Domäne und kann ebenso implizit wie auch explizit sein (Arnold, 2015). Wissenschaftliches Denken ist somit jenes Wissen, das beschreibt, wie die einzelnen Problemlöseprozeduren auf ein naturwissenschaftliches Problem anzuwenden sind (Arnold, 2015). Der Natur des Problemlösens entspricht es, keine feste Reihenfolge zu haben. Damit aber das wissenschaftliche Denken gefördert werden kann, ist es zunächst wichtig, die einzelnen Prozeduren zu betrachten.

Bei genauer Betrachtung der verschiedenen Modelle des wissenschaftlichen Denkens und des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges zeigt sich, dass es bei der Auswahl, Benennung und Differenzierung der Teilkompetenzen gewisse Unterschiede gibt (z. B. Übersicht in Emden, 2011; Nehring, 2014; Vorholzer, 2016). Trotzdem bleiben, bei allen Unterschieden in den Details der verschiedenen Modelle, im Kern drei zentrale Teilkompetenzen, die bei jeder naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethode angewendet werden (Vorholzer, 2016):

1. Entwickeln von naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Hypothesen
2. Planen und Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen
3. Auswerten und Interpretieren von Daten

Die drei Teilkompetenzen entsprechen den drei Bereichen Bildung, Prüfung und Revision von Theorien des formalen wissenschaftlichen Denkens. Sie haben eine zentrale Rolle im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess, auch wenn dieser nicht als stringenter Ablauf bestimmter Schritte gesehen werden kann (Vorholzer, 2016; Wellnitz & Mayer, 2013). Denn jede naturwissenschaftliche Untersuchung beginnt mit einer Frage, dann werden Daten gesammelt und diese werden anschließend ausgewertet und interpretiert.

2.2.3. Naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden und die Variablenkontrollstrategie

In den Naturwissenschaften werden viele verschiedene Untersuchungsmethoden eingesetzt, um neues Wissen über die Natur zu generieren. Auch wenn viele dieser Untersuchungsmethoden sehr unterschiedlich systematisiert und benannt werden (Arnold, 2015), wird meist die hypothetisch-deduktive Vorgehensweise verfolgt. Im Folgenden werden ausgewählte Systematisierungen von naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden erläutert. Anschließend wird auf das Experimentieren beziehungsweise die Variablenkontrollstrategie eingegangen.

Staeck (2009) nennt das Betrachten, Beobachten, Untersuchen und Experimentieren als typische naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden, während Koehler (2015) zwischen den elementaren Erkundungsformen (Betrachten, Beobachten und Untersuchen) und der Arbeit mit der Lupe, dem Mikroskopieren, dem Experimentieren und der Modellbildung unterscheidet. Wellnitz und Mayer (2012, 2013) unterscheiden dagegen zwischen Beobachten, Vergleichen und Experimentieren. Wie bereits aus der Benennung deutlich wird, unterscheiden sich die Methoden, z. B. das Beobachten und das Mikroskopieren, teilweise in der Ebene des wissenschaftlichen Arbeitens. Mayer (2007) unterscheidet in seinem Rahmenkonzept zu den wissenschaftsmethodischen Kompetenzen anhand der Anforderungen, die an die Lernenden gestellt werden, zwischen den Charakteristika der Naturwissenschaften (z. B. Beurteilen der Aussagekraft von Modellen, Grundzüge und Grenzen der Naturwissenschaften), den wissenschaftlichen Arbeitstechniken (z. B. Mikroskopieren, Zeichnen) und den wissenschaftlichen Untersuchungen (z. B. Beobachten, Experimentieren). Diese drei Bereiche der Standards der Erkenntnisgewinnung bringt er mit drei kognitionspsychologischen Kompetenzkonstrukten in Verbindung. So können die Charakteristika der Naturwissenschaften mit dem allgemeinen Wissenschaftsverständnis modelliert werden, die wissenschaftlichen Unter-

suchungen mit dem wissenschaftlichen Denken und die wissenschaftlichen Arbeitsweisen mit den manuellen Fertigkeiten (siehe Abbildung 3).

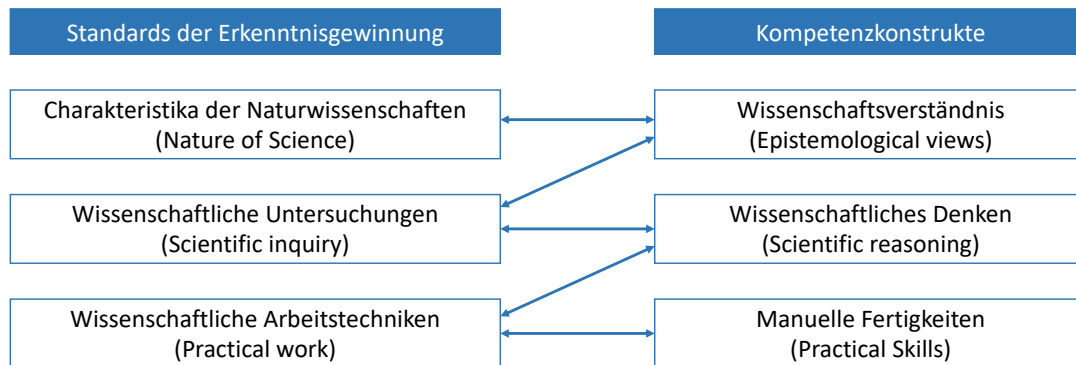


Abbildung 3. Rahmenkonzept wissenschaftsmethodischer Kompetenzen nach Mayer (2007)

Bei den wissenschaftlichen Untersuchungen wenden Personen die hypothetisch-deduktive Vorgehensweise mit verschiedenen naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden an. In der vorliegenden Arbeit liegt der Schwerpunkt exemplarisch auf dem Experiment als Untersuchungsmethode, weshalb auf das Experiment im Folgenden detaillierter eingegangen wird.

Das Experiment ist die naturwissenschaftliche Untersuchungsmethode, um Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu untersuchen (Schulz & Wirtz, 2012; Schulz, Wirtz & Starauschek, 2012). Beim Experimentieren wird gezielt und manipulativ in das zu untersuchende System eingegriffen (Koehler, 2015). Um Ursache-Wirkungs-Beziehungen betrachten zu können, sind drei verschiedene Variablen von Bedeutung (Koehler, 2015; Schulz & Wirtz, 2012; Wellnitz & Mayer, 2013): die unabhängige Variable (Testvariable, potentielle Einflussgröße), die abhängige Variable (Messvariable, Messgröße) und die Kontrollvariablen (Störvariablen, Störgrößen). Die unabhängige Variable wird vom Testleiter gezielt verändert, während alle Kontrollvariablen konstant gehalten werden. Dies ist nötig, um den direkten Effekt der unabhängigen Variable auf die abhängige Variable zu beobachten und zu messen und eine Wechselwirkung mit einer Störvariable (Konfundierung) zu vermeiden (Chen & Klahr, 1999; Schulz et al., 2012; Schwichow, Christoph, Boone & Härtig, 2016; Wellnitz & Mayer, 2013). Dies ist innerhalb eines Experiments möglich, falls alle Variablen außer einer eliminiert werden können und der Einfluss auf die abhängige Variable gemessen werden kann (Variablenkontrollstrategie - within) (Künsting, Thillmann, Wirth, Fischer & Leutner, 2008). Falls nicht alle Variablen eliminiert werden können, wie z. B. die Farbe eines Gegenstandes, dann

sind zwei Ansätze nötig, in denen diese Variablen konstant gehalten werden (Variablenkontrollstrategie - between) (Künsting et al., 2008). Der Experimentalansatz und der Kontrollansatz werden dann bei der Auswertung vergleichend analysiert (Koehler, 2015). Falls man Fragestellungen zu qualitativen Kausalprozessen betrachtet, wird untersucht, ob die unabhängige Variable überhaupt in einem kausalen Zusammenhang mit der abhängigen Variable steht. Bei quantitativen Fragestellungen zu Kausalprozessen wird hingegen betrachtet, wie sich unterschiedliche Werte der unabhängigen Variable auf die Werte der abhängigen Variable auswirken (Grasshoff, Nickelsen & Casties, 2000).

Die beschriebene Strategie wird auch *Variablenkontrollstrategie* oder *fair-testing* genannt (Chen & Klahr, 1999; Schulz et al., 2012; Schwichow, Croker, Zimmerman, Höfler & Härtig, 2016). Die Variablenkontrollstrategie setzt sich nach der Definition von Chen und Klahr (1999) aus vier Teilkonstrukten zusammen:

- Unterscheiden von konfundierten und unkonfundierten Experimenten
- Planen von unkonfundierten Experimenten
- Interpretieren der Ergebnisse von unkonfundierten Experimenten
- Verständnis, dass Ergebnisse konfundierter Experimente keine Aussagekraft besitzen

Die Variablenkontrollstrategie wird beim Experimentieren in allen drei Teilkompetenzen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges eingesetzt. Das Beherrschen der Variablenkontrollstrategie ist nötig, um im Experimentraum des *SDDS-Modells* effektiv nach überprüfbaren Hypothesen zu suchen (Chen & Klahr, 1999; Schwichow & Härtig, 2013). Beim Planen eines Experiments wird die Variablenkontrollstrategie praktisch eingesetzt, während sie beim Interpretieren und Auswerten Auskunft über die Gültigkeit der Experimente gibt und eine Qualitätskontrolle ist (Schwichow & Härtig, 2013). Valide Experimente werden unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie geplant (Chen & Klahr, 1999; Schwichow et al., 2016). Somit ist das Beherrschen der Variablenkontrollstrategie ein wichtiger Schritt bei der Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es in den Naturwissenschaften viele verschiedene wissenschaftliche Untersuchungsmethoden gibt, mittels derer man neue

Erkenntnisse erlangen kann. Das Experiment hat dabei eine herausragende Stellung (Arnold, 2015). Mittels eines Experiments können Ursache-Wirkungs-Beziehungen untersucht werden. Mit der Variablenkontrollstrategie kann begründet werden, warum aus manchen Experimenten kausale Schlüsse gezogen werden dürfen und aus manchen nicht. Begründungen sind Teil von wissenschaftlichen Argumenten. Deshalb wird im nächsten Teilkapitel das wissenschaftliche Argumentieren als Teilaspekt des wissenschaftlichen Denkens erläutert.

2.3. Das wissenschaftliche Argumentieren als Teilaspekt des wissenschaftlichen Denkens

Menschen treffen in ihrem Alltag permanent Entscheidungen und begründen diese. Dabei fällt es ihnen oft schwer, Begründungen auf wissenschaftliche Erkenntnisse und Daten zu beziehen. So haben viele Menschen z. B. im naturwissenschaftlichen Bereich große Probleme, komplexe naturwissenschaftliche Experimente zu planen und die erhaltenen Daten als Entscheidungsgrundlage zu benutzen. Um das Vorgehen der Personen weiter zu untersuchen, stellt sich die Frage, mit welchen Fakten sie ihre Entscheidungen begründen und ob durch die Begründungen schon erste Ansätze des wissenschaftlichen Denkens sichtbar sind. Im folgenden Kapitel wird zuerst das Argumentieren definiert und dann auf das Argumentieren in den Naturwissenschaften eingegangen.

2.3.1. Der Aufbau von Argumenten

In diesem Abschnitt wird das Argumentieren definiert. Dazu werden zuerst verschiedene Anwendungsbereiche des Argumentierens erläutert. Anschließend wird dargestellt, was Argumentieren ist und wie Argumente aufgebaut sind. Abschließend werden positive Effekte des Argumentierens auf das Lernen berichtet.

Die Ursprünge des Argumentierens reichen bis zu Aristoteles zurück, der sich bereits erste Überlegungen zur überzeugenden Rede machte (Budke & Meyer, 2015). Heute wird das Argumentieren in vielen wissenschaftlichen Disziplinen analysiert z. B. in Sprach-, Wirtschafts- oder Rechtswissenschaft ebenso wie in Philosophie, Theologie oder den Naturwissenschaften. So setzt das Handeln als gesellschaftliches Individuum Argumentieren voraus, um unsere individuellen Entscheidungen zu rechtfertigen. Ebenso ist das Argumentieren eine Möglichkeit, sich über verschiedene Überzeugungen auszu-

tauschen und friedlich Konflikte zu lösen (Budke & Meyer, 2015). Argumentationen sind ein Mittel, wissenschaftliche Erkenntnis zu erlangen und über wissenschaftliche Erkenntnisse zu kommunizieren (Budke & Meyer, 2015).

Argumentieren ist nach Kuhn (2000) ein innerer Prozess einer Person, in dem sie entweder in einem *Dialog* individuell mit sich selbst zwischen Pro- und Kontraargumenten abwägt oder diesen Prozess mit anderen Personen schriftlich oder mündlich teilt. Dieser innere, individuelle Prozess ist für das gemeinsame (kollaborative) Argumentieren notwendig. Kollaboratives Argumentieren ist ein Prozess, in dem Argumente zwischen Personen ausgetauscht werden, um andere zu überzeugen oder ein Problem in einer Gruppe zu lösen (Mercier, Boudry, Paglieri & Trouche, 2017). Argumentieren findet somit ständig in unserem sozialen Austausch untereinander statt. Mittels Argumenten werden Behauptungen belegt, d. h. es geht nicht nur darum zu äußern, *was* man denkt, sondern auch darum, *warum* man etwas denkt (Osborne, 2010). Argumentationen unterscheiden sich im mündlichen Austausch von anderen Diskursformen durch ihre Überzeugungsabsicht. Diese Überzeugungsabsicht kann darauf beruhen, dass die anhand von Daten aufgestellten Behauptungen tatsächlich stimmig sind oder darauf, dass die Behauptung zutrifft. Durch die Überzeugungsabsicht entsteht die Möglichkeit für Kontroversen (Aufschnaiter & Prechtel, 2018; Osborne, 2010).

Argumente bestehen immer mindestens aus einer Behauptung (claim) und einer Begründung (justification) (Sampson & Clark, 2008). Die Begründungen können laut Jimenez-Aleixandre und Erduran (2008) theoretischer als auch empirischer Natur sein. Sie werden formal und inhaltlich unterschiedlich klassifiziert. Die Klassifikation nach Toulmin (1996) hat sich im formalen Bereich durchgesetzt. Toulmin (1996) unterscheidet innerhalb einer Argumentation zwischen verschiedenen Argumentationselementen. So enthält jedes Argument eine Behauptung (claim), Fakten (data) und eine Erläuterung (warrant) (Toulmin, 1996). Die Behauptung verdeutlicht die Position der Person, während die Fakten die Evidenz zu der Behauptung sind. Die Erläuterungen stellen dann die logische Verbindung zwischen der Behauptung und den Daten her und präsentieren somit den Grund, warum die Behauptung gültig ist (Weinberger & Fischer, 2006). Ebenso können Argumente Einwände (rebuttal) und Stützungen (backing) enthalten (Toulmin, 1996).

Neben einer rein formalen Analyse von Argumenten ist aus naturwissenschaftlicher Sicht auch eine inhaltliche Analyse sinnvoll. Durch diese kann ein Bezug zu

fachinhaltlichen und fachmethodischen Aspekten hergestellt werden (Aufschnaiter & Prechtel, 2018). Dies ist besonders bei der Analyse der Begründungen möglich. Begründungen sind der Teil der Argumente, die darstellen, warum die genannten Daten als Evidenz für eine Behauptung gelten können. An ihnen kann die Qualität der Argumente analysiert werden (Ryu & Sandoval, 2012). Hierbei wird der Fokus mehr auf die epistemische Dimension gelegt und betrachtet, wie Personen ihr Wissen konstruieren (Weinberger & Fischer, 2006). Sampson und Clark (2008) unterscheiden in ihrer Arbeit drei unterschiedliche Ansätze zur Analyse von Begründungen:

- Eine formale, strukturelle Analyse, bei der anhand von Schemata die einzelnen Komponenten von Argumentationen untersucht werden wie bei Toulmin (1996),
- eine inhaltliche Analyse, bei der die fachliche Richtigkeit betrachtet wird und
- eine Analyse der Natur der Begründungen, d. h. wie die Behauptungen durch die Begründungen unterstützt werden (*nature of justification of a claim*).

Menschen lernen durch das Anwenden von Argumenten, fachliche Inhalte zu bewerten und sich selbstständig eine Meinung zu bilden (Petrik, 2007). So können sie eine andere Meinung als die eigene kennenlernen, auf diese Bezug nehmen und bewerten. Lernende gewinnen durch das Argumentieren mehr Sicherheit in ihrem Vorwissen (Aufschnaiter, Erduran, Osborne & Simon, 2007) und können das neue Wissen an ihr bereits vorhandenes Wissen anknüpfen. Somit fördert das Argumentieren das konzeptuelle Wissen der Lernenden (Clark & Sampson, 2008; Duschl & Osborne, 2002; Driver, Newton & Osborne, 2000). Wuttke (2005) zeigt in ihrer Arbeit zu verschiedenen Formen der Unterrichtskommunikation, dass beim Argumentieren viele Möglichkeiten bestehen, an das Vorwissen anzuknüpfen und somit das Verständnis zu fördern. Zusätzlich zum konzeptuellen Wissen bietet das Argumentieren auch Möglichkeiten, über die Natur der Naturwissenschaften nachzudenken und wissenschaftliches Denken zu lernen (Budke & Meyer, 2015). So erlernen Personen beim Argumentieren in Gruppen, ihre Behauptungen mit Evidenzen zu begründen, und es werden höhere kognitive Prozesse angeregt (Jimenez-Aleixandre & Erduran, 2008).

Alles in allem lässt sich sagen, dass jedes Argument aus einer Behauptung und einer Begründung besteht und Argumentieren in vielen Situationen in unserem Alltag nötig ist. Um Argumente zu analysieren, kann zwischen einer formalen und einer inhaltlichen Analyse unterschieden werden. In der vorliegenden Arbeit liegt der Schwerpunkt

auf der inhaltlichen Analyse der Begründungen, bei der die fachmethodische Richtigkeit in Bezug auf das wissenschaftliche Denken bzw. die Variablenkontrollstrategie betrachtet wird. Dabei wird nach verschiedenen Arten von Begründungen unterschieden. Im folgenden Abschnitt wird auf das Argumentieren in den Naturwissenschaften eingegangen und das Experimentieren als Argumentationsgelegenheit erläutert.

2.3.2. Argumentieren in den Naturwissenschaften

In diesem Abschnitt wird zuerst darauf eingegangen, welche Bedeutung das Argumentieren in den Naturwissenschaften hat, um eine Grundlage für eine inhaltliche Analyse naturwissenschaftlicher Begründungen zu legen. Anschließend wird das Experiment als ein *natural locus* für das Argumentieren beschrieben und es werden Möglichkeiten des Argumentierens während des Experimentierens aufgezeigt.

Argumentationen als wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise haben eine verbindende Funktion beim Auswerten von Experimenten (Wellington & Osborne, 2001). So werden beim Ziehen von Schlussfolgerungen Behauptungen aufgestellt, die anschließend mit den Daten aus Beobachtungen erläutert werden. Ebenso werden Argumentationen auch bei Bewertungsprozessen z. B. zur Gültigkeit von Verallgemeinerungen benutzt (Aufschnaiter & Prechtel, 2018). Eben durch diese Diskussionen, z. B. warum eine Verallgemeinerung zulässig ist und eine andere nicht, können Personen einen inhaltlichen Sachverhalt besser verstehen. Beim Argumentationsprozess wird somit eine Verbindung zwischen der zu Beginn aufgeworfenen Hypothese und den Daten hergestellt (Gott & Duggan, 2007). Wegen der Bedeutung in den Naturwissenschaften und für den sozialen Austausch wird Argumentieren als Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts gesehen (Kultusministerkonferenz, 2005a, 2005b, 2005c; Naylor, Keogh & Downing, 2006).

Beim Experimentieren als naturwissenschaftliche Untersuchungsmethode werden die beiden formalen Hauptelemente Behauptung und Begründung *in situ* produziert (Ludwig, 2017). Die gewonnenen Daten können als Begründungen für die a priori beziehungsweise a posteriori aufgestellten Behauptungen, die Hypothesen, gelten. Diese beiden Elemente zueinander in Beziehung zu setzen, wird als Argumentationsprozess gesehen (Gott & Duggan, 2007). Naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden und dabei besonders das Experiment bilden einen *natural locus* für das Argumentieren (Kind, Kind, Hofstein & Wilson, 2011). Alle drei zentralen Teilkompetenzen des Experimentierens bieten Möglichkeiten zum Argumentieren. Lernende können z. B. beim Formulieren

von Hypothesen mit zwei widersprechenden Hypothesen konfrontiert werden, die sie dazu bringen, unterschiedliche Experimente durchzuführen und über diese zu diskutieren (Kind et al., 2011). Ebenso können Lernende beim Planen von Experimenten über verschiedene Vorgehensweisen sprechen und ihr Vorgehen mit Theorien begründen. Sie können beispielsweise ihr geplantes Vorgehen mit der Variablenkontrollstrategie begründen. Beim Auswerten und Interpretieren gibt es auch Gelegenheiten zum Argumentieren. Das Verbinden der Hypothese mit den Daten kann als Argumentationsprozess verstanden werden (Gott & Duggan, 2007). Ebenso kann über das methodische Vorgehen beim Experimentieren und die daraus resultierenden Schlüsse argumentiert werden (Kind et al., 2011). Lernende können mit Hilfe der Variablenkontrollstrategie argumentieren, warum aus manchen Experimenten (konfundierte Experimente) keine kausalen Schlüsse gezogen werden können. Lunetta, Hofstein und Clough (2007) bezeichnen das Argumentieren als ein Ziel des Experimentierens. Trotz des großen didaktischen Potentials in allen drei Teilkompetenzen des Experimentierens wird das Experiment selten als Argumentationsgelegenheit eingesetzt (Ludwig, 2017). So zeigen Watson, Swain und McRobbie (2004), dass beim Experimentieren fast nie argumentiert wird. Ähnliche Ergebnisse berichten auch Kind et al. (2011). In ihrer Studie verglichen sie Ansätze, in denen Lernende während des praktischen Experimentierens argumentieren sollten, mit einem Ansatz, in dem die Lernenden Daten bereits durchgeführter Experimente diskutieren sollten. Lernende, die nicht praktisch experimentierten, schnitten hier am besten ab. Kind et al. (2011) kommen zu dem Ergebnis, dass das eigenständige Durchführen von Experimenten das Argumentieren nicht automatisch fördert. Lernende benötigen dazu Unterstützungen z. B. durch Scaffolding Maßnahmen (Kim & Song, 2006; Kind et al., 2011).

Die Teilkompetenz *Planen von Experimenten* ist derjenige Schritt im Experimentierprozess, in dem das methodische Wissen der Lernenden ihre Entscheidungen beeinflusst (Hammann et al., 2008). Somit kann mittels der Begründungen bei dieser Teilkompetenz das methodische Wissen der Lernenden betrachtet werden. In der vorliegenden Arbeit dient bei der Analyse der Begründungen das Kategoriensystem von Edelsbrunner (2017) als Grundlage und wird durch weitere Kategorien bezüglich der Variablenkontrollstrategie erweitert.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Argumentieren ein Teilaspekt des wissenschaftlichen Denkens nach Fischer et al. (2014) ist und Argumente die Möglichkeit

bieten, inhaltliches und methodisches Wissen gleichzeitig zu erlernen. Sie bestehen immer aus einer Behauptung und einer Begründung. Durch die Analyse der Begründungen können typische Schülerinnen- und Schülerfehlvorstellungen bezüglich der Variablenkontrollstrategie untersucht und aufbauend darauf Interventionsmöglichkeiten entwickelt werden.

3. Das wissenschaftliche Denken lernen

Das wissenschaftliche Denken ist eine kognitive Fähigkeit, die Menschen in Problemsituationen anwenden, um begründet Entscheidungen zu fällen. Ab welchem Alter können Kinder und Jugendliche wissenschaftliches Denken erlernen und in welchen Kontexten erhalten Kinder und Jugendliche Möglichkeiten, diese Kompetenzen zu erlernen? Welche Lernumgebungen unterstützen die Kinder beim Erlernen des wissenschaftlichen Denkens und welche Probleme haben sie dabei? Auf diese Fragen wird im anschließenden Kapitel eingegangen. Zu Beginn wird dargestellt, dass naturwissenschaftliche Lehrpläne und Bildungspläne wissenschaftliche Untersuchungen (z. B. Experimente) beinhalten, die über das Kompetenzkonstrukt des wissenschaftlichen Denkens modelliert werden. Dann werden die Aspekte der wissenschaftlichen Untersuchungen erläutert, die die Schülerinnen und Schüler in der Schule erlernen sollen. Anschließend wird anhand der drei zentralen Teilkompetenzen der naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden dargestellt, wann Kinder welche Teilkompetenzen des wissenschaftlichen Denkens erlernen können und wie Lernumgebungen gestaltet sein sollten. Am Ende wird erläutert, welche Schwierigkeiten die Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren und bei der Anwendung der Variablenkontrollstrategie haben.

Bei der Betrachtung, ab wann Kinder Kompetenzen des wissenschaftlichen Denkens erlernen können, liegt der Schwerpunkt auf der entwicklungspsychologischen Sichtweise, die sich seit geraumer Zeit mit dieser Frage beschäftigt. Die Entwicklungspsychologen betrachten dabei das formale wissenschaftliche Denken ohne einen expliziten Bezug zu einer Domäne.

3.1. Das wissenschaftliche Denken in der Schule erlernen

Wie in Kapitel 2 erläutert, benötigen Schülerinnen und Schüler die Kompetenzen des wissenschaftlichen Denkens in vielen Problemsituationen und besonders in den Naturwissenschaften. Es stellt sich die Frage, was Schülerinnen und Schüler in den Schulen

bezüglich des wissenschaftlichen Denkens erlernen. Im Anschluss werden zuerst die Anforderungen der naturwissenschaftlichen Lehr- und Bildungspläne an die Lernenden erläutert. Dann wird dargestellt, was die Lernenden während des Experimentierens lernen sollen.

In den Bildungsstandards werden die Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler in ganz Deutschland zum Ende des mittleren Schulabschlusses (Jahrgangsstufe 10) formuliert. Die Erkenntnisgewinnung bildet einen der vier Kompetenzbereiche der nationalen Bildungsstandards in den Naturwissenschaften (Kultusministerkonferenz, 2005a). Der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung beinhaltet neben grundlegenden Untersuchungsmethoden der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung wie z. B. Beobachten, Vergleichen oder Experimentieren auch Hinweise zum hypothesengeleiteten Arbeiten. Die Beschreibung des hypothesengeleiteten Arbeitens entspricht dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg (Kultusministerkonferenz, 2005a). Die Schülerinnen und Schüler wenden somit am Ende der zehnten Klasse „Schritte aus dem experimentellen Weg der Erkenntnisgewinnung zur Erklärung an“ (Kultusministerkonferenz, 2005a, S. 14) und erlernen naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden. Da laut Mayer (2007) naturwissenschaftliche Untersuchungen mit dem Kompetenzkonstrukt des wissenschaftlichen Denkens modelliert werden, erlernen die Schülerinnen und Schüler bis zum Ende der zehnten Klasse Aspekte des wissenschaftlichen Denkens beziehungsweise die Variablenkontrollstrategie.

Neben den Bildungsstandards fordert auch der Perspektivrahmen Sachunterricht der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) eine frühe Beschäftigung mit den naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, dem Argumentieren und der Variablenkontrollstrategie (GDSU, 2013). Der Perspektivrahmen Sachunterricht weist darauf hin, dass die Schülerinnen und Schüler „Vorstellungen und Vermutungen entwickeln, sprachlich verständlich darstellen und miteinander vergleichen; dabei auswählen, begründen und argumentieren, was besonders überzeugt und warum“ (GDSU, 2013, S. 42) können sollen. Die Schülerinnen und Schüler können am Ende der Grundschule ebenso „die Notwendigkeit der Evidenzprüfung durch Anwendung naturwissenschaftlicher Verfahren erkennen und diese anwenden“ (GDSU, 2013, S. 39). Sie können „die Bedeutung von gezielter Parametervariation bei Versuchen verstehen und solche Variablenveränderungen selbstständig durchführen“ (Variablenkontrollstrategie) (GDSU, 2013, S. 40). Somit erlernen Schülerinnen und Schüler bereits in der Grundschule erste

Kompetenzen des wissenschaftlichen Denkens und erweitern diese bis zum Ende des mittleren Schulabschlusses. Neben deutschen Standards fordern z. B. auch die Next Generation Science Standards (NGSS, 2013) grundlegende Elemente der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und legen hier einen Schwerpunkt auf das Entwickeln von Erklärungen und die Evaluation der Untersuchungen.

Wie bereits in Abschnitt 2.2.3 dargestellt, können die Anforderungen in den Lehr- und Bildungsplänen anhand des Rahmenkonzepts der wissenschaftsmethodischen Kompetenzen von Mayer (2007) den drei Bereichen *Charakteristika der Naturwissenschaften*, *wissenschaftliche Untersuchungen* und *wissenschaftliche Arbeitstechniken* zugeordnet werden. Der Bereich *wissenschaftliche Untersuchungen* beinhaltet naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden wie das Experimentieren sowie die Schritte des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges und kann mittels des Konstrukts des wissenschaftlichen Denkens modelliert werden.

Studien, die die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler überprüfen, unterscheiden sich oftmals darin, welche Aspekte die Schülerinnen und Schüler innerhalb der drei zentralen Teilkompetenzen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges beherrschen sollen. Im Folgenden werden einige dieser Aspekte dargestellt.

So stellen Lernende nach den Berichten vieler Studien zu Beginn anhand naturwissenschaftlicher Beobachtungen adäquate Fragestellungen auf (Arnold, Kremer & Mayer, 2013; Harwood, 2004; Hofstein, Navon, Kipnis & Mamlok-Naaman, 2005; Vorholzer, 2016; Wellnitz & Mayer, 2013) und formulieren dazu passende überprüfbare Hypothesen. Bei einem unkonfundierten Experiment bedeutet dies, dass sie die abhängige und unabhängige Variable benennen und diese in einen *wenn-dann* Zusammenhang bringen (Mayer, Grube & Möller, 2008; Phillips & Germann, 2002). Beim Aufstellen der Hypothesen beziehen sich die Lernenden auf ihr Vorwissen (Klahr & Dunbar, 1988).

Anschließend planen die Lernenden ihr Vorgehen und entscheiden sich für eine passende naturwissenschaftliche Untersuchungsmethode. Arnold et al. (2013) nennen für die Teilkompetenz *Planen und Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* folgenden Kompetenzaspekte beim Experimentieren: abhängige Variable, unabhängige Variable, Störvariablen, Messzeiten und Wiederholungen. Vorholzer (2016) nennt die Fähigkeiten, die die Lernenden beim Experimentieren aufweisen sollen. Er nennt bei der Teilkompetenz *Planen und Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* folgende Fähigkeiten: „Die Lernenden planen ein inhaltlich zu einer

Fragestellung/Vermutung/Hypothese passendes Experiment, identifizieren abhängige, unabhängige und Kontrollvariablen in einem Experiment und planen im Hinblick auf die Variablenkontrolle angemessene Experimente“ (Vorholzer, 2016, S. 17). Ebenso werden laut Wellnitz und Mayer (2013) die Testzeiten und die Wiederholungen festgelegt. Somit sehen es die Autorinnen und Autoren als notwendig an, dass die Schülerinnen und Schüler die Aspekte der Variablenkontrollstrategie erlernen. Für das praktische Durchführen der Experimente sind neben dem wissenschaftlichen Denken auch noch manuelle Fertigkeiten wie das Messen oder der Umgang mit dem Untersuchungsobjekt entscheidend. Diese manuellen Fertigkeiten werden meist in *practical assessments* erfasst. In der vorliegenden Arbeit wird bei dieser Teilkompetenz nur das Planen erfasst, da keine *practical assessments* durchgeführt werden.

Abschließend werden die Daten erst objektiv beschrieben und dann im Hinblick auf die Hypothese ausgewertet (Beaumont-Walters & Soyibo, 2001; Klos, 2009; Temiz, Taşar & Tan, 2006; Wellnitz & Mayer, 2013). Weiterhin wird das gesamte methodische Vorgehen noch einmal betrachtet und überlegt, ob aus den Daten diese Schlussfolgerung gezogen werden kann (Mayer & Ziemek, 2006; Wellnitz & Mayer, 2013). Beim Experimentieren bedeutet dies, dass die Lernenden den genauen Aufbau des Experiments betrachten und überprüfen, ob nur eine Variable verändert wurde und somit die kausale Hypothese mittels dieses Experiments beantwortet werden kann (Variablenkontrollstrategie).

Unterrichtsbeobachtungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts machen sichtbar, dass die Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren oftmals kochrezeptartige Anleitungen abarbeiten. Sie denken dabei selten über den Sinn und Zweck der Experimente nach (Kizil & Kattmann, 2014). So wird im Unterricht insgesamt wenig Zeit in das Planen und Begründen sowie das Auswerten und Interpretieren eines Experiments investiert (Mayer, 2004).

Es besteht weder national noch international Einigkeit darüber, welche Aspekte oder Fähigkeiten zu jeder Teilkompetenz gehören, da diese Fähigkeiten oft implizit bleiben und unter unterschiedlichen Schlagwörtern genannt werden (Vorholzer, 2016). In der vorliegenden Arbeit werden aufbauend auf dem *SDDS-Modell*, dem Kompetenzmodell zum wissenschaftlichen Denken nach Mayer (2007) und der Definition von Chen und Klahr (1999) zur Variablenkontrollstrategie folgende Aspekte betrachtet:

- Entwickeln von naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Hypothesen
 - Unterscheiden zwischen prüfbar und nicht prüfbar Hypothesen
 - Formulieren von Vermutungen/Hypothesen zu einer gegebenen Fragestellung
- Planen und Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen
 - Auswählen eines inhaltlich zu einer Fragestellung/Vermutung/Hypothese passenden Experiments
 - Planen eines im Hinblick auf die Variablenkontrollstrategie angemessenen Experiments
- Auswerten und Interpretieren von Daten
 - Auswerten von Ergebnissen
 - Unterscheiden zwischen Beobachtung und Deutung
 - Identifizieren von zulässigen und unzulässigen Interpretationen

Wie dargestellt wurden die erforderlichen Kompetenzen der Lernenden während des naturwissenschaftlichen Experimentierens schon intensiv untersucht. Es stellt sich jedoch immer noch die Frage, ab welchem Alter die Kinder bereits fähig sind, diese Kompetenzen zu erlernen. Diese Frage wird im folgenden Abschnitt behandelt.

3.2. Entwicklung der Teilkompetenzen des wissenschaftlichen Denkens

Eine in der Entwicklungspsychologie diskutierte Frage ist, ob Kinder zu wissenschaftlichem Denken in der Lage sind und ab welchem Alter es möglich ist, die Kinder gezielt an das wissenschaftliche Denken heranzuführen. Ziel dieses Teilkapitels ist es, zu zeigen, dass bereits Kinder im Vor- bzw. Grundschulalter Teilkompetenzen des wissenschaftlichen Denkens erlernen können. Dazu wird zunächst auf die Positionen eingegangen, die Kindern Fähigkeiten des wissenschaftlichen Denkens eher absprechen. Anschließend wird die aktuell öfter vertretene Gegenposition vorgestellt, bevor dann die Argumente, die für die Fähigkeit des wissenschaftlichen Denkens im Kindesalter sprechen, in der Abfolge der drei zentralen Teilkompetenzen dargestellt werden.

Inhelder und Piaget postulieren in ihrer Theorie der Denkentwicklung von 1958, dass sich jegliches formal-operatorische Denken, welches als Voraussetzung für das

wissenschaftliche Denken gilt, erst in der sogenannten Phase der formalen Operationen entwickelt, die ungefähr im Alter von 12 Jahren eintritt (Piaget & Inhelder, 1958). Das heißt, dass nach dieser Sichtweise wissenschaftliches Denken in der kindlichen Entwicklung nicht vor der frühen Adoleszenz auftritt. Piaget stützte seine Annahmen durch empirische Untersuchungen. Eine der bekanntesten Aufgaben bezog sich auf ein Pendel. Hier sollte die kausale (unabhängige) Variable herausgefunden werden (d. h. ob die Pendelfrequenz durch das Gewicht des Pendels oder durch die Länge der Schnur bestimmt wird). Das Ergebnis dieser Untersuchung war, dass die meisten Kinder eher ein konfundiertes Experiment durchführten und meist nur ungültige und oft widersprüchliche Schlussfolgerungen zogen. Jugendliche und Erwachsene hingegen bevorzugten das systematische und isolierte Testen der kausalen Hypothese. Diese Ergebnisse stützten Piagets Annahme, dass Kinder vor der Phase der formalen Operationen noch nicht über ausreichend kognitive Fähigkeiten verfügen, um Hypothesen über eine Ursache-Wirkungs-Beziehung aufzustellen und in einem Experiment zu testen (Piaget & Inhelder, 1958).

Kuhn und Pearsall (2000) zeigen an einer Studie mit vier- bis sechsjährigen Kindern, dass diese vorhandene Evidenz nicht nutzen, um eine Behauptung zu bestätigen oder zu widerlegen, was zu der Annahme führt, dass Kinder nicht mit Evidenzen und Hypothesen agieren und diese folglich nicht unterscheiden können (Kuhn & Pearsall, 2000). Kuhn ist der Meinung, dass das Streben nach Wissen in der Entwicklung von Kindern ein wichtiger Antrieb ist, es aber im Gegensatz zum gezielten Forschen eines Wissenschaftlers spielerisch und ohne Absicht erfolgt (Kuhn, 1989, 2014).

Neueste Untersuchungen fanden im Gegensatz dazu immer mehr Anhaltspunkte dafür, dass die kindlichen Kompetenzen des wissenschaftlichen Denkens früher weit unterschätzt wurden und das wissenschaftliche Denken mit dem Lernen in der frühen Kindheit in Verbindung gebracht werden kann (Gopnik, 2012; Zimmerman, 2007). Dies beschreiben Schulz, Kushnir und Gopnik (2007) wie folgt: „the most fascinating thing about science may be its connection to human learning in general and in particular to the rapid, dramatic learning that takes place in early childhood“ (Schulz et al., 2007, S. 67). Es wird dadurch begründet, dass das Lernen von Kindern in gewisser Hinsicht dem wissenschaftlichen Aufstellen einer Theorie gleicht. Bei beiden Prozessen wird Evidenz bewusst genutzt, um Theorien zu bestätigen, zu widerlegen oder zu revidieren (Schulz et al., 2007; Schulz, 2012). Die Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens geschieht

nicht, wie Piaget annahm, als qualitativer Wandel von Phasen, sondern ist vielmehr als gradueller Aufbau unterschiedlicher Teilkompetenzen zu verstehen (Buchanan & Sobel, 2011; Koerber et al., 2015), von denen sich viele vor allem in der Grundschulzeit ausbilden (Bullock, Sodian & Koerber, 2009; Saffran, 2016).

Insgesamt gibt es noch nicht genügend Belege über das Ausmaß und die Art der Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens im Kindesalter. Da davon ausgegangen wird, dass das wissenschaftliche Denken bei Kindern als Voraussetzung für einen inhaltlichen Wissenserwerb nötig ist, wird die Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens im Folgenden genauer betrachtet (Sodian, 2001; Zimmerman, 2007). Im anschließenden Abschnitt werden die Forschungsergebnisse, die Anhaltspunkte dazu liefern, dass wissenschaftliches Denken bereits vor der Phase der formalen Operationen bei Kindern möglich ist, nach den drei zentralen Teilkompetenzen aufgeteilt dargestellt.

Entwickeln von naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Hypothesen Vorhandene Evidenzen spielen für Kinder eine bedeutende Rolle bei der Suche nach einer Hypothese über zusammenhängende Variablen. Wie Ruffman, Perner, Olson und Doherty (1993) in ihrer Studie zeigen, verfügen Sechsjährige über das Verständnis, dass Evidenz und Daten, die einer Person zu Verfügung stehen, ihre zukünftigen Überzeugungen beeinflussen. Die Kinder sagen vorher, dass eine Person, die einen manipulierten Ausschnitt der Evidenz beobachtet, zu einer Hypothese gelangen wird, die nicht der Wahrheit entsprechen wird. Dies ist der Fall, da die Hypothese auf der für die Person ersichtlichen Evidenz beruht. Koerber, Sodian, Thoermer und Nett (2005) replizieren diese Kompetenz bei Vierjährigen und stellen fest, dass diese bei fast perfekten Daten dazu fähig waren, einer Person eine andere Überzeugung zu unterstellen, entsprechend der für sie ersichtlichen Daten.

Somit lässt sich sagen, dass bereits junge Kinder verstehen, dass Evidenz für das Aufstellen einer Hypothese genutzt wird.

Planen und Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen Bei der Suche nach einem passenden Experiment zu einer Hypothese ist das Ziel, welches mit der Durchführung eines Experiments erreicht werden soll, eine Hypothese zu testen und nicht, einen gewünschten Effekt (= Ergebnis) zu produzieren. Die Fähigkeit, ein solches Experiment (oder Hypothesentest) auszuwählen und folglich zwischen Effektproduktion und Hypothesentest zu unterscheiden, wurde bei Grundschulkindern bereits

des Öfteren nachgewiesen. Sodian, Zaitchik und Carey (1991) zeigen in ihrer Studie beispielsweise, dass bereits 86 Prozent der Zweitklässler bei einfachen Aufgaben zwischen Hypothesenprüfung und Effektproduktion unterscheiden können und gezielt die jeweils passende Vorgehensweise auswählen können. Hier schließen sich die Ergebnisse von Piekny und Maehler (2012) an. Bei Sechsjährigen fanden sie die Fähigkeit, zwischen einem Hypothesentest und dem Herbeiführen eines positiven Ergebnisses zu unterscheiden. Croker und Buchanan (2011) veränderten in ihrer Studie den Ausgang (gut vs. schlecht) des Experiments und die Plausibilität der Informationen, mit denen die Kinder konfrontiert wurden, um die Teststrategien der Kinder zu untersuchen. Als guter Ausgang wurden gesunde Zähne angeführt, als schlechter Ausgang ungesunde Zähne. Plausible Hypothesen für die Kinder glichen ihren Vorannahmen, d. h. eine konsistente Information war beispielsweise, dass Milch gesunde Zähne verursacht und Cola ungesunde. In jeder Altersgruppe hatten die beiden Faktoren (Plausibilität und Art des Ausgangs) Einfluss auf die von den Kindern angewandte Teststrategie. So wählen Vierjährige einen angemessenen Hypothesentest aus, wenn die Hypothese mit ihrer eigenen Überzeugung übereinstimmt und der Ausgang gut ist. Vierjährige können ebenso eine Variable isolieren, wenn die Hypothese mit ihrer eigenen Überzeugung inkonsistent und der Ausgang schlecht ist. Unter den jeweils anderen Bedingungen (konsistent und schlechter Ausgang oder inkonsistent und guter Ausgang) gelingt es ihnen jedoch nicht, die Hypothese zu testen. Die Kinder tendieren stattdessen eher dazu, einen positiven Ausgang herbeizuführen. Dies führt zu der Annahme, dass die Vorschulkinder noch nicht zwischen dem Zweck eines Hypothesentests und dem Zweck, einen guten Ausgang herbeizuführen, unterscheiden können und Kinder ab circa sechs Jahren den Unterschied zwischen Effektproduktion und Hypothesenprüfung verstehen können (Croker & Buchanan, 2011).

Croker und Buchanan (2011) belegen in ihrer Studie ebenso, dass Kinder von drei bis elf Jahren beim Testen von Hypothesen von ihren bereits vorhandenen Überzeugungen beeinflusst werden. Ältere Kinder begründen ihre Wahl eines Hypothesentests häufiger mit Bezug auf die Evidenz, während jüngere Kinder vermehrt mit ihrer eigenen Überzeugung argumentierten. Diese Argumentationsstrategien wurden jedoch nicht weiter untersucht oder kategorisiert.

Bullock und Ziegler (1999) fanden in ihrer Längsschnittstudie Belege dafür, dass Grundschulkindern bereits kontrollierte Experimente präferieren. Sie verglichen

Aufgaben, in denen die Probanden spontan Experimente produzieren mussten mit Aufgaben, bei denen die Probanden zwischen verschiedenen Antworten wählen konnten. Beim selbstständigen Planen isoliert und manipuliert die Mehrheit der Dritt- und Viertklässler die unabhängige Variable und produziert so einen spontanen kontrastiven Test. Die Schülerinnen und Schüler berücksichtigen dabei aber meist nicht, dass die anderen Variablendimensionen (Störvariablen) konstant gehalten werden müssen. In der fünften Klasse planen etwa ein Drittel der Probanden spontan ein einfaches kontrolliertes Experiment und im Alter von 17 Jahren produzieren circa 80 Prozent ein einfaches kontrolliertes Experiment (Sodian & Mayer, 2013). Bei Aufgaben, bei denen die Probanden zwischen verschiedenen Antworten auswählen können, wählen 30 Prozent der Drittklässler, 60 Prozent der Viert- und Fünftklässler und 80 Prozent der Sechstklässler ein kontrolliertes Experiment aus. Sie konnten ihre Wahl zum Großteil auch korrekt begründen.

Schwichow und Nehring (2018) zeigen in ihrer Reanalyse von zwei Datensätzen, dass die Varianz der Leistungen der Kinder bezüglich der Variablenkontrollstrategie ausschließlich über die Varianz der Leistungen der Kinder bezüglich ihres Fachwissens erklärt wird. Diese Ergebnisse bleiben auch unter Kontrolle der kognitiven Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler konstant. Schwichow und Nehring (2018) weisen darauf hin, dass das Fachwissen der Kinder in Bezug auf das Erlernen der Variablenkontrollstrategie bzw. des wissenschaftlichen Denkens genauer betrachtet werden sollte.

Zusammenfassend lässt sich somit sagen, dass Kinder bereits ab dem Alter von sechs Jahren zwischen einem Hypothesentest und einer Effektproduktion unterscheiden können und schon Grundschulkindern über ein implizites Verständnis der Variablenkontrollstrategie verfügen und die Entwicklung des expliziten Verständnisses beginnt (Sodian & Mayer, 2013). Unter implizitem Wissen wird Wissen verstanden, das man anwenden kann, ohne erklären zu können, wie und warum man es getan hat (Kluwe, 2006). Somit können Kinder mit einem impliziten Verständnis der Variablenkontrollstrategie diese intuitiv anwenden, aber ihre Entscheidungen noch nicht auf Grundlage der Variablenkontrollstrategie begründen. Wenn Kinder ihre Entscheidungen auch mit Bezug auf die relevanten Faktoren erläutern können, besitzen sie ein beginnendes explizites Verständnis (Sodian & Mayer, 2013).

Auswerten und Interpretieren von Daten Viele Studien untersuchten bisher, wie Kinder Evidenz bewerten, auswerten und anschließend nutzen. In einer Studie von Schulz et al. (2007) wurde untersucht, wie Vorschulkinder reagieren, wenn Evidenz konfundiert ist (z. B. war es unklar, welcher Hebel welchen Effekt auslöste). Hier wurden Belege für die Annahme gefunden, dass in denjenigen Fällen, in denen Kindern kausal konfundierte Evidenz präsentiert wurde, sie diese im Explorationsspiel bevorzugen. Die Kinder waren sogar dazu in der Lage, durch das spontane Explorieren die kausale Variable korrekt zu identifizieren. Gefolgert wurde, dass konfundierte Objekte spannender bzw. überraschender sind und dass die Kinder vermehrt explorieren, um zu mehr Informationen bezüglich der kausalen Struktur zu gelangen (z. B. herausfinden, welcher Hebel welchen Effekt verursacht). Dies wurde als Beleg dafür gesehen, dass die Kinder zwischen konfundierter und eindeutiger Evidenz unterscheiden können (Schulz et al., 2007).

In mehreren Studien wurde zudem untersucht, wie sich Kinder verhalten, wenn sich Evidenz inkonsistent zu ihren vorherigen Annahmen verhält (z. B. lernten die Kinder zunächst, dass alle grünen Objekte einen Leuchteffekt verursachten, doch dann kommt ein neues nicht leuchtendes grünes Objekt dazu). Bonawitz, Schijndel, Friel und Schulz (2012) zeigen, dass Vorschulkinder vermehrt explorierten, wenn man ihnen inkonsistente Evidenz präsentierte. Sie folgern daraus, dass die Kinder somit auch zwischen konsistenter und inkonsistenter Evidenz unterscheiden können (Bonawitz et al., 2012). Auch Legare (2012) untersuchte das kindliche Explorationsspiel bei inkonsistenter Evidenzlage. Sie stellt fest, dass das Explorations- und Hypothesentestverhalten davon abhängt, wie sich die Vorschulkinder zuvor die inkonsistente Evidenz erklären (z. B. ob die Kinder vermuten, dass das neue grüne Objekt kaputt ist).

Die kindliche Nutzung von Evidenz wurde meist mithilfe von Kovariationsdaten (*covariation data*) erhoben. Der Begriff der Kovariation wird zur Beschreibung gebraucht, inwieweit zwei Variablen zusammenhängen oder variieren (Saffran, 2016). Dies wird in Studien beispielsweise durch die Präsentation von zusammenhängender Evidenz operationalisiert (z. B. grüne Objekte verursachen immer einen Leuchteffekt). Um zu untersuchen, wie Kinder Evidenz nutzen können, war von Interesse, wie die Kinder mit der zusammenhängenden Evidenz umgehen und ob sie akkurate und kausale Schlussfolgerungen ziehen und Interpretationen darbieten können. Wie Saffran (2016) in einer Studie herausfand, verfügen Grundschulkinder früher als bisher angenommen über

grundlegende Fähigkeiten, komplexe Zusammenhangsmuster von Daten zu interpretieren. Die Interpretationen der Kinder wurden jedoch stets von den Aufgabenmerkmalen der Daten (z. B. Komplexität der Aufgabe, Vorerfahrung zu dem Thema) beeinflusst (Masnick & Morris, 2008; Saffran, 2016). Die Fähigkeit, kausale Schlussfolgerungen zu ziehen, wurde auch bei Vorschulkindern gefunden. Sogar Vorschul Kinder waren fähig, auf das kausale Objekt (Blume A) eines Effektes (Niesen einer Handpuppe) rückzuschließen (Gopnik & Sobel, 2000; Sandoval, Sodian, Koerber & Wong, 2014; Schulz & Gopnik, 2004).

So können Vorschul Kinder im Explorationsspiel nicht nur zwischen konfundierter und eindeutiger Evidenz unterscheiden, sondern auch zwischen Interventionen im experimentellen Design, die entweder einen Informationsgewinn mit sich brachten oder nicht (Cook, Goodman & Schulz, 2011; Schulz & Wirtz, 2012; Schulz et al., 2007). Diese Befunde sind als Beleg dafür zu sehen, dass Kinder sensitiv für die Zweideutigkeit von Evidenz sind (Schulz & Wirtz, 2012), was wiederum eine essentielle Voraussetzung ist, konfundierte Evidenz zu erkennen und somit damit argumentieren zu können.

Zusammenfassend über alle drei Teilkompetenzen lässt sich sagen, dass Kinder bereits im Alter von vier bis zehn Jahren viele Kompetenzen des wissenschaftlichen Denkens entwickeln und Kinder folglich früh erlernen können, ihre Entscheidungen wissenschaftlich zu begründen. Lazonder und Kamp (2012) weisen darauf hin, dass sich die Fähigkeit, Experimente zu entwickeln und durchzuführen, ohne Unterstützung sehr langsam entwickelt. Aufbauend auf diese Erkenntnisse stellt sich die Frage, wie solche Lernsettings gestaltet sein sollten, damit die Kinder und Jugendlichen am besten lernen.

3.3. Förderliche Faktoren beim Erlernen des wissenschaftlichen Denkens und der Variablenkontrollstrategie

Schülerinnen und Schüler können, wie in Teilkapitel 3.2 dargestellt, bereits früh Aspekte des wissenschaftlichen Denkens z. B. die Variablenkontrollstrategie erlernen. In diesem Teilkapitel wird ausgeführt, wie die Lerngelegenheiten für die Kinder oder Jugendlichen nach dem aktuellen Stand der Forschung gestaltet werden. Ziel dieses Kapitels ist es, die förderlichen Faktoren für die Vermittlung des wissenschaftlichen Denkens beziehungs-

weise der Variablenkontrollstrategie darzustellen. Dazu werden zu Beginn förderliche Faktoren für das forschende Lernen in den Naturwissenschaften (inquiry-based learning) berichtet. Anschließend wird das wissenschaftliche Denken allgemein und dann die Variablenkontrollstrategie als ein Bestandteil des wissenschaftlichen Denkens betrachtet.

Furtak, Seidel, Iverson und Briggs (2012) zeigen in ihrer Metaanalyse, dass Schülerinnen und Schüler, die forschendes Lernen anwenden, höhere Lernerfolge erreichen als Schülerinnen und Schüler im traditionellen lehrkraftzentrierten Unterricht. Wenn Schülerinnen und Schüler während des forschenden Lernens epistemisch orientierte (Erklärungen für naturwissenschaftliche Phänomene entwickeln), prozedurale (Experimente entwickeln und Daten sammeln) und soziale Aktivitäten (Dinge gemeinsam durchführen und diskutieren) einsetzen, dann war der Unterricht besonders wirksam. Im Bezug auf die Lernsteuerung machen Furtak et al. (2012) sichtbar, dass Schülerinnen und Schüler beim forschenden Lernen, welches von der Lehrkraft gesteuert wird, höhere Lernergebnisse aufweisen als wenn die Umsetzung überwiegend durch die Schülerinnen und Schüler selbst gesteuert wird.

Engelmann, Neuhaus und Fischer (2016) betrachten in ihrer Metaanalyse, wie wissenschaftliche Kompetenzen (wissenschaftliches Forschen, wissenschaftliches Argumentieren und Verstehen von Wissenschaft) durch Interventionen gefördert werden können. In ihre Metaanalyse gehen 30 Interventionsstudien mit insgesamt circa 3700 Schülerinnen und Schülern ein. Engelmann et al. (2016) zeigen, dass wissenschaftliche Kompetenzen durch Interventionen in allen Unterrichtsfächern gefördert werden können. Am wirksamsten sind die Interventionen, wenn sie im Themenbereich Biologie durchgeführt werden. Außerdem sind nach der Metaanalyse von Engelmann et al. (2016) konstruktive Lernaktivitäten ebenso wirksam wie interaktive Lernaktivitäten nach dem Modell von Chi und Wylie (2014). In keiner der 30 Interventionsstudien wurden nur aktive und passive Lernaktivitäten eingesetzt.

Lazonder und Kamp (2012) betrachten, mit welchen Experimentieraufgaben Schülerinnen und Schüler die Variablenkontrollstrategie am besten lernen. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass Experimentieraufgaben, die mehrere Variablen beinhalten, in kleine Aufgaben aufgeteilt werden sollen, die sich nur mit einer Variable beschäftigen. Schwichow et al. (2016) analysieren in ihrer Metaanalyse effektive Fördermaßnahmen der Variablenkontrollstrategie im Unterricht als Teil des wissenschaftlichen Denkens. In ihre Metaanalyse gehen 72 Einzelstudien mit circa 5350 Schülerinnen und Schülern

ein. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass Schülerinnen und Schüler durch Interventionen, in denen korrekte Experimente demonstriert werden, höhere Leistungen bezüglich der Variablenkontrollstrategie aufweisen als Teilnehmerinnen und Teilnehmer von Studien, in denen keine Demonstrationsexperimente eingesetzt werden. Ebenso besitzen Studien, in denen bei den Schülerinnen und Schülern ein kognitiver Konflikt ausgelöst wird, höhere Effektstärken als Studien ohne einen kognitiven Konflikt. Ob die Schülerinnen und Schüler selbstständig Experimente zum Erlernen der Variablenkontrollstrategie durchführen, hat laut Schwichow et al. (2016) keinen signifikanten Einfluss auf ihren Lernerfolg. Dieses Ergebnis widerspricht den Ergebnissen von Furtak et al. (2012).

Schülerinnen und Schüler, die selbst Experimente entwickeln, Daten sammeln und Erklärungen entwickeln und begründen, haben laut Furtak et al. (2012) höhere Lernerfolge als Schülerinnen und Schüler, die dies nicht selbst ausführen. Die Schülerinnen und Schüler übernehmen beim selbstständigen Experimentieren gleichzeitig metakognitive Funktionen (Wirth, Thillmann, Künsting, Fischer & Leutner, 2008). Somit beinhaltet das Lernen durch Experimentieren eine zusätzliche metakognitive Anforderung an die Schülerinnen und Schüler im Vergleich z. B. zum Lernen aus Sachtexten (Wirth et al., 2008). In interaktiven Lernsituationen wie dem Experimentieren sind die zu erlernenden Informationen nicht von Beginn an vorhanden. Die Schülerinnen und Schüler erzeugen diese Information erst und können sie dann in ihr vorhandenes Wissen integrieren (Wirth et al., 2008). Somit erzeugen die Schülerinnen und Schüler neues Wissen und integrieren dieses Wissen, was laut Chi und Wylie (2014) lernwirksamer ist als das reine Integrieren von vorgegebenem Wissen in das vorhandene Wissen. Kaiser, Mayer und Malai (2018) untersuchten dies bei zwölfjährigen Schülerinnen und Schülern und konnten zeigen, dass Schülerinnen und Schüler, die neues Wissen selbst erzeugten, dieselben Ergebnisse erreichten wie solche, die Wissen direkt erhielten. Die Autorinnen und Autoren führen dies darauf zurück, dass Schülerinnen und Schüler mit geringem Vorwissen beim Erzeugen von neuem Wissen kognitiv überfordert sind. Kaiser et al. (2018) sehen den Erfolg der Schülerinnen und Schüler neues Wissen zu generieren und dieses in bereits vorhandenes Wissen einzubauen als Schlüssel für langfristiges Lernen. Dieser Erfolg kann durch regelmäßiges Feedback unterstützt werden.

In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, ob Lehramtsstudierende, die selbst Experimente planen und Daten sammeln, mehr Wissen über die Variablenkontrollstrategie erlernen als Studierende, die die Informationen direkt aus Sachtexten erhalten.

Im folgenden Abschnitt werden die typischen Schwierigkeiten der Lernenden beim Experimentieren dargestellt, da das Experimentieren für Kinder und Erwachsene eine Möglichkeit darstellt, das wissenschaftliche Denken zu erlernen.

3.4. Schwierigkeiten der Lernenden beim naturwissenschaftlichen Experimentieren

Wie unter Kapitel 1 erläutert, haben viele Jugendliche und auch Erwachsene Probleme, komplexe Experimente zu planen. Ziel dieses Teilkapitels ist es, die typischen Schwierigkeiten der Kinder und Jugendlichen darzustellen. Dazu werden erst übergreifende Schwierigkeiten beim Experimentieren erläutert und anschließend die Schwierigkeiten jeweils passend zu den drei zentralen Teilkompetenzen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges dargestellt.

Übergreifend über die einzelnen Teilkompetenzen lässt sich sagen, dass Lernende beim Experimentieren oft Effekte erzielen wollen anstatt Ursachen zu überprüfen (Hamann & Mayer, 2012; Zimmerman & Glaser, 2001). Dieses Vorgehen der Lernenden wird als *Ingenieurmodus* bezeichnet, da Ingenieure oft experimentieren, um eine Sache zu verbessern und nicht, um Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu verstehen (Hamann & Mayer, 2012). Kizil und Kattmann (2014) führen in ihrer Studie mit zwölf Lehrkräften an, dass Lernende auch über den Effekt des Experiments die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung erlernen können. In vielen Studien wird der sogenannte *Ingenieurmodus* aber als problematisch angesehen, da der Auswertung und Interpretation des Experiments zu wenig Zeit gegeben wird, um ein angemessenes Verständnis der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zu erreichen. Ebenso fällt es Lernenden bis ins Erwachsenenalter über alle Teilkompetenzen hinweg schwer, bei komplexen Entscheidungen in ihren Begründungen zwischen Theorien und Evidenz zu unterscheiden (Kuhn, 1991). Jiménez-Aleixandre, Rodríguez und Duschl (2000) zeigen für den naturwissenschaftlichen Unterricht, dass die Schülerinnen und Schüler Behauptungen meist ohne Begründungen aufstellen. Den Schülerinnen und Schülern fällt es laut Sadler (2004) auch schwer, ihre Behauptungen mit Daten zu begründen.

Für die Teilkompetenz *naturwissenschaftliche Fragestellungen und Hypothesen* fanden Hofstein et al. (2005) bei 17- bis 18-jährigen Schülerinnen und Schülern heraus, dass es unerfahrenen Schülerinnen und Schülern viel schwerer fällt, gute naturwis-

senschaftliche Fragen zu stellen und sie sowohl weniger als auch unspezifischere und nicht quantifizierbare Fragen stellen. 11- bis 12-jährige Schülerinnen und Schüler neigen auch dazu, Fragen zu formulieren, in denen die Effekte von verschiedenen Variablen gleichzeitig betrachtet werden (Kuhn & Dean, 2005). Lernende experimentieren oft ohne Hypothesen, da sie, wie bereits erwähnt, Effekte erzielen und keine Ursachen untersuchen wollen (Hilfert-Rüppell et al., 2013). Somit verstehen die Lernenden nicht, warum sie Hypothesen aufstellen und wie diese formuliert werden sollen. Sie formulieren Hypothesen oft ohne Variablen oder ohne einen Zusammenhang zwischen den Variablen herzustellen (Njoo & Jong, 1993). Weiterhin fällt es Lernenden schwer, Hypothesen zu formulieren, die ihren eigenen Vorstellungen widersprechen (Hammann et al., 2008; Klahr, Fay & Dunbar, 1993). Sie sehen Hypothesen eher als Aussagen, die sie bestätigen müssen und nicht als Vorhersagen, die noch überprüft werden müssen (Klahr et al., 1993). Dadurch scheitern sie an der Formulierung von Alternativhypothesen und behalten ihre ursprünglichen Hypothesen sogar dann noch bei, auch wenn die Daten der ursprünglichen Hypothese widersprechen (Hammann & Mayer, 2012).

Lernende haben auch bei der Teilkompetenz *Planen und Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* Probleme. Schauble, Glaser, Duschl, Schulze und John (1995) zeigen in ihrer Studie, dass Lernende oft den Zusammenhang zwischen zwei Variablen nicht berücksichtigen, sondern nur eine Variable betrachten. Sie wollen weiterhin häufig die abhängige Variable konstant halten, um ein positives Ergebnis zu erzeugen (Siler & Klahr, 2012). Außerdem ist es für Lernende aller Altersgruppen schwierig, die Variablenkontrollstrategie einzuhalten, d. h. sie variieren mehrere Variablen gleichzeitig, planen keinen Kontrollversuch und führen nur Experimente durch, die ihre Erwartungen bestätigen (Arnold, Kremer & Mayer, 2014; Chen & Klahr, 1999; Hammann et al., 2008; Hammann & Mayer, 2012). Hilfert-Rüppell et al. (2013) zeigen, dass mehr als die Hälfte der Lehramtsstudierenden für naturwissenschaftliche Fächer mehrere Variablen gleichzeitig verändert und somit die Variablenkontrollstrategie nicht benutzt. In der Studie von Arnold et al. (2014) planen circa 90 Prozent aller Schülerinnen und Schüler im Alter von 16 bis 19 Jahren ein *basic Experiment*, d. h. sie variieren die unabhängige Variable und messen die abhängige Variable. 25 Prozent der Schülerinnen und Schüler nennen zusätzlich eine Störvariable und circa 8 bis 18 Prozent beachten Aspekte wie Testzeit und Wiederholungen. Diese Aspekte sind für die Replizierbarkeit und Validität der Experimente nötig.

In der Teilkompetenz *Auswerten und Interpretieren von Daten* führt das fehlerhafte Planen der Lernenden oft dazu, dass sie Aussagen über die Ursache von Wirkungen treffen, die anhand der gewonnenen Daten nicht möglich sind (De Jong & Van Joolingen, 1998). Ebenso haben Lernende Schwierigkeiten damit, sich bei der Auswertung auf die zu Beginn aufgestellte Hypothese zu beziehen und ihre Schlussfolgerungen zu begründen (Germann & Aram, 1996). Falls die Ergebnisse der Experimente gegen die eigenen Erwartungen der Lernenden sprechen, neigen sie dazu, die Ergebnisse zu ignorieren (Hammann & Mayer, 2012). Weiterhin konnte festgestellt werden, dass Lernende aus multiple choice Fragen valide Schlussfolgerungen ziehen können, weniger aber aus ihren eigenen geplanten Experimenten (Hammann et al., 2008).

Ingesamt lässt sich sagen, dass die Variablenkontrollstrategie eine Methode ist, um Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu untersuchen und die ein Teil des wissenschaftlichen Denkens ist. Das wissenschaftliche Denken und die Variablenkontrollstrategie können Kinder bereits ab dem Grundschulalter erlernen; sie bilden eine Voraussetzung, um begründet Entscheidungen zu fällen. Viele Erwachsene haben noch Probleme bei der Anwendung der Variablenkontrollstrategie und somit bei einem Aspekt des wissenschaftlichen Denkens. Diese Probleme könnten durch das Fördern von wissenschaftlichen Argumentationen verringert werden.

4. Die professionelle Handlungskompetenz von Grundschullehrkräften in den Naturwissenschaften

Wie in Kapitel 3 beschrieben, besitzen Kinder im Grundschulalter bereits die Fähigkeit, wissenschaftliches Denken zu erlernen und Strategien wie die Variablenkontrollstrategie anzuwenden. Somit stellt sich die Frage, welche Fähigkeiten Lehrkräfte benötigen, um den Schülerinnen und Schülern das wissenschaftliche Denken beziehungsweise die Variablenkontrollstrategie effektiv beizubringen. Um diese Frage zu klären, wird im folgenden Abschnitt das Modell der professionellen Handlungskompetenz von Baumert und Kunter (2006) erläutert. Anschließend wird unter Abschnitt 4.1 auf das Professionswissen eingegangen und in Abschnitt 4.2 auf die motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten der Lehrkräfte.

Bei der Untersuchung, welche Faktoren den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler vorhersagen, sind die Lehrkräfte verstärkt im Fokus. Lehrkräfte wirken sowohl indirekt als auch direkt auf die Lernenden ein und sind somit ein zentraler Bedingungsfaktor für die Leistungen der Schülerinnen und Schüler (Hattie, 2008; Helmke, 2009; Lipowsky, 2006). Helmke (2009) beschreibt im Angebots-Nutzungs-Modell die komplexen Wirkungen von außerschulischen Bedingungen (Familie, Lernpotenzial ect.), schul- und klassenbezogenen Einflussfaktoren (Schulklima, Klassenzusammensetzung, aktive Lernzeit ect.), Lehrpersonen und individuellen Lernvoraussetzungen auf die Wirkung von Unterricht. Die Lehrperson ist mit ihren professionellen Kompetenzen und individuellen Voraussetzungen eine zentrale Einflussgröße für die Wirkung des Unterrichts (Helmke, 2009; Lipowsky, 2006). Es bleibt die Frage bestehen, welche Kompetenzen Lehrkräfte benötigen, um professionell zu handeln und wie diese Kompetenzen ausgestaltet sein sollen. Mit dieser Frage beschäftigt sich die Lehrerprofessionsforschung. Baumert und Kunter (2006) definieren in ihrem Modell zur professionellen Handlungskompetenz Bereiche beziehungsweise Kompetenzen, die eine Lehrkraft benötigt, um ihren Beruf professionell auszuüben. Das Modell enthält neben dem rein kognitiven Aspekt des

Professionswissens auch die Bereiche motivationale Orientierungen, Überzeugungen und Werthaltungen und selbstregulative Fähigkeiten, die als nötige Voraussetzungen für das kompetente Handeln der Lehrkräfte gesehen werden (Connell, Sheridan & Gardner, 2003; Kotzebue & Neuhaus, 2016). Diese Kombination aus den Bereichen Wissen und Können, Überzeugungen, Motivation und Selbstregulation ist in der Lehrerprofessionsforschung relativ neu, da es nichtkognitive Aspekte miteinschließt (Kotzebue & Neuhaus, 2016). Ebenso betonen Baumert und Kunter (2011) unter Bezug auf die Kompetenzdefinition von Weinert (2001), dass Kompetenzen erlernt und vermittelt werden können und somit die Aus- und Weiterentwicklung von Lehrkräften entscheidend ist.

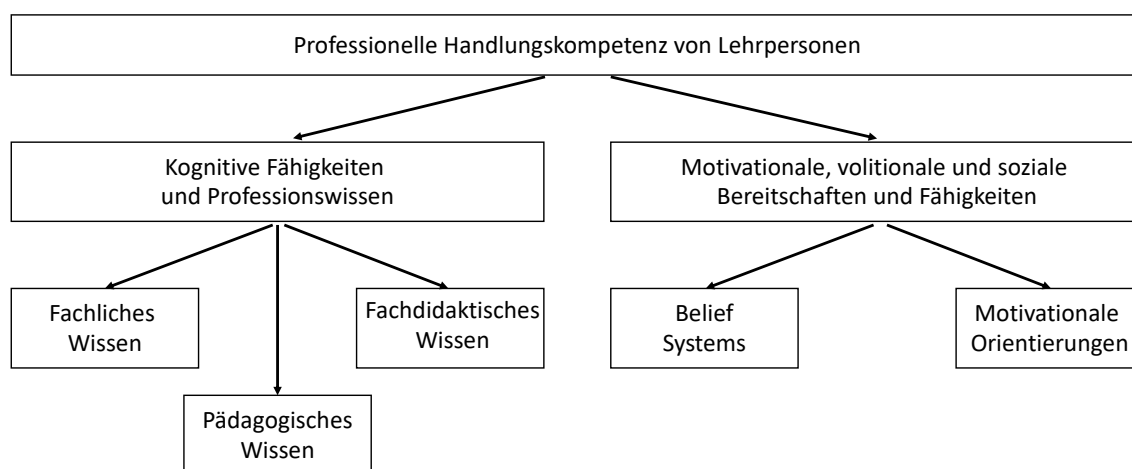


Abbildung 4. Das Modell der professionellen Handlungskompetenz nach Riese (2009, S. 26)

Riese (2009) fasst in seiner Konzeptualisierung für Physiklehrkräfte einige dieser Bereiche von Baumert und Kunter (2006) zusammen und differenziert zwischen den kognitiven Fähigkeiten beziehungsweise dem Professionswissen einer Lehrkraft und den motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten (siehe Abbildung 4). Unter den motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten finden sich in seinem Modell das Belief System und die motivationalen Orientierungen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Lehrkräfte Professionswissen und motivationale, volitionale und soziale Bereitschaften und Fähigkeiten benötigen, um kompetent zu unterrichten. Aufbauend auf dem Modell von Riese (2009) sowie Riese und Reinhold (2010) werden in den folgenden zwei Teilkapiteln das Professionswissen und die motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten dargestellt.

4.1. Professionswissen

Das Professionswissen ist ein zentraler Bestandteil der professionellen Handlungskompetenz der Lehrkräfte. Ziel dieses Teilkapitels ist es, die Konzeptualisierung des Professionswissens zu erläutern. Dazu werden zuerst das Professionswissen definiert und verschiedene Konzeptualisierungen vorgestellt. Anschließend werden die für diese Studien entscheidenden Komponenten in einzelnen Teilabschnitten genauer betrachtet.

Das Professionswissen ist das Wissen, das Lehrkräfte benötigen, um ihre Profession auszuüben (Schmidt, 2014). Dieses Wissen erwerben die Lehrkräfte während ihres Studiums an den Universitäten und in der folgenden Schulpraxis (Lange, 2010). Das Professionswissen der Lehrkräfte gilt als ein zentraler Bestandteil, um im Unterricht erfolgreich zu handeln. Dieses unterrichtliche Handeln beeinflusst dann den Wissenserwerb der Schülerinnen und Schüler ebenso wie ihre motivationale Entwicklung (Baumert & Kunter, 2006).

Eine der ersten und bekanntesten Konzeptualisierungen des Professionswissens hat Shulman (1986, 1987) postuliert. Shulman (1986, 1987) teilt das Professionswissen der Lehrkräfte in sieben Wissensdimensionen auf: *content knowledge* (inhaltliches Fachwissen), *pedagogical content knowledge* (fachdidaktisches Wissen), *general pedagogical knowledge* (allgemeines pädagogisches Wissen), *curricular knowledge* (curriculares Wissen), *knowledge of learners and their characteristics* (Wissen über die Lernenden), *knowledge of educational contexts* (Wissen über die Kontexte der Erziehung) und *knowledge of educational ends, purposes and values and their philosophical and historical grounds* (Wissen über Bildungsziele, -zwecke, -werte und deren philosophische und historische Hintergründe). Diese Konzeptualisierung wurde in vielen Studien verwendet und weiterentwickelt. Im deutschsprachigen Raum ist die Konzeptualisierung von Bromme (1992, 1997) eine der gängigsten. Er unterteilt das Professionswissen der Lehrkräfte in fünf Wissensdimensionen: pädagogisches Wissen, fachliches Wissen, fachspezifisch-pädagogisches Wissen, curriculares Wissen und die Philosophie des Schulfaches. Bromme (1992, 1997) betont dabei, dass es zwischen den Wissensdimensionen zu Überlappungen kommt und diese verbunden sind.

Zusammen mit dem Fachwissen und dem pädagogischen Wissen ergibt das fachdidaktische Wissen die zentralen Wissensdimensionen des Professionswissens der Lehrkräfte (Baumert & Kunter, 2006, 2011; Riese, 2009). Baumert und Kunter (2006)

haben im Rahmen des COACTIV-Projekts in ihrem Strukturmodell zur professionellen Handlungskompetenz das Professionswissen in fünf Wissensdimensionen aufgeteilt. Sie nahmen neben den drei zentralen Wissensdimensionen noch die Bereiche Organisations- und Beratungswissen auf. Diese wurden aus forschungsökonomischen Gründen in der COACTIV-Studie nicht erhoben (Baumert & Kunter, 2011). Einen Überblick über Studien, die sich mit den drei zentralen Wissensdimensionen des Professionswissens beschäftigen, gibt Tabelle 1.

Tabelle 1.
Übersicht über Studien zur Erhebung des Professionswissens

Studie	Literatur (Auswahl)	Fach	Erhobene Bereiche		
			FW	FDW	PW
MT21	Blömeke et al. (2008)	Mathematik	x	x	x
ProwiN	Tepner et al. (2012)	Biologie, Chemie, Physik	x	x	x
PLUS	Ohle et al. (2011)	Sachunterricht, Physik	x	x	
	Riese und Reinhold (2010)	Physik	x	x	
COACTIV	Baumert und Kunter (2006)	Mathematik	x	x	
	Brovelli et al. (2013)	Naturwissenschaften	x	x	x
BILWISS	Kunina-Habenicht et al. (2012)	alle			x
KiL	IPN (2013)	Biologie, Chemie, Physik, Mathematik	x	x	x

Anmerkung. FW: Fachwissen; FDW: fachdidaktisches Wissen; PW: pädagogisches Wissen

Das Professionswissen der Lehrkräfte kann über proximale oder distale Indikatoren erhoben werden. Distale Wissensindikatoren erfassen das Wissen der Lehrkräfte nicht direkt, sondern ein anderes Merkmal (z.B. Noten der Lehrkräfte in Schule und Ausbildung, Ausbildungsdauer ect.). Von diesem anderen Merkmal wird dann auf das eigentlich interessierende Merkmal geschlossen (Baumert & Kunter, 2006). Distale Indikatoren gelten als informationsarm, da durch sie keine Aussage über die Struktur, Qualität und den Inhalt des Wissens möglich ist (Abell, 2007; Baumert & Kunter, 2006). Proximale Wissensindikatoren erfassen das Wissen der Lehrkräfte direkt. Diese Erfassung kann mittels standardisierter Tests, Interviews, Fragebögen oder Videoanalysen geschehen (Baumert & Kunter, 2006; Baxter & Lederman, 1999; Tepner & Dollny, 2014).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Professionswissen aus drei zentralen Wissensdimensionen besteht und diese bevorzugt mittels proximaler Indikatoren gemessen werden. Da sich die vorliegende Arbeit mit dem Sachunterricht und der Variablenkontrollstrategie beschäftigt, werden im folgenden Abschnitt die domänenspezifischen Wissensdimensionen Fachwissen und fachdidaktisches Wissen hierfür näher vorgestellt. Anschließend wird auf die Zusammenhänge zwischen den Wissensdimensionen Fachwissen und fachdidaktisches Wissen eingegangen. Das pädagogische Wissen wird nicht näher betrachtet, da es weitgehend vom Fachinhalt losgelöstes Wissen über Lehr- und Lernmethoden, -theorien und -umgebungen ist.

4.1.1. Fachwissen mit Berücksichtigung der Variablenkontrollstrategie

Das Fachwissen ist eine der drei zentralen Wissensdimensionen des Professionswissens. Ziel dieses Teilkapitels ist es, die Bestandteile des Fachwissens aufzuschlüsseln und das Fachwissen mit dem wissenschaftlichen Denken und der Variablenkontrollstrategie zu verbinden. Dazu werden zuerst das Fachwissen und dann die Bestandteile des Fachwissens erläutert. Anschließend wird gezielt auf das *syntactic knowledge* als ein Bestandteil des Fachwissens eingegangen und dieses mit dem wissenschaftlichen Denken beziehungsweise der Variablenkontrollstrategie in Verbindung gebracht. Dann wird der aktuelle Forschungsstand zum fachmethodischen Wissen bezüglich des Experimentierens beziehungsweise der Variablenkontrollstrategie der Lehrkräfte dargestellt und der Einfluss des fachmethodischen Wissens bezüglich des Experimentierens auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler berichtet.

Das Fachwissen ist eine Grundvoraussetzung für einen erfolgreichen Fachunterricht (Ball, Lubienski & Mewborn, 2001). Die Arbeitsgruppe um Baumert und Kunter (2006) definiert es als vertieftes Hintergrundwissen über die Inhalte des Schulstoffes. Die Lehrkräfte durchdringen den zu unterrichtenden Stoff tiefer als ihn die Lernenden bearbeiten. Somit unterscheidet sich das vertiefte Hintergrundwissen der Lehrkräfte sowohl vom Wissen, das sie am Ende der Schulzeit besaßen, als auch vom Alltagswissen aller Erwachsenen zu dem jeweiligen Unterrichtsfach (Baumert & Kunter, 2006; Brunner et al., 2006). Abell (2007), Grossman, Wilson und Shulman (1989) und Shulman (1987) hingegen unterteilen das Fachwissen weiter in das *substantive* und *syntactic knowledge*. Das *substantive knowledge* bezieht sich auf das Wissen über die Struktur und Prinzi-

prien der konzeptuellen Organisation einer Disziplin. Es beinhaltet Fakten, Konzepte und Prinzipien einer Disziplin sowie die Beziehungen zueinander (Abd-El-Khalick & BouJaoude, 1997; Grossman et al., 1989). Das *syntactic knowledge* beinhaltet das Wissen über die Methoden zur Generierung und Beurteilung von neuem Wissen in der jeweiligen Disziplin (Abd-El-Khalick & BouJaoude, 1997; Grossman et al., 1989; Hartmann et al., 2015). Es wird im deutschsprachigen Raum auch als fachmethodisches Wissen bezeichnet (Stiller et al., 2014). Shulman (1986) betont, dass die Lehrkräfte verstehen sollen, warum etwas so ist, auf welcher Grundlage diese Annahmen gemacht werden und unter welchen Umständen Begründungen abgeschwächt werden können. Für den naturwissenschaftlichen Bereich bedeutet das, dass die Kompetenzen, mit denen die Lehrkräfte über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen nachdenken, somit laut Shulman (1986) Teil des Fachwissens sind.

Diese Kompetenzen spiegeln das bereits in Kapitel 2 dargestellte wissenschaftliche Denken wieder. Das wissenschaftliche Denken ist nach Mayer (2007) eines von drei Konstrukten der wissenschaftsmethodischen Kompetenzen, wobei die wissenschaftlichen Untersuchungen mit dem wissenschaftlichen Denken modelliert werden können. Die Kompetenzen des wissenschaftlichen Denkens wie z. B. die Variablenkontrollstrategie sind somit ein Teil des Fachwissens und werden als fachmethodisches Wissen der Lehrkräfte bezeichnet. Kompetente naturwissenschaftliche Lehrkräfte und Lernende erfassen laut Mayer (2007, S. 177), wie „naturwissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen werden und was naturwissenschaftliche Methodik und Aussagen charakterisiert“. Somit ist dies ein Ziel der Ausbildung naturwissenschaftlicher Lehrkräfte (Hartmann et al., 2015). Lehrkräfte mit einem hohen fachmethodischen Wissen bezüglich Experimenten kennen die zentralen Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges (wissenschaftliches Denken), können sie anwenden (manuelle Fertigkeiten) und darüber reflektieren (Wissenschaftsverständnis) (siehe Abbildung 3) (Mayer, 2007). Im Bezug auf das Experimentieren unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie bedeutet dies, dass kompetente Naturwissenschaftslehrkräfte überprüfbare Hypothesen aufstellen, dazu passende unkonfundierte Experimente planen und durchführen sowie die Ergebnisse auswerten und interpretieren können. Die erwarteten Kompetenzen der Lehrkräfte entsprechen großteils den erwarteten Aspekten der drei zentralen Teilkompetenzen der Schülerinnen und Schüler (siehe Kapitel 3.1).

Aktuelle Studien zum fachmethodischen Wissen der Lehrkräfte zeigen, dass es Defizite der Lehrkräfte bezüglich des fachmethodischen Wissens und der Variablenkontrollstrategie gibt. So haben mehr als die Hälfte der Lehramtsstudierenden für naturwissenschaftliche Fächer Probleme beim Anwenden der Variablenkontrollstrategie (wissenschaftliches Denken) (Hilfert-Rüppell et al., 2013). Die Studierenden variierten während des Experimentierens mehrere Variablen gleichzeitig und hatten Probleme beim Aufstellen überprüfbarer Hypothesen mit unabhängiger und abhängiger Variable (Hilfert-Rüppell et al., 2013). Emereole (2009) verglich in seiner Studie das Wissen bezüglich der Variablenkontrollstrategie von Studierenden zu Beginn des Studiums, nach einem Jahr, nach zwei Jahren und von Lehrkräften im Dienst. Emereole (2009) macht sichtbar, dass nur circa ein Fünftel der Lehrkräfte im Dienst eine korrekte Definition der Variablenkontrollstrategie nennen kann. Bei den Studierenden sind es in allen drei Gruppen unter 10 Prozent. Emereole (2009) kommt zu der Schlussfolgerung, dass Lehrkräfte der Naturwissenschaften nicht ausreichend mit der Erkenntnisgewinnung vertraut sind, um den Schülerinnen und Schülern ein angemessenes Verständnis davon vermitteln zu können und darüber hinaus ihren eigenen Wissensstand schwer einschätzen können. Ebenso bereitet das Testen von Hypothesen Lehramtsstudierenden der Naturwissenschaften Schwierigkeiten, wenn die Hypothesen nicht direkt beobachtbare Variablen beinhalten (Lawson, 2002). Zudem zeigt Yip (2001) in ihrer Studie, dass Biologielehrkräfte großteils die Rolle von Hypothesen im Erkenntnisprozess mangelhaft verstehen und Schwierigkeiten haben, die Evidenz eines Ergebnisses in Bezug auf die Hypothese zu beurteilen. Woitkowski (2015) identifiziert das Geschlecht, die Abiturnote und die Praktikumszeit als signifikante Einflussfaktoren auf den Kompetenzstand der Lehramtsstudierenden im Bereich der Erkenntnisgewinnung. Taylor und Dana (2003) betrachten in ihrer qualitativen Studie die Fähigkeiten von drei Physiklehrkräften, unkontrollierte Variablen in Experimenten zu erkennen und eigenständig kontrollierte Experimente zu planen. Beide Fähigkeiten sind nach Christoph, Schwichow und Härtig (2015) Teile der Variablenkontrollstrategie. Taylor und Dana (2003) zeigen, dass Lehrkräfte, die unkontrollierte Variablen in Experimenten erkennen, nicht automatisch auch eigenständig kontrollierte Experimente planen können. Die Lehrkräfte ignorierten bei der eigenständigen Planung der Experimente bestimmte Variablen und kontrollierten diese nicht. Taylor und Dana (2003) ziehen den Schluss, dass es sich hierbei um zwei Kompetenzebenen handelt. Das Erkennen von konfundierten Experimenten erfordere

eine geringere Fähigkeit als das eigene Planen von unkonfundierten Experimenten. Studien, die den Unterschied zwischen dem fachmethodischen Wissen von Lehrkräften und Studierenden betrachten, sind außer Emereole (2009) nicht bekannt. Für den Bereich des *substantive knowledge* im Sachunterricht zeigt Schmidt (2014), dass erfahrene Lehrkräfte ein höheres Fachwissen besitzen als unerfahrene. In der Studie von Borowski, Kirschner, Liedtke und Fischer (2011) haben Lehrkräfte ein signifikant höheres physikalisches Fachwissen als Referendare und Studierende.

Das fachmethodische Wissen der Lehrkräfte bezüglich der Variablenkontrollstrategie steht im Zusammenhang mit dem Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler und der Gestaltung des Unterrichts. Aiello-Nicosia, Sperandeo-Mineo und Valenza (1984) zeigen, dass die Leistungen der Kinder positiv mit den Fähigkeiten der Lehrkräfte gegenüber der Variablenkontrollstrategie und dem Verständnis des Erkenntnisprozesses zusammenhängen. Yip (2001) stellt in ihrer Studie dar, dass der Großteil der Schülerinnen und Schüler kein angemessenes Verständnis von Hypothesen besitzt. Sie führt dieses Ergebnis darauf zurück, dass auch viele Lehrkräfte der Naturwissenschaften kein adäquates Verständnis von Hypothesen haben. Aufgrund dieses fehlenden Verständnisses verwenden Lehrkräfte meist stark gelenkte Experimente (kochrezeptartige Experimente), sodass die Kinder wenig Möglichkeiten haben, ein angemessenes Verständnis aufzubauen (Yip, 2001).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das fachmethodische Wissen ein Bestandteil des Fachwissens ist und das wissenschaftliche Denken sowie die Variablenkontrollstrategie wiederum Teile des fachmethodischen Wissens sind. (Angehende) Lehrkräfte weisen Probleme mit dem fachmethodischen Wissen und der Variablenkontrollstrategie auf, was sich auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler auswirken kann.

4.1.2. Fachdidaktisches Wissen

Im folgenden Kapitel wird das fachdidaktische Wissen als zweite domänenspezifische Wissensdimension der professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften erläutert. Dazu werden das Modell und die Teilfacetten in den Naturwissenschaften dargestellt. Im nächsten Schritt werden der aktuelle Forschungsstand zum fachdidaktischen Wissen von Naturwissenschaftslehrkräften mit Schwerpunkt Sachunterricht und die Erwartungen an die Lehrkräfte im Bereich der Variablenkontrollstrategie erläutert. Abschließend werden die Zusammenhänge zwischen dem fachdidaktischen Wissen, dem unterrichtlichen Handeln der Lehrkräfte und den Leistungen der Schülerinnen und Schüler beschrieben.

Das Modell und die naturwissenschaftlichen Facetten

Obwohl das Fachwissen als eine wichtige Voraussetzung für das effektive Unterrichten in den Naturwissenschaften gesehen wird, ist es nicht das einzige nötige Wissen der Lehrkräfte (Abell, 2007; Baumert et al., 2010). Das fachdidaktische Wissen (FDW) ist nach den Konzeptualisierungen von Baumert und Kunter (2006), Riese (2009) und Shulman (1987) die zweite domänenspezifische Wissensdimension des Professionswissens, die mindestens genauso wichtig für gutes Unterrichten ist wie das Fachwissen (Großschedl, Harms, Kleickmann & Glowinski, 2015; Baumert et al., 2010). Das fachdidaktische Wissen ist jenes Wissen, das Lehrkräfte benötigen, um Fachwissen verständlich und unter Berücksichtigung der Schülerinnen- und Schülerkognition den Schülerinnen und Schülern anzubieten (Kotzebue & Neuhaus, 2016; Shulman, 1986, 1987). Shulman (1987) bezeichnet das fachdidaktische Wissen als eine Verschmelzung von pädagogischem und fachinhaltlichem Wissen. Aus der Bezeichnung von Shulman (1987) entstanden international zwei unterschiedliche Forschungsströme: Das integrative und das transformative Modell (Gramzow, Riese & Reinhold, 2013; Jüttner & Neuhaus, 2013b; Kotzebue & Neuhaus, 2016). Im integrativen Modell ist das fachdidaktische Wissen keine eigenständige Wissensdimension, sondern eine Schnittmenge aus pädagogischem Wissen, Fachwissen und dem Wissen über Unterrichtsbedingungen (Gess-Newsome, 1999b; Gramzow et al., 2013). Das integrative Modell ist mehr im englischsprachigen Raum verbreitet. Beim transformativen Modell, welches mehr im deutschsprachigen Raum vertreten ist, wird zwischen Fachwissen, fachdidaktischem Wissen und pädagogischem Wissen unterschieden (vgl. z. B. Baumert & Kunter, 2006; Kotzebue & Nerdel, 2015; Riese, 2009; Tepner et al., 2012). Das fachdidaktische Wissen ist somit eine eigene Wissensdimension, welche aber nicht überschneidungsfrei mit den anderen Dimensionen ist (Gramzow et al., 2013). Das transformative Modell stimmt in den meisten Aspekten mit dem theoretischen Rahmenmodell der COACTIV-Studie überein, welches in Deutschland momentan das gängigste Modell ist. In der vorliegenden Arbeit wird das transformative Modell verwendet und somit das fachdidaktische Wissen als eigene Wissensdimension angesehen.

Neben den zwei unterschiedlichen Forschungsströmen wird das fachdidaktische Wissen von vielen Autorinnen und Autoren noch weiter in ein bis drei (Teil-)dimensionen unterteilt. Eindimensionale Modelle verwenden zum Beispiel Park und Oliver (2008) und Riese (2009) (siehe Abbildung 5).

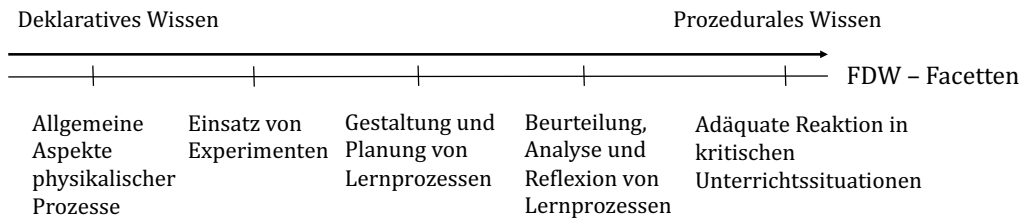


Abbildung 5. Visualisierung eines eindimensionalen Modells nach Riese (2009)

Dreidimensionale Modelle sind die Konzeptionen von ProwiN (Tepner et al., 2012), KiL (Kröger, Euler, Neumann, Härtig & Petersen, 2013) und MT21 (Blömeke et al., 2008). In den beiden domänenübergreifenden Projekten ProwiN und KiL werden die Achsen (*FDW-*) *Facetten*, *Inhaltsbereiche* und *Wissensarten* untersucht, während im MT21-Projekt die Dimensionen *kognitive Aktivität*, *Anforderungen* und *Inhaltsbereiche* betrachtet werden (siehe Abbildung 6).

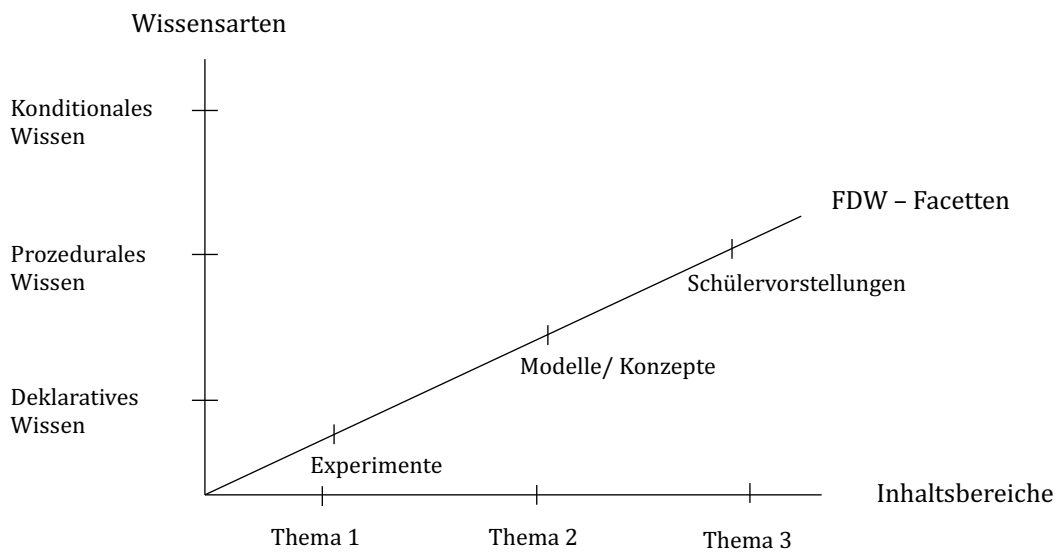


Abbildung 6. Visualisierung eines dreidimensionalen Modells nach Tepner et al. (2012)

Die Dimension *Anforderungen* entspricht am ehesten den (*FDW-*) *Facetten*, welche die zentralen Aspekte des fachdidaktischen Wissens sind (Gramzow et al., 2013; Kotzebue & Neuhaus, 2016). Die meisten Autorinnen und Autoren verwenden eine Dimension *Facetten*. Tabelle 2 zeigt unterschiedlichen Ausprägungen der Dimension (*FDW-*) *Facetten* einiger ausgewählter Studien. Die durch Tabelle 2 dargestellten Gliederungsvorschläge stellen eine exemplarische Auswahl von Konzeptionen der Dimension *Facetten* des fachdidaktischen Wissens dar und erheben keinen Anspruch auf Vollstän-

digkeit. Anhand der verschiedenen Konzeptionen wird deutlich, dass keine Einigkeit über die Facetten des fachdidaktischen Wissens besteht. In fast allen Studien werden die beiden Facetten *Wissen über Instruktions- und Vermittlungsstrategien* sowie *Wissen über Schülerinnen und Schüler und deren Kognitionen* betrachtet, welche bereits Shulman (1986) als Schlüsselemente des fachdidaktischen Wissens bezeichnete und die in der Literatur als die beiden wichtigsten Facetten bezeichnet werden (Großschedl et al., 2015; Kleickmann et al., 2013; Tepner et al., 2012).

Tabelle 2.
Übersicht über Studien zur Erhebung des fachdidaktischen Wissens

Studie	Autoren	Fach	Instruk- tionsstra- tegien	SuS Ko- gnition	Aufga- ben	Experi- mente
	Kotzebue und Nerdel (2015)	Biologie	x	x	x	
MT21	Blömeke et al. (2008)	Mathematik	x	x		
ProwiN	Tepner et al. (2012)	Biologie, Chemie, Physik	x	x		x
PLUS	Ohle et al. (2011)	Sachunterricht, Physik	x	x		
	Riese und Reinhold (2010)	Physik	x	x		x
COAC-TIV	Baumert und Kunter (2006)	Mathematik	x	x	x	

Anmerkung. SuS: Schülerinnen und Schüler

In den Naturwissenschaften beziehen sich viele Autorinnen und Autoren auf das theoretisch hergeleitete Modell von Magnusson, Krajcik und Borko (1999). Magnusson et al. (1999) beschreiben fünf unterschiedliche Facetten des fachdidaktischen Wissens für den Bereich der Naturwissenschaften. Die erste Facette des theoretischen Modells von Magnusson et al. (1999) repräsentiert *allgemeine Vorstellungen zum Lehren und Lernen im Bereich der Naturwissenschaften*. Diese eher normativ geprägte, situationsübergreifende Facette wird im Modell von Baumert und Kunter (2006) dem Belief System zugeordnet und dort genauer erläutert.

Die zweite Facette enthält das *Wissen über naturwissenschaftliche Curricula*. Sie beinhaltet das Wissen über Zielsetzungen, die mit naturwissenschaftlichem Unterricht

über ein Schuljahr erreicht werden sowie Wissen über Möglichkeiten zur vertikalen Vernetzung und naturwissenschaftliche Curricula. Diese Facette des fachdidaktischen Wissens wird in wenigen Studien betrachtet.

Das *Wissen über naturwissenschaftliches Verständnis von Schülerinnen und Schülern* wird als dritte Facette bezeichnet. Sie entspricht der Facette *Wissen über Schülerinnen und Schüler sowie deren Kognitionen* und beinhaltet das Wissen über typische Vorstellungen sowie Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern und die Anforderungen bezüglich eines naturwissenschaftlichen Inhaltes (Gramzow et al., 2013; Magnusson et al., 1999; Park & Oliver, 2008). Durch dieses Wissen können die Lehrkräfte anhand von Aussagen der Schülerinnen und Schüler bestimmte naturwissenschaftliche Fehlvorstellungen feststellen (Olszewski, 2010) und diese dann durch geeignete Vermittlungsstrategien auflösen. Ebenso wird das Wissen über die typischen Vorstellungen und Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern zu naturwissenschaftlichen Phänomenen und naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen z. B. zum Planen von Experimenten oder zum Interpretieren von Daten benötigt, um bei der Planung und Durchführung des Unterrichts die Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler angemessen berücksichtigen zu können (Lange, 2010). Diese Facette beinhaltet zusätzlich noch das Wissen über Lernschwierigkeiten, die in den naturwissenschaftlichen Themen selbst liegen (Lange, 2010).

Die vierte Facette wird von Magnusson et al. (1999) *Wissen über naturwissenschaftliche Lehrstrategien* bezeichnet und entspricht der Facette *Wissen über Instruktions- und Vermittlungsstrategien*. Unter dem *Wissen über Instruktions- und Vermittlungsstrategien* wird das Wissen über verschiedene Formen von fachspezifischen beziehungsweise themenspezifischen Instruktionsstrategien ebenso verstanden wie das Wissen über deren Anwendung und Bewertung (Gramzow et al., 2013; Magnusson et al., 1999; Olszewski, 2010). Unter fachspezifischen Lehrstrategien werden Konzeptionen verstanden, die generell auf das naturwissenschaftliche Lehren und Lernen bezogen sind. Dies sind im naturwissenschaftlichen Bereich z. B. Conceptual-Change Strategien oder der Aufbau des Unterrichts anhand der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (Magnusson et al., 1999; Lange, 2010). Das Wissen über themenspezifische Instruktionsstrategien beinhaltet unter anderem sowohl Wissen über Repräsentationen wie Modelle, Beispiele oder Analogien als auch über Aktivitäten wie Experimentieren oder Beobachten (Magnusson et al., 1999; Meschede, Fiebranz, Möller & Steffensky,

2017; Park & Oliver, 2008). Lehrkräfte kennen geeignete Beispiele zur Darstellung des naturwissenschaftlichen Inhalts durch eine bestimmte Darstellungsform, wie z. B. Diagramme, unter Beachtung von Verständnisschwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler sowie die Vor- und Nachteile unterrichtlicher Aktivitäten wie Schülerinnen- und Schülerexperimente, Demonstrationen oder Langzeitbeobachtungen. Durch eine stimmige Auswahl von Zielen, Inhalten und Instruktionsstrategien wird somit eine klare Struktur im Unterricht deutlich, durch welche das Verständnis der Schülerinnen und Schüler gefördert werden kann (Kotzebue & Nerdel, 2012; Lange, 2010). Im ProWiN-Projekt wird diese Facette für Biologie, Chemie und Physiklehrkräfte mit den beiden typisch naturwissenschaftlichen Instruktionsstrategien *Einsatz von Modellen* und *Einsatz von Experimenten* ausdifferenziert (Jüttner & Neuhaus, 2013b; Tepner et al., 2012).

Die fünfte und letzte Facette beinhaltet das *Wissen über die Erfassung und Bewertung von Lernleistungen der Schülerinnen und Schüler* (Magnusson et al., 1999). Sie besteht aus zwei Bereichen, nämlich dem Wissen über zu bewertende Dimensionen naturwissenschaftlichen Lernens und dem Wissen über konkrete Methoden zur Erfassung und Bewertung von relevant erachteten Dimensionen des Lernens der Schülerinnen und Schüler (Magnusson et al., 1999; Lange, 2010). Die Lehrkräfte kennen die verschiedenen Aspekte, die bei einem Thema erfasst und bewertet werden können, wie z. B. konzeptuelles Verständnis der Konzepte und ihrer Verbindungen, Wissen über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen sowie deren Anwendung (Magnusson et al., 1999; Lange, 2010). Ebenso kennen die Lehrkräfte die jeweiligen dazu passenden Methoden zur Evaluation.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das fachdidaktische Wissen im deutschsprachigen Raum als eine eigene Wissensdimension angesehen wird und aus unterschiedlich vielen Unterfacetten besteht. Fast alle Studien untersuchen unter anderem die beiden Facetten *Wissen über Instruktions- und Vermittlungsstrategien* und *Wissen über Schülerinnen und Schüler und Schülerinnen- und Schülerkognitionen*, welche auch in der vorliegenden Arbeit betrachtet werden. Im Bezug auf die Variablenkontrollstrategie bedeutet es für die Facette *Wissen über Instruktions- und Vermittlungsstrategien*, dass die Lehrkräfte z. B. die Erkenntnisse von Schwichow et al. (2016) kennen und verschiedene Instruktionsstrategien und deren Vor- und Nachteile nennen können. Die Lehrkräfte wissen, dass der Einsatz von Demonstrationsexperimenten und kognitiven Konflikten

den Schülerinnen und Schülern hilft, die Variablenkontrollstrategie zu erlernen (Schwchow et al., 2016). Sie können die Vor- und Nachteile von direkter Instruktion nennen und kennen die Unterschiede für den Lernerfolg zwischen einem Training mit echten Experimenten und einem mit schriftlichen Experimenten. Die Facette *Wissen über Schülerinnen und Schüler und Schülerinnen- und Schülerkognitionen* beinhaltet in Bezug auf die Variablenkontrollstrategie das Wissen über die typischen Fehler der Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren (siehe Kapitel 3.4) sowie deren Vorstellungen zum Experimentieren. Schülerinnen und Schüler sehen Experimente oft als Mittel, um Effekte zu erzielen und nicht, um Ursachen zu untersuchen (Hammann & Mayer, 2012).

Im nächsten Abschnitt werden nun die Befunde zum Wissensstand des fachdidaktischen Wissens der Lehrkräfte dargelegt.

Befunde zum fachdidaktischen Wissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften

Es gibt wenig Befunde über das fachdidaktische Wissen von (zukünftigen) Lehrkräften in den Naturwissenschaften (Meschede et al., 2017). Ergebnisse aus anderen Fachbereichen (hauptsächlich im Bereich der Mathematik) legen nahe, dass das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte während des Studiums und der Anfangsphase im Schuldienst zunimmt (Blömeke et al., 2008; Riese, Gramzow & Reinhold, 2017). Kleickmann et al. (2013) zeigen, dass das mathematische Fachwissen und fachdidaktische Wissen innerhalb des Studiums und des Referendariats zunehmen und dass das fachdidaktische Wissen von erfahrenen Gymnasiallehrkräften signifikant höher ist als das fachdidaktische Wissen von Lehramtsanwärtern. Ebenso unterscheiden sich das mathematische Fachwissen und fachdidaktische Wissen von Studierenden, die gymnasiales Lehramt studieren, signifikant von dem Wissen der Studierenden, die Lehramt für die Sekundarstufe studieren (Kleickmann et al., 2013). Hier besitzen die Studierenden des gymnasialen Lehramts ein signifikant höheres Wissen. Dollny (2011) zeigt diesen Effekt auch für das Fach Chemie. Auch hier hatten Gymnasiallehrkräfte ein höheres Fachwissen und fachdidaktisches Wissen als Hauptschullehrkräfte. Großschedl et al. (2015) replizieren diesen Effekt auch für Biologielehramtsstudierende. Sie zeigen außerdem, dass das fachdidaktische Wissen der Biologielehramtsstudierenden positiv mit den Lerngelegenheiten - erhoben über die Studiendauer - und ihrer Unterrichtserfahrung korreliert. Somit bieten vermehrt naturwissenschaftliche Lerngelegenheiten mit Erprobungsphasen während des Studiums

eine Möglichkeit, das fachdidaktische Wissen der Studierenden zu steigern. Depaepe et al. (2015) kommen in ihrer Studie zum Fachwissen und fachdidaktischen Wissen von angehenden Grundschullehrkräften im Themenbereich rationale Zahlen zu dem Ergebnis, dass die Grundschulstudierenden ein niedrigeres fachliches Wissen haben als Sekundarstufenstudierende. Grundschulstudierende unterscheiden sich aber in ihrem fachdidaktischen Wissen nicht von den angehenden Sekundarstufenlehrkräften. Im PLUS-Projekt wurden das Fachwissen und fachdidaktische Wissen von Grundschullehrkräften exemplarisch am Thema Aggregatzustände im Sachunterricht betrachtet (Lange, 2010; Ohle et al., 2011). Hier erreichen die Lehrkräfte im fachdidaktischen Wissenstest von möglichen 68 Punkten im Durchschnitt nur 17,49 Punkte, was für ein insgesamt eher niedriges fachdidaktisches Wissen spricht (Lange, 2010). Auch in der Studie von Schmidt (2014) zum Themenbereich Verbrennung erreichen die 203 Sachunterrichtslehrkräfte im Durchschnitt nur 9,79 Punkte von 23 möglichen Punkten im fachdidaktischen Wissenstest. Hier erreichen Lehrkräfte, die eine Ausbildung im Sachunterricht hatten, signifikant mehr Punkte als Lehrkräfte ohne Ausbildung. Studien, die sich explizit mit dem fachdidaktischen Wissen der Lehrkräfte bezüglich der Variablenkontrollstrategie beschäftigen, sind der Kenntnis nach nicht vorhanden.

Fried und Trefzger (2017) untersuchen bei Lehramtsstudierenden, welche Facetten des fachdidaktischen Wissens diese beim Planen und Durchführen von Experimenten benutzen. Fast alle Studierenden dachten bei der Planung und der anschließenden Durchführung der Experimente mit den Kindern über Instruktionsstrategien nach. Die Studierenden beschäftigten sich in der Studie von Fried und Trefzger (2017) erst bei der Durchführung der Experimente mit den Kognitionen der Schülerinnen und Schüler und weniger bei der Planung der Experimente.

Gramzow (2015) und Riese et al. (2017) untersuchen im Projekt ProfiLe-P das fachdidaktische Wissen von Studierenden im Bereich Physik. Sie erfassen die Facette *Experimente* als eigenen Bereich, in dem die Studierenden auch Aspekte der Variablenkontrollstrategie wissen sollen wie z. B. die typischen Schülerinnen- und Schülerfehler und Schwierigkeiten beim Experimentieren. Riese et al. (2017) kommen zu dem Ergebnis, dass die Unterscheidung in die vier fachdidaktischen Facetten *Instruktionsstrategien*, *Schülervorstellungen*, *fachdidaktische Konzepte* und *Experimente* für Lehramtsstudierende ab dem dritten Semester empirisch gestützt wird.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich das fachdidaktische Wissen von Studierenden, die nicht gymnasiales Lehramt studieren, meist signifikant von dem fachdidaktischen Wissen von Gymnasiallehramtsstudierenden unterscheidet und niedriger ist. Ebenso zeigen die Ergebnisse von Lange (2010) und Schmidt (2014), dass das fachdidaktische Wissen von Grundschullehrkräften im Bereich der Naturwissenschaften eher niedrig ist. Studierende denken beim Planen von Experimenten meist über geeignete Instruktionsstrategien nach und weniger über die Kognitionen der Schülerinnen und Schüler.

Befunde zum Zusammenhang zwischen fachdidaktischem Wissen und der Leistung der Schülerinnen und Schüler

Ergebnisse zum Einfluss des fachdidaktischen Wissens einer Lehrkraft auf den Unterricht und die Leistungen der Schülerinnen und Schüler liegen nur sehr wenige vor (Brunner et al., 2006; Kotzebue & Neuhaus, 2016). Einige Evidenzen gibt es für die Sekundarstufe und den Mathematik-, Physik- und Biologieunterricht. Baumert et al. (2010) zeigen in der COACTIV-Studie, dass das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen einen Einfluss auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler hat. Trotz der hohen Korrelationen der beiden Konstrukte erwies sich das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte als prädiktiver für die Unterrichtsqualität und die Schülerinnen- und Schülerleistungen als das Fachwissen. Auch in der Studie von Sadler, Sonnert, Coyle, Cook-Smith und Miller (2013) wirkt sich das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte positiv auf die Lösungshäufigkeiten von Aufgaben aus, in denen alternative Schülerinnen- und Schülervorstellungen angesprochen werden. Für den Biologieunterricht zeigen Förtsch, Werner, Kotzebue und Neuhaus (2016), dass das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte einen indirekten Effekt, mediiert über die kognitive Aktivierung, auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler hat. Coe, Aloisi, Higgins und Major (2014) zeigen in ihrer Metaanalyse zur Wirksamkeit von Lehrkräften, dass das fachdidaktische Wissen der Lehrkraft den stärksten Einfluss auf den Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler hat. Auch im PLUS-Projekt hängt das fachdidaktische Wissen der Sachunterrichtslehrkräfte mit der Leistung der Schülerinnen und Schüler zusammen. Hier hat das fachdidaktische Wissen positiven Einfluss auf das Fachinteresse, das Kompetenzerleben sowie den Aufbau von konzeptionellem Verständnis der Schülerinnen und Schüler (Lange, Kleickmann, Tröbst & Möller, 2012). In keiner dieser Studien wird der Zusammenhang

zwischen dem fachdidaktischen Wissen bezüglich des Experimentierens beziehungsweise der Variablenkontrollstrategie und der Experimentierfähigkeit der Schülerinnen und Schüler betrachtet.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte ein wichtiger Prädiktor für die Unterrichtsqualität und die Leistungen der Schülerinnen und Schüler ist. Studien, die den Einfluss des fachdidaktischen Wissens bezüglich der Variablenkontrollstrategie auf den Unterricht und die Experimentierfähigkeit der Schülerinnen und Schüler betrachten, fehlen bisher.

4.1.3. Zusammenhänge zwischen den Dimensionen des Professionswissens

Aufbauend auf der Definition von Shulman (1986) entwickelten sich zwei unterschiedliche Forschungsströme (siehe Abschnitt 4.1.2). Im transformativen Modell wird das fachdidaktische Wissen als eigene Wissensdomäne gesehen. Zusammenhänge zwischen den beiden domänenspezifischen Wissensbereichen existieren. So zeigen Studien, dass zwischen dem Fachwissen und fachdidaktischen Wissen mittlere bis hohe Zusammenhänge vorliegen (Kotzebue & Neuhaus, 2016). In der COACTIV-Studie korrelierten das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen $r = 0,79$ für die Mathematiklehrkräfte über alle Schularten (Krauss et al., 2011). Das Fachwissen wird hier als essentielle Voraussetzung für das fachdidaktische Wissen gesehen (Baumert et al., 2010). Im Bereich der Biologie wurden für Lehramtsstudierende eine Korrelation von $r = 0,68$ und für Lehrkräfte eine latente Korrelation von $r = 0,48$ gefunden (Großschedl, Mahler, Kleickmann & Harms, 2014; Kleickmann et al., 2014). Jüttner und Neuhaus (2013b) fanden bei ihrer Studie (ProwiN) einen vergleichsweise niedrigen Zusammenhang von $r = 0,22$ für Biologielehrkräfte. Dieser niedrige Zusammenhang ist durch das Testdesign begründet, da hier im fachdidaktischen Wissenstest das benötigte Fachwissen vorgegeben wurde (Jüttner, Boone, Park & Neuhaus, 2013). Für den Physikunterricht wurde eine Korrelation von $r = 0,68$ festgestellt (Riese & Reinhold, 2012). Lange et al. (2015) fanden in der PLUS-Studie einen mittleren korrelativen Zusammenhang von $r = 0,36$ für Sachunterrichtslehrkräfte, welcher wie bei Schmidt (2014) ($r = 0,43$) eher im unteren Bereich liegt.

Tröbst et al. (2018) betrachten in der Studie *teacher knowledge experiment* den Einfluss des Fachwissens und des pädagogischen Wissens auf die Entwicklung des

fachdidaktischen Wissens. Sie zeigen, dass Interventionen, die Fachwissen und pädagogisches Wissen vermitteln, ebenso wie Interventionen, die nur Fachwissen vermitteln, kleine Effekte auf das fachdidaktische Wissen haben. Laut der Studie von Tröbst et al. (2018) macht es für das fachdidaktische Wissen keinen Unterschied, ob nur fachdidaktisches Wissen vermittelt wird oder fachdidaktisches Wissen und Fachwissen gemeinsam vermittelt werden. Sie können somit keine moderierende Wirkung des verfügbaren Fachwissens im Sinne von einer besseren Nutzung der fachdidaktischen Lerngelegenheiten nachweisen. Depaepe et al. (2015) zeigen in ihrer Studie, dass Studierende ein grundlegendes Fachwissen benötigen, um fachdidaktisches Wissen zu entwickeln. In keiner dieser Studien wird das Fachwissen als fachmethodisches Wissen bezüglich der Variablenkontrollstrategie betrachtet.

Zusammenfassend lässt sich für die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer feststellen, dass das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen zwei statistisch trennbare Konstrukte sind, die sich teilweise überlappen.

4.2. Motivationale, volitionale und soziale Bereitschaften und Fähigkeiten

Die in Abschnitt 4 dargestellte Konzeptualisierung der professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften nach Riese (2009) beinhaltet neben dem kognitiven Bereich des Professionswissens auch motivationale Orientierungen und das Belief System. Ziel dieses Teilkapitels ist es, diese beiden Bereiche zu erläutern, auf die Erkenntnisse zu deren Ausprägung und anschließend auf die Möglichkeiten zur Förderung einzugehen. Dazu werden zunächst die motivationalen Orientierungen und dann das Belief System erläutert.

4.2.1. Motivationale Orientierungen

Motivationale Orientierungen wie das Interesse bzw. der Enthusiasmus oder die Selbstwirksamkeitserwartungen sind weitere Bereiche der Kompetenz der Lehrkräfte. Die Annahme besteht, dass motivationale Orientierungen bedeutend sind für die Qualität des professionellen Handelns der Lehrkräfte (Kleickmann, 2015; Kunter, 2011). Laut Baumert und Kunter (2006, S. 501) sind motivationale Orientierungen „für die psychische Dynamik des Handelns, die Aufrechterhaltung der Intention und die Überwachung

und Regulation des beruflichen Handelns über einen langen Zeitraum verantwortlich“. So zeigen verschiedene Studien die Bedeutung der motivationalen Merkmale der Lehrkräfte für die Gestaltung des Unterrichtsalltags und die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler (Kleickmann, 2015; Kunter et al., 2008). Im Folgenden wird zuerst auf das Interesse bzw. den Enthusiasmus und dann auf die Selbstwirksamkeitserwartungen der Lehrkräfte eingegangen. Zuerst werden die Begriffe definiert, anschließend ihr Einfluss auf das Unterrichten der Lehrkräfte erläutert und dann Befunde zur Ausprägung bei Grundschullehrkräften und mögliche Fördermaßnahmen berichtet.

Interesse Wenn eine Person mehr über einen Gegenstand wissen will, ihm eine Wichtigkeit zuschreibt und sich gerne mit ihm auseinandersetzt, dann zeigt diese Person Interesse. Interesse beschreibt somit die positive Beziehung zwischen einer Person und einem Gegenstand und ist objektbezogen (Krapp, 2010). Diese positive Beziehung zwischen der Person und dem Gegenstand zeigt sich in den drei Ausprägungen emotional, kognitiv und wertbezogen (Hidi, Renninger & Krapp, 2004; Silvia, Henson & Templin, 2009). Die Person empfindet positive Gefühle, wenn sie sich mit dem Gegenstand auseinandersetzt, will mehr über ihn wissen und gewichtet den Gegenstand als sehr bedeutsam. Lehrkräfte mit einem hohen Interesse an ihrem Fach empfinden somit positive Gefühle, wenn sie sich mit den Fachinhalten auseinandersetzen, wollen mehr neue Sachen über das Fach wissen und empfinden das Fach als bedeutsam. Beim Interesse wird zwischen einem situationalen Interesse und einem individuellen oder persönlichen Interesse unterschieden (Hidi & Renninger, 2006; Krapp, 1992). Das situationale Interesse beschreibt einen kurzfristigen Zustand während der Interaktion einer Person mit seiner Umwelt z. B. eine Lernsituation. Während dieser Interaktion empfindet die Person die drei Ausprägungen des Interesses. Das individuelle Interesse zeichnet sich als stabile Verhaltensdisposition aus (Bergin, 1999; Rotgans & Schmidt, 2017). Personen zeigen beim individuellen Interesse eine domänenspezifische Präferenz über einen längeren Zeitraum. Das situationale Interesse kann die Grundlage für das individuelle Interesse sein (Lewalter & Willems, 2009).

Das Konstrukt des individuellen Interesses an einem Gegenstand ist konzeptuell sehr nah am Konstrukt des Fachenthusiasmus (Kunter et al., 2008). Beim Enthusiasmus wird eine tätigkeitsbezogene Dimension - Enthusiasmus für das Unterrichten - und eine fachbezogene Dimension - Enthusiasmus für das Fach - unterschieden (Kunter, 2011).

Das Konzept des Enthusiasmus wird insbesondere im Kontext der Forschung zu Lehrkräften verwendet und korrelative und experimentelle Studien zeigen, dass Schülerinnen und Schüler von enthusiastischen Lehrkräften eine höhere fachliche Motivation und höhere Leistungen aufweisen (Kunter, 2011; Patrick, Turner, Meyer & Midgley, 2003). Bei der Unterscheidung zwischen dem Enthusiasmus für das Fach und dem Enthusiasmus für das Unterrichten zeigt Kunter (2011), dass Kinder, die von Lehrkräften mit einem hohen Unterrichtsenthusiasmus unterrichtet werden, bessere Leistungen und mehr Zuwachs an fachbezogener Freude zeigen als Kinder, die von Lehrkräften mit einem niedrigen Unterrichtsenthusiasmus unterrichtet werden. Dieser Effekt ist nur für den Unterrichtsenthusiasmus sichtbar und nicht für den Fachenthusiasmus. Dies machen auch die Ergebnisse für das unterrichtliche Handeln der Lehrkräfte deutlich (Kunter, 2011). Möller, Kleickmann und Lange (2013) zeigen in der PLUS-Studie, dass es keinen Unterschied zwischen Grundschullehrkräften und Gymnasiallehrkräften bezüglich des Enthusiasmus am Unterrichten von physikalischen Inhalten gibt, aber einen Unterschied im Fachenthusiasmus. Gymnasiallehrkräfte weisen mehr Fachenthusiasmus als Grund- und Hauptschullehrkräfte auf. In der PLUS-Studie wurde der Enthusiasmus beziehungsweise das Interesse der Lehrkräfte äquivalent verwendet (Kauertz et al., 2011). Kleickmann et al. (2016) machen in ihrer Studie sichtbar, dass sich das Interesse von Grundschullehrkräften bezüglich Physik mittels einer Fortbildung mit intensivem Scaffolding steigern lässt.

Zusammenfassend lässt sich somit sagen, dass das Interesse beziehungsweise der Enthusiasmus einen Einfluss auf die Qualität des Unterrichts und folglich auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler haben kann. Dabei ist der Unterrichtsenthusiasmus entscheidender als der Fachenthusiasmus.

Selbstwirksamkeit Das Konzept der Selbstwirksamkeitserwartungen beruht auf der Theorie des *Social Learning* von Bandura (1997). Wenn Personen denken, dass sie eine Handlung ausführen können (self-efficacy expectation) und diese ein positives Ergebnis erzeugen wird (outcome expectation), dann sind sie für diese Handlung beziehungsweise Leistung motiviert (Riese, 2009). Schwarzer und Jerusalem (2002) unterscheiden zwischen allgemeiner, bereichsspezifischer und situationsspezifischer Selbstwirksamkeitserwartung. Während die allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung sich bei Lehrkräften dadurch äußert, dass sie der Überzeugung sind, Wirkungen auf Lernende zu haben,

bezieht sich die bereichsspezifische und die situationsspezifische Selbstwirksamkeitserwartung auf einen Bereich, wie zum Beispiel die Naturwissenschaften (Schwarzer & Jerusalem, 2002). Die Selbstwirksamkeitserwartung beruht dabei auf einer selbstwahrgenommenen Beurteilung der eigenen Kompetenzen. Selbstwirksame Personen führen eine Handlung trotz Widerständen weiter aus. Nach dem Barriere-Prinzip zeigt sich die Selbstwirksamkeitserwartung erst bei Herausforderungen und neuen Situationen (Schwarzer & Jerusalem, 2002). Personen mit einer hohen Selbstwirksamkeitserwartung haben in schwierigen Situationen ein hohes Durchhaltevermögen und eine ausgeprägte Anstrengungsbereitschaft (Parker, Marsh, Ciarrochi, Marshall & Abduljabbar, 2014; Schwarzer & Jerusalem, 2002).

Somit haben Lehrkräfte mit einer hohen Selbstwirksamkeitserwartung zum Beispiel ein längeres Durchhaltevermögen in schwierigen Situationen, arbeiten länger mit schwierigen Schülerinnen und Schülern und beeinflussen die Leistungen von Schülerinnen und Schülern dadurch positiv (Caprara, Barbaranelli, Steca & Malone, 2006; Tschannen-Moran, Hoy & Hoy, 1998). Ebenso hat der Unterricht von Lehrkräften mit einer hohen Selbstwirksamkeitsüberzeugung eine höhere Qualität, erfasst über die drei Basisdimensionen kognitive Aktivierung, Klassenführung und individuelle Unterstützung (Holzberger, Philipp & Kunter, 2013). Im Bezug auf das Unterrichten von Naturwissenschaften haben viele Grundschullehrkräfte eher geringere Selbstwirksamkeitsüberzeugungen und versuchen Themenbereiche aus der Physik und Chemie eher zu vermeiden (Appleton, 2007; Möller, 2004; Kleickmann, 2015). Kleickmann (2015) beschreibt in seinem Überblicksartikel, dass Lehrkräfte, die eine geringe naturwissenschaftliche Selbstwirksamkeitserwartung haben, dazu neigen, anspruchsvolle naturwissenschaftliche Lernsituationen zugunsten eines eher expositorischen Unterrichts zu meiden. Im Gegensatz zum Interesse können die Selbstwirksamkeitserwartungen von Lehrkräften bereits durch das Bereitstellen geeigneter Unterrichtsmaterialien gesteigert werden (Kleickmann et al., 2016). Pawelzik, Todorova, Leuchter und Möller (2016) zeigten, dass Studierende, die ein Praktikum mit dem Fokus auf Sachunterricht absolvierten, eine höhere Selbstwirksamkeitsüberzeugung bezüglich des Unterrichts von naturwissenschaftlichen Inhalten hatten als Studierende mit einem normalen Praktikum.

Zwischen dem Konstrukt der *Selbstwirksamkeitserwartung* und dem motivationalen Konstrukt *Selbstkonzept* besteht eine Beziehung (König, Kaiser & Felbrich, 2012). Typische Formulierungen für das Selbstkonzept sind, wie z. B. „Ich bin in Biologie

begabt“, wohingegen die Selbstwirksamkeitserwartung anhand genauer Handlungsweisen abgefragt wird z. B. „Ich traue mir zu, Experimente in den Unterricht zum Thema *Elektrischer Strom* zu integrieren, auch wenn meine Vorkenntnisse im Experimentieren gering sind“. Das Selbstkonzept ist dabei eine eher globalere Einschätzung darüber, *wer man ist* und *was man kann* (Rabe, Meinhardt & Krey, 2012), während sich die Selbstwirksamkeitserwartung erst bei Herausforderungen oder Barrieren zeigt. In der vorliegenden Arbeit wird das Selbstkonzept anhand von direkten Handlungen der Lehrkräfte abgefragt ohne auf Barrieren oder Herausforderungen einzugehen. Zadeh und Peschel (2018) zeigen, dass Studierende des Sachunterrichts über ein hohes Selbstkonzept bezüglich ihrer physikalischen Experimentierkompetenz verfügen und dies höher ist als ihr Selbstkonzept bezüglich der physikalischen Fachkompetenz. Das Selbstkonzept der Studierenden bezüglich der physikalischen Experimentierkompetenz ist nach einer Lehrveranstaltung mit offenem Experimentieren signifikant höher als zuvor (Zadeh & Peschel, 2018). Zadeh und Peschel (2018) sehen das offene Experimentieren als eine Art Türöffner, um den Grundschullehramtsstudierenden die Physik näher zu bringen. Brandt, Möller und Kohse-Höinghaus (2008) zeigten, dass sich das fachbezogene Selbstkonzept von Kindern durch das praktische Experimentieren steigern lässt.

Alles in allem lässt sich feststellen, dass die motivationalen Orientierungen der Lehrkräfte einen großen Einfluss darauf haben, wie Lehrkräfte unterrichten. Lehrkräfte handeln im Unterricht zielgerichtet und werden gleichzeitig auch mit Misserfolgen und Hindernissen konfrontiert. Hier entscheiden Lehrkräfte oft bewusst, wie sie mit diesen Situationen umgehen und dies geschieht auf Basis ihrer Einstellungen und Vorstellungen. So wirken die motivationalen Orientierungen auf den Unterricht und dieser auf die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler. Holzberger et al. (2013) zeigen in ihrer Studie, dass es noch nicht klar ist, ob die motivationalen Orientierungen Ursache oder Folge des Unterrichts sind oder ob zwischen den beiden Bereichen reziproke Beziehungen bestehen.

4.2.2. Belief System

Das *Belief System* bildet nach dem Modell von Riese (2009) zusammen mit den motivationalen Überzeugungen den zweiten bedeutenden Bestandteil der professionellen Handlungskompetenz der Lehrkräfte neben dem Professionswissen. Ziel dieses Teilkapitels ist es, das Belief System mit seinen Teilbereichen darzustellen und den Einfluss

auf das Handeln der Lehrkräfte und mittels des Unterrichts auf die Schülerinnen und Schüler zu erläutern. Dazu wird erst der Begriff *Belief* genauer beschrieben und eine Anschlussfähigkeit zur aktuellen Forschung hergestellt. Anschließend werden die Befunde zum Zusammenhang zwischen den Überzeugungen der Lehrkräfte und ihrem unterrichtlichen Handeln dargelegt und auf den Einfluss auf die Schülerinnen und Schüler eingegangen. Dann werden die vorhandenen Befunde zu den Überzeugungen von Grundschullehrkräften gegenüber Naturwissenschaften erläutert und Möglichkeiten zur Förderung aufgezeigt.

Der Begriff *Belief* ist nach Pajares (1992) ein *messy construct*, das sehr unterschiedlich definiert wird (Überblick über Definitionen Jones & Carter, 2007). In Anlehnung an Riese (2009) und auch Brunner et al. (2006) werden im folgenden *Beliefs* als Überzeugungen verstanden. Überzeugungen werden „als überdauernde Vorstellungen und Hypothesen definiert“ (Riese, 2009, S. 50). Die Überzeugungen einer Person sind somit implizite oder explizite subjektive Meinungen und Annahmen, die die Handlungen und Wahrnehmung beeinflussen (Baumert & Kunter, 2006; Riese, 2009).

In Anlehnung an Riese (2009) lassen sich die Überzeugungen der Lehrkräfte in unterschiedliche Bereiche differenzieren:

- Wissenschaftstheoretische Überzeugungen zur Natur der akademischen Disziplin - nature of science
- Überzeugungen über das Lehren und Lernen, hier insbesondere des Unterrichtsfachs Sachunterricht
- Fachübergreifende Überzeugungen zur Lehrerrolle und zur Rolle von Schule
- Überzeugungen über Inhalte der Lehrerausbildung

Im folgenden Abschnitt wird auf die *wissenschaftstheoretischen Überzeugungen zur Natur der akademischen Disziplin - nature of science* und die *Überzeugungen über das Lehren und Lernen, hier insbesondere des Unterrichtsfachs Sachunterricht* eingegangen, weil diese spezifische Überzeugungen für den Sachunterricht sind.

Der Bereich wissenschaftstheoretische Überzeugungen zur Natur der akademischen Disziplin entspricht im naturwissenschaftlichen Unterricht dem Konstrukt Überzeugungen zu *nature of science*. Lederman, Lederman und Antink (2013) zählen folgende Aspekte zu einem angemessenen Verständnis der Natur der Naturwissenschaften: die

Unterscheidung zwischen Beobachtung und Schlussfolgerung, der Unterschied zwischen naturwissenschaftlichen Gesetzen und Theorien, die Subjektivität des Naturwissenschaftlers während des Erkenntnisprozesses, der sozialen, kulturellen und technologischen Einfluss auf den Erkenntnisprozess, die Vorläufigkeit und Veränderlichkeit des naturwissenschaftlichen Wissens und der Einfluss von Vorstellungskraft und Kreativität auf das naturwissenschaftliche Wissen, obwohl es aus Experimenten und Beobachtungen gewonnen wird. Ebenso betonen Lederman et al. (2013), dass es einen Unterschied zwischen *nature of science* und dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess gibt.

Lederman (2007) zeigt in seinem Review auf, dass Lehrkräfte kein adäquates Verständnis von der Natur der Naturwissenschaften haben und dieses mittels expliziten Fortbildungsangeboten wie Kursen zur Philosophie der Naturwissenschaften verändert werden kann. Die Überzeugungen der Lehrkräfte über die Natur der Naturwissenschaften beeinflussen wiederum das Verständnis von Naturwissenschaften und wie sie diese im Unterricht vermitteln (Lederman, 2007). Über die Überzeugungen von Sachunterrichtslehrkräften zur Natur der Naturwissenschaften und ihren Einfluss auf den Unterricht gibt es der Kenntnis nach keine Studien.

Bei den Überzeugungen der Lehrkräfte gegenüber dem Lehren und Lernen kann zwischen eher sogenannten traditionellen, transmissiven Überzeugungen, bei denen der Lehrkraft die Aufgabe zukommt, das Wissen an die Schülerinnen und Schüler zu übertragen, und eher konstruktivistischen Überzeugungen unterschieden werden (Hartinger, Kleickmann & Hawelka, 2006). Im Grundschulbereich wird zusätzlich eine eher praktizistische Überzeugung vorgefunden, bei der die Lehrkräfte der Meinung sind, dass die Kinder konzeptuelles Verständnis am Besten durch *hands-on-activities* erlernen können (Hartinger et al., 2006). Grundschullehrkräfte zeigen insgesamt eine stärkere Lernerorientierung als Lehrkräfte der Sekundarstufe (Gess-Newsome, 1999a), aber auch bei ihnen werden alle drei Arten von Überzeugungen vorgefunden (Kleickmann, 2008). Dunker (2016) zeigt, dass Sachunterrichtslehrkräfte sehr oft die Überzeugung zum Experimentieren besitzen, dass Lernen durch Handeln stattfindet. Dabei dient das Experimentieren meist nur dem *handelnden Tun* der Schülerinnen und Schüler ohne Erkenntnisgewinn für die Lernenden. Die Kinder werden während des *handelnden Tuns* selten unterstützt, über die Strategie hinter den Experimenten (Variablenkontrollstrategie) nachzudenken.

Kleickmann (2008) zeigt für den Sachunterricht, dass es positive Zusammenhänge zwischen konstruktivistisch orientierten Überzeugungen über das Lehren und Lernen

und dem Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler gibt. Erwartungsgemäß hängen auch transmissive Überzeugungen über das Lehren und Lernen negativ mit dem Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler zusammen. Dies zeigen Staub und Stern (2002) und Voss, Kleickmann, Kunter und Hachfeld (2011) auch für den Mathematikunterricht. Hartinger et al. (2006) fanden in ihrer Studie Zusammenhänge zwischen den Überzeugungen der Lehrkräfte und der Unterrichtsgestaltung. So haben Schülerinnen und Schüler im Unterricht von Lehrkräften, die konstruktivistische Überzeugungen aufweisen, mehr Freiräume und können durch diese Freiräume auch häufiger den Umgang mit Variablen trainieren. Konstruktivistische Überzeugungen über das Lehren und Lernen lassen sich mittels längerer Fortbildungen bei Lehrkräften aufbauen und transmissive abbauen, wenn die Inhalte der Fortbildung als Herausforderung wahrgenommen werden (Kleickmann, 2015).

Insgesamt wird den Überzeugungen der Lehrkräfte eine hohe Bedeutung für das unterrichtliche Handeln zugeschrieben, da sie sich besonders auf das Verständnis von Unterrichtssituationen auswirken können (Baumert & Kunter, 2006; Richardson, 1996; Riese, 2009). Die Überzeugungen der Lehrkräfte beeinflussen viele Bereiche des Lehrens wie z. B. die Auswahl des Unterrichtsgegenstandes, die Planung und Durchführungen des Unterrichts, die Wahrnehmung von Unterricht und die Auswahl von Handlungsalternativen (Keys & Bryan, 2001; Pajares, 1992; Richardson, 1996; Wahl, 2001). Den Überzeugungen der Lehrkräfte wird in gewisser Weise die Funktion einer Brücke zugeschrieben, welche die Verbindung zwischen Wissen und Handeln darstellt (Blömeke et al., 2008). Die momentane Befundlage der Relevanz der Überzeugungen für das Geschehen im Unterricht ist noch unklar, da sich die geäußerten Überzeugungen der Lehrkräfte und ihr Handeln im Unterricht öfter widersprechen (Jones & Carter, 2007; Kleickmann, 2015; Leuchter, Reusser, Pauli & Klieme, 2008).

Zusammenfassend über die beiden Bereiche Professionswissen (Abschnitt 4.1) und motivationale, volitionale und soziale Bereitschaften und Fähigkeiten (Abschnitt 4.2) lässt sich feststellen, dass die einzelnen Bereiche der professionellen Handlungskompetenz der Lehrkräfte Einfluss auf den Unterricht und die Leistungen der Schülerinnen und Schüler haben können. Wie in Abschnitt 4.1 dargestellt, entwickelt sich das Fachwissen sowie das fachdidaktische Wissen meist im Studium und zu Beginn des praktischen Unterrichtens. Für den Bereich des Sachunterrichts zeigt sich eine Besonderheit, da der Sachunterricht aus vielen unterschiedlichen Bezugsdisziplinen besteht. Wie die

Ausbildung dem Anspruch gerecht wird, die fachspezifischen Wissensdimensionen in allen Bereichen zu entwickeln, wird im nächsten Teilabschnitt dargestellt.

4.3. Einfluss der universitären Ausbildung auf das naturwissenschaftliche professionelle Wissen von Sachunterrichtslehrkräften

In Teilkapitel 4.1 wurde dargestellt, dass die fachspezifischen Wissenskomponenten bedeutend für den Lernerfolg und die Interessensentwicklung der Schülerinnen und Schüler sein können. Diese beiden Wissenskomponenten entwickeln sich während der Ausbildung der Lehrkräfte und während des Unterrichtens. Die Ausbildung von Lehrkräften erfolgt in Deutschland über drei Phasen. Die erste Phase findet an Universitäten und pädagogischen Hochschulen statt, der Schwerpunkt liegt hier auf der wissenschaftlichen Ausbildung (Blömeke, 2004). Die zweite Phase (Referendariat) findet anschließend in Studienseminaren und Zentren für schulpraktische Ausbildung und an Schulen statt. Dabei liegt der Schwerpunkt in der praktischen Anwendung des im Studium erworbenen fachlichen und fachdidaktischen Theoriewissens. In der zweiten Phase wird nach Blömeke (2004) besonders Handlungswissen erworben. Die dritte Phase der Ausbildung der Lehrkräfte ist die Fort- und Weiterbildung während des Berufs. In dieser Phase vertieft und festigt die Lehrkraft ihr professionelles Wissen (Schmidt, 2014). Bei der Entwicklung des Professionswissens ist besonders die erste Phase der Ausbildung der Lehrkräfte entscheidend, da hier die wissenschaftlichen Inhalte vermittelt werden. Ziel dieses Kapitels ist es deswegen, die Ausbildungssituation der Grundschullehrkräfte im Bereich des Sachunterrichts darzustellen. Dazu wird kurz nochmals darauf eingegangen, was eine gute Sachunterrichtslehrkraft ausmacht. Im Anschluss daran werden die momentane Ausbildungssituation in Deutschland erläutert und empirische Befunde zum Einfluss der Ausbildung auf das Wissen der Lehrkräfte dargestellt.

Kunter und Pohlmann (2009) beschreiben den Beruf als Lehrkraft über die Anforderungen an diese. Lehrkräfte stellen sich flexibel auf neue Menschen und Situationen ein, bieten individuelle Lerngelegenheiten an und beziehen bei ihrem Handeln den momentanen wissenschaftlichen Diskurs ein (Kunter & Pohlmann, 2009). Für das professionelle Handeln der Lehrkraft benötigen sie nach dem Modell von Riese (2009) angelehnt an Baumert und Kunter (2006) Professionswissen und motivationale, volitio-

nale und soziale Bereitschaften und Fähigkeiten. Für den pädagogisch-psychologischen Bereich hat die Kultusministerkonferenz (KMK) allgemein gültige Kompetenzen in den vier Bereichen *Unterrichten, Erziehen, Beurteilen* und *Innovieren* aufgestellt (Kultusministerkonferenz, 2014). Diese decken die fachunabhängigen Kernaufgaben einer Lehrkraft ab (Schmidt, 2014). Für den fachlichen Bereich hat die Kultusministerkonferenz inhaltliche Anforderungen für das Lehramtsstudium entwickelt (Kultusministerkonferenz, 2019). Für jedes Fach an den weiterführenden Schulen wurde ein fachspezifisches Kompetenzprofil erstellt und die Studieninhalte jeweils für Sekundarstufe I und II formuliert (Kultusministerkonferenz, 2019). Für das Studium des Grundschullehramts wurde ein primarstufenspezifisches Kompetenzprofil entwickelt und für die Studienbereiche Bildungswissenschaften, Deutsch, Mathematik, Fremdsprachenunterricht, Sachunterricht, ästhetische Bildung (Kunst, Musik, Bewegung) und Religion die Studieninhalte definiert. Im Bereich des Sachunterrichts wird jeweils kurz auf die Fachperspektive Raum, die Fachperspektive Zeit, die naturwissenschaftliche Fachperspektive und technische Fachperspektive eingegangen. Zusätzlich wird noch gefordert, dass die Studierenden Hypothesenbildung und -überprüfung erlernen (unter anderem die Variablenkontrollstrategie) (Kultusministerkonferenz, 2019). Der Blick in die inhaltlichen Anforderungen für den Sachunterricht zeigt, dass es an einer detaillierten und umfassenden Beschreibung der Anforderungen an eine Sachunterrichtslehrkraft mangelt (Schmidt, 2014). Diese wäre wegen der Besonderheit des Sachunterrichts als vielperspektives Fach mit seinen vielen Inhalten aus natur- und gesellschaftswissenschaftlichen Disziplinen für die Ausbildung hilfreich. Die Gesellschaft des Sachunterrichts hat es sich deswegen zum Ziel gesetzt, Mindeststandards für die Lehrerbildung im Bereich Sachunterricht zu entwickeln (Gläser & Schomaker, 2014).

In diesem Zusammenhang wird die momentane Ausbildungssituation in der ersten Phase der Lehramtsausbildung betrachtet. Das Lehramt für Grundschule wird in Deutschland an Universitäten und pädagogischen Hochschulen (Baden-Württemberg) als Studiengang angeboten. In sieben von 16 Bundesländern wird dieses Studium mit einem Staatsexamen abgeschlossen und neun Bundesländer verfolgen das Bachelor-Master-System (Baumgardt & Kaiser, 2015; Kultusministerkonferenz, 2017). Innerhalb des Lehramtsstudiums für Grundschullehrkräfte wird zwischen drei grundsätzlichen Typen von Sachunterrichtsstudiengängen unterschieden: fachbezogene, lernbereichsbezogene und integrative Studiengänge (Gläser & Schomaker, 2014; Fischer, 2012; Möller, 2004).

Der fachbezogene Studiengang ist laut Fischer (2012, S.12) die „einzelfachliche Lösung“. Studierende in diesem Studiengang entscheiden sich für ein Fach aus den Bezugsdisziplinen des Sachunterrichts und studieren dieses Fach. Diesen Studiengangstyp gibt es an keiner Universität mehr ausschließlich. In den Inhalten des fachbezogenen Studiengangs sind selten spezifische Inhalte für die Grundschule oder den Sachunterricht enthalten (Schmidt, 2014). Somit entspricht er nicht dem Verständnis des Sachunterrichts als vielperspektivisches und interdisziplinäres Fach. Falls Studierende kein naturwissenschaftliches Fach wählen, kommen sie während ihres Studiums nicht mit naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden wie dem Experimentieren unter Verwendung der Variablenkontrollstrategie in Kontakt.

Studierende, die in lernbereichsbezogenen Studiengängen sind, entscheiden sich zwischen dem natur- und dem gesellschaftswissenschaftlichen Lernbereich (Schmidt, 2014). Innerhalb eines Lernbereichs beziehen sich die vermittelten Inhalte auf mehr als eine Bezugsdisziplin des Sachunterrichts. Zum Lernbereich Naturwissenschaften gehören in der Regel die Fächer Biologie, Chemie, Physik und Technik. Geografie, Geschichte, Haushaltswissenschaften und Sozialwissenschaften sind großteils die Bezugsdisziplinen für den gesellschaftswissenschaftlichen Bereich. Vielmals wird innerhalb des Lernbereichs ein Leitfach gewählt, in dem ein Großteil der Veranstaltungen besucht wird. Die anderen Disziplinen des Lernbereichs werden innerhalb weniger Semesterwochenstunden vermittelt (Schmidt, 2014), und eine Vermittlung der Variablenkontrollstrategie ist nicht sichergestellt. Diese Form der Ausbildung entspricht auch nicht vollständig dem momentanen Verständnis des Sachunterrichts.

Diesem Verständnis entsprechen die integrativen Sachunterrichtsstudiengänge. Hier werden alle Aspekte des Sachunterrichts abgedeckt. Dies geschieht mittels zwei unterschiedlicher Herangehensweisen. An einigen Universitäten gibt es die Möglichkeit, Sachunterricht als eigenes, integratives Fach zu studieren. Meist haben diese Universitäten ein eigenes Institut oder Seminar für Sachunterrichtsdidaktik (Schmidt, 2014). Die zweite Herangehensweise bei integrativen Sachunterrichtsstudiengängen ist, dass der Sachunterricht Teil der Grundschulpädagogik/-didaktik ist. Hier werden in der Regel mehrere Didaktikfächer gewählt, die sich dann mit der jeweiligen für das Fach spezifischen Grundschuldidaktik beschäftigen. Da die Studierenden laut der inhaltlichen Anforderungen für das Lehramtsstudium Hypothesenbildung und -überprüfung erlernen sollen (Kultusministerkonferenz, 2019), kann in diesen Studiengängen davon

ausgegangen werden, dass die Variablenkontrollstrategie vermittelt wird. Fiebig und Merckens (2012) weisen darauf hin, dass durch diese Ausbildung die Studierenden eher zur Klassenlehrkraft als zur Fachlehrkraft ausgebildet werden.

Möller (2004) zeigt, dass 82 Prozent der Lehrkräfte in ihrem Studium nur wenig oder gar nicht mit Physik in Kontakt kamen und circa 50 Prozent Physik gezielt gemieden haben. Diese Tendenz replizieren auch die Ergebnisse von Peschel (2007) und Drechsler und Gerlach (2001). 62 Prozent der Sachunterrichtslehrkräfte in Nordrhein-Westfalen unterrichten fachfremd Sachunterricht und von den 38 Prozent ausgebildeten Sachunterrichtslehrkräften sind nur 17 Prozent in den Naturwissenschaften ausgebildet (Peschel, 2007). Drechsler und Gerlach (2001) befragten 666 Sachunterrichtslehrkräfte im Rhein-Main-Gebiet und kamen zu dem Ergebnis, dass 55,5 Prozent nicht im Sachunterricht ausgebildet sind und nur 21,5 Prozent in den Naturwissenschaften.

Aufbauend auf der sehr heterogenen Ausbildungssituation stellt sich die Frage, wie die Ausbildungssituation und das erworbene Professionswissen der Lehrkräfte zusammenhängen.

Schmidt (2014) zeigt in ihrer Studie, dass das fachliche Wissen von Lehrkräften mit einer naturwissenschaftlichen Ausbildung im Themenbereich Verbrennung signifikant höher ist als das Fachwissen von Lehrkräften mit einer gesellschaftswissenschaftlichen Ausbildung oder keiner Ausbildung im Sachunterricht. Beim fachdidaktischen Wissen zeigt sich dieser Effekt nicht. Hier gibt es keinen Unterschied zwischen den Lehrkräften mit einer naturwissenschaftlichen Ausbildung und den Lehrkräften mit einer gesellschaftswissenschaftlichen Ausbildung. Diese beiden Gruppen unterscheiden sich aber signifikant von den Lehrkräften ohne Ausbildung im Sachunterricht. Bei einer genaueren Betrachtung der Daten, unter Einbezug der Unterrichtserfahrung, kommt Schmidt (2014) zu dem Ergebnis, dass erfahrene Lehrkräfte mit naturwissenschaftlicher Ausbildung ein höheres fachdidaktisches Wissen haben als erfahrene Lehrkräfte mit gesellschaftswissenschaftlicher Ausbildung. Schmidt (2014) interpretiert die Ergebnisse dahingehend, dass Lehrkräfte mit einer naturwissenschaftlichen Ausbildung vermehrt fachwissenschaftliche Lerngelegenheiten während des Studiums hatten. Diese Lerngelegenheiten sind für das fachdidaktische Wissen im Themenbereich Verbrennung somit notwendig, aber nicht ausreichend, um ein höheres Wissen aufzubauen als Lehrkräfte, die keine Ausbildung im Sachunterricht besitzen. Erst durch die Unterrichtserfahrung können Lehrkräfte mit naturwissenschaftlicher Ausbildung ihr fachdidaktisches Wissen steigern und unterschei-

den sich dann signifikant von erfahrenen Lehrkräften mit gesellschaftswissenschaftlicher Ausbildung (Schmidt, 2014). Studien, die sich mit dem fachmethodischen Wissen der Grundschullehrkräfte beschäftigen, sind der Kenntnis nach nicht vorhanden. Die Studie von Bohrmann, Todorova und Möller (2016) zeigt, dass Kinder, die von Lehrkräften mit einem hohen naturwissenschaftsspezifischen Aus- und Fortbildungshintergrund unterrichtet werden, signifikant bessere Leistungen bezüglich ihrer experimentellen Kompetenzen zeigen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Ausbildungssituation im Sachunterricht sehr heterogen ist und sich auch die Anteile der Creditpunkte im Studium zwischen den Bundesländern sehr unterscheiden (Bayern: 9 LP; NRW: 55 LP). Studierende in den fachbezogenen und lernbereichsbezogenen Studiengängen können somit Sachunterricht studieren ohne jemals mit naturwissenschaftlichen Inhalten in Kontakt gekommen zu sein. Laut den Ergebnissen der Studien von Möller (2004), Peschel (2007) und Drechsler und Gerlach (2001) trifft dies auf viele Lehrkräfte zu, was sich laut der Studie von Schmidt (2014) auch auf das fachbezogene Wissen der Lehrkräfte auswirkt. Ein hoher bereichsspezifischer Aus- und Fortbildungshintergrund wirkt sich aber wiederum auf die Schülerinnen und Schüler aus.

5. Möglichkeiten zur Förderung des naturwissenschaftlichen professionellen Wissens

Sachunterrichtslehrkräfte sind während des Unterrichtens mit vielen verschiedenen Erklärungen der Schülerinnen und Schüler zu naturwissenschaftlichen Phänomenen konfrontiert. Diese Erklärungen entsprechen oft nicht dem korrekten wissenschaftlichen Konzept (Linn & Eylon, 2006; Kleickmann et al., 2016). Die Lehrkräfte stehen somit vor der Aufgabe, diese Erklärungen zu erkennen und aufzugreifen und Lernsituationen bereitzustellen, in denen die Kinder adäquate, wissenschaftlich korrekte Erklärungen aufbauen können. Grundschullehrkräfte sind in vielen Ländern als Generalisten ausgebildet und haben oft keine naturwissenschaftliche Ausbildung (Appleton, 2007). Sie trauen sich in den sogenannten harten Naturwissenschaften (Physik, Chemie) oft wenig zu und haben naive Überzeugungen im Bezug auf das Unterrichten von Naturwissenschaften (Appleton, 2007). Es existiert eine große Lücke zwischen den Erwartungen an die Lehrkräfte und den Fähigkeiten der Lehrkräfte, diese Erwartungen zu erfüllen (Kleickmann et al., 2016). Die Lehrkräfte sind somit auf Fort- und Weiterbildungsangebote während des Schuldienstes angewiesen (Davis, Petish & Smithey, 2006). Eine Möglichkeit, mit der sich Lehrkräfte weiterbilden können, ist es, den Lehrkräften aufbereitete Materialien bereit zu stellen, mit denen sie sich im Selbststudium weiterbilden können (Kleickmann et al., 2016). Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass die Lehrkräfte an Präsenzfortbildungen teilnehmen. In jedem Bundesland sind dazu spezifische Fortbildungszentren vorhanden, an denen die Lehrkräfte Fortbildungen vor Ort aufsuchen können.

Ziel dieses Kapitels ist es, Möglichkeiten aufzuzeigen, wie Lehrkräfte Aspekte der professionellen Handlungskompetenz erweitern können und wie Fortbildungen und Materialien sie dabei unterstützen können.

Das folgende Kapitel erklärt zuerst Fortbildungen und im Anschluss daran Schulbücher als eine Form der Unterrichtsmaterialien als Fortbildungsmöglichkeiten.

5.1. Fortbildungen

Wie unter Abschnitt 4.2.1 beschrieben, lassen sich die motivationalen Orientierungen und die Überzeugungen von Grundschullehrkräften mittels Fortbildungen steigern (Kleickmann et al., 2016).

Ziel dieses Kapitels ist es, die Gelingensfaktoren von wirksamen Fortbildungen im Allgemeinen sowie in Bezug auf die Variablenkontrollstrategie im Besonderen zu erläutern. Dazu werden Fortbildungen erst allgemein definiert und anschließend wird betrachtet, auf welchen Ebenen sie wirken können. Abschließend werden Faktoren dargestellt, die für das Gelingen naturwissenschaftlicher Fortbildungen beachtet werden.

Lehrerinnen- und Lehrerfortbildungen werden im BayLBG (Art. 20 Abs. 1) folgendermaßen definiert: „Die Fortbildung des Lehrers dient der Erhaltung der für die Ausübung des Lehramts erworbenen Fähigkeiten und deren Anpassung an die Entwicklung der Erkenntnisse der Wissenschaft bzw. der Wirtschafts- und Arbeitswelt.“ Sie unterscheiden sich von Weiterbildungen darin, dass Lehrkräfte in Weiterbildungen zusätzliche Qualifikationen zur Übernahme von neuen Funktionen und Ämtern erwerben (Fussangel, Rürup & Gräsel, 2015; Terhart, 2000). Laut Daschner (2004, S. 291) dient die Lehrerinnen- und Lehrerfortbildung „der Erhaltung und Erweiterung der beruflichen Kompetenz der Lehrperson und trägt dazu bei, dass Lehrerinnen und Lehrer den jeweils aktuellen Anforderungen ihres Lehramts entsprechen und den Erziehungs- und Bildungsauftrag der Schule erfüllen können.“ Diese Definition betont ebenso wie das BayLBG den Adressatenbezug. Die Lehrkräfte stehen im Mittelpunkt der Definition und ihnen werden dadurch folgende Möglichkeiten eröffnet:

- Am wissenschaftlichen Diskurs bezüglich Theorien und Befunden ihrer Unterrichtsfächer teilzuhaben,
- neue fachdidaktische Konzepte zu neuen Lehrplänen und neuen Schwerpunktsetzungen einzuüben und
- sich mit allgemein pädagogischen Fragestellungen zu beschäftigen (Terhart, 2000).

Zusätzlich zu diesen Möglichkeiten dienen Lehrerinnen- und Lehrerfortbildungen laut Fussangel et al. (2015) dazu, dass das Leistungs- und Lernpotential der Lehrkräfte erhalten und gefördert wird und dass die Lehrkräfte motiviert und mit ihrer Arbeit zufrieden sind.

Neben den vielfältigen Themen, die Lehrerinnen- und Lehrerfortbildungen haben können, unterscheiden sie sich auch in ihren Formen. Es gibt formale und non-formale Fortbildungen. Formale Fortbildungen werden konkret zum Zweck der Fortbildung geplant und organisiert. Non-formale Fortbildungen sind Veranstaltungen und Lerngelegenheiten, die nicht zum Fortbildungszweck geplant und durchgeführt wurden, aber von den Lehrkräften zum Fortbildungszweck genutzt werden können (Fussangel et al., 2015; Nuissl, 2018). Non-formale Fortbildungen sind zum Beispiel Fachzeitschriften oder wissenschaftliche Konferenzen. In der vorliegenden Arbeit werden unter dem Begriff Lehrerinnen- und Lehrerfortbildungen im Folgenden formale Fortbildungen verstanden.

Lehrerfortbildungen können laut Lipowsky und Rzejak (2012) nach der Wirkung ihrer Reichweite betrachtet werden. Die Autorinnen und Autoren unterscheiden dabei folgende vier Bereiche:

1. Meinung bzw. Zufriedenheit und Akzeptanz der Lehrkräfte
2. Veränderungen im kognitiven Bereich z. B. im Wissen der Lehrkräfte
3. Veränderungen im unterrichtspraktischen Handeln der Lehrkräfte
4. Veränderungen auf Seiten der Schülerinnen und Schüler

Lipowsky (2010) entwickelte auch ein erweitertes Angebots- und Nutzungsmodell zur Erklärung der Wirksamkeit von Fortbildungen (siehe Abbildung 7).

Analog zu etablierten Wirkungsmodellen der Unterrichts- und Schulforschung (Helmke, 2009) hängt die Wirkung von Lehrerinnen- und Lehrerfortbildungen nicht nur von den Merkmalen der Lehrerinnen- und Lehrerfortbildung, sondern auch von der Nutzung durch die Lehrkraft und den Rahmenbedingungen ab (Lipowsky, 2010).

Deswegen werden im folgenden Abschnitt die Merkmale wirksamer Fortbildungsangebote erläutert. Anschließend werden ausgewählte theoretische Modelle zum Messen der Wahrnehmung sowie der Nutzung des Angebots durch die Lehrkräfte dargestellt.

5.1.1. Merkmale von Fortbildungsangeboten mit Bezug auf die Variablenkontrollstrategie

Die Merkmale der Fortbildung können nach Lipowsky (2010) in strukturelle und inhaltliche Merkmale sowie nach den eingesetzten Aktivitäten unterteilt werden. Ebenso hat die Expertise der Referentinnen und Referenten sowie Moderatorinnen und Moderatoren

Einfluss auf die Wirkung von Fortbildungen (siehe Abbildung 7). Ziel dieses Abschnitts ist es, Merkmale wirksamer Fortbildungen in den Naturwissenschaften aufzuzeigen. Im Folgenden werden erst die strukturellen und dann die inhaltlichen Merkmale von Fortbildungen erläutert. Abschließend werden wirksame Merkmale für die Vermittlung der Variablenkontrollstrategie dargestellt.

Bei den strukturellen Merkmalen zeigt die Studie von Garet, Porter, Desimone, Birman und Yoon (2001) mit Mathematik- und Naturwissenschaftslehrkräften, dass die Dauer der Fortbildung und die Anzahl der Stunden, in denen sich die Lehrkräfte mit dem Thema beschäftigen, einen positiven Einfluss auf die Möglichkeiten zum aktiven Lernen haben. Durch diese Möglichkeiten werden Veränderungen im Lehrerinnen- und Lehrerwissen und -handeln erleichtert. Yoon, Duncan, Lee, Scarloss und Shapley (2007) fanden in ihrer Metaanalyse zur Wirkung von Lehrerinnen- und Lehrerfortbildungen heraus, dass Fortbildungen ab 14 Stunden Fortbildungsdauer einen positiven Effekt auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler haben. Die Schlussfolgerungen von Yoon et al. (2007) wurden auf der Grundlage von neun Studien gezogen, weil von mehr als 1300 Studien nur diese neun den Anforderungen der Autorinnen und Autoren entsprachen. Umgekehrt lässt sich aber nicht automatisch sagen, dass Lehrkräfte umso mehr lernen, je länger die Fortbildung dauert.

Welche inhaltlichen Merkmale bei Fortbildungen besonders lernwirksam sind, wurde bereits in einigen Studien untersucht. In der Studie von Garet et al. (2001) hatte das Fachwissen einen stärkeren Effekt auf den selbstberichteten Wissenszuwachs der Mathematik- und Naturwissenschaftslehrkräfte als verschiedene Formen des aktiven Lernens. Weitere Studien zeigten ebenfalls, dass Fortbildungen mit einem fachlichen beziehungsweise fachdidaktischen Fokus zu einem größeren Wissenszuwachs führen als Fortbildungen mit einem allgemein didaktischen Fokus (Besser, Leiß, Rakoczy & Schütze, 2015; Reinold, 2015). Laut Desimone (2009) ist der *content focus* das wirksamste Merkmal bei Lehrerinnen- und Lehrerfortbildungen.

Wie bisherige Befunde unterstreichen, sollten bei der Vermittlung von fachlichen beziehungsweise fachdidaktischen Inhalten die Überzeugungen der Lehrkräfte thematisiert werden (Fussangel et al., 2015).

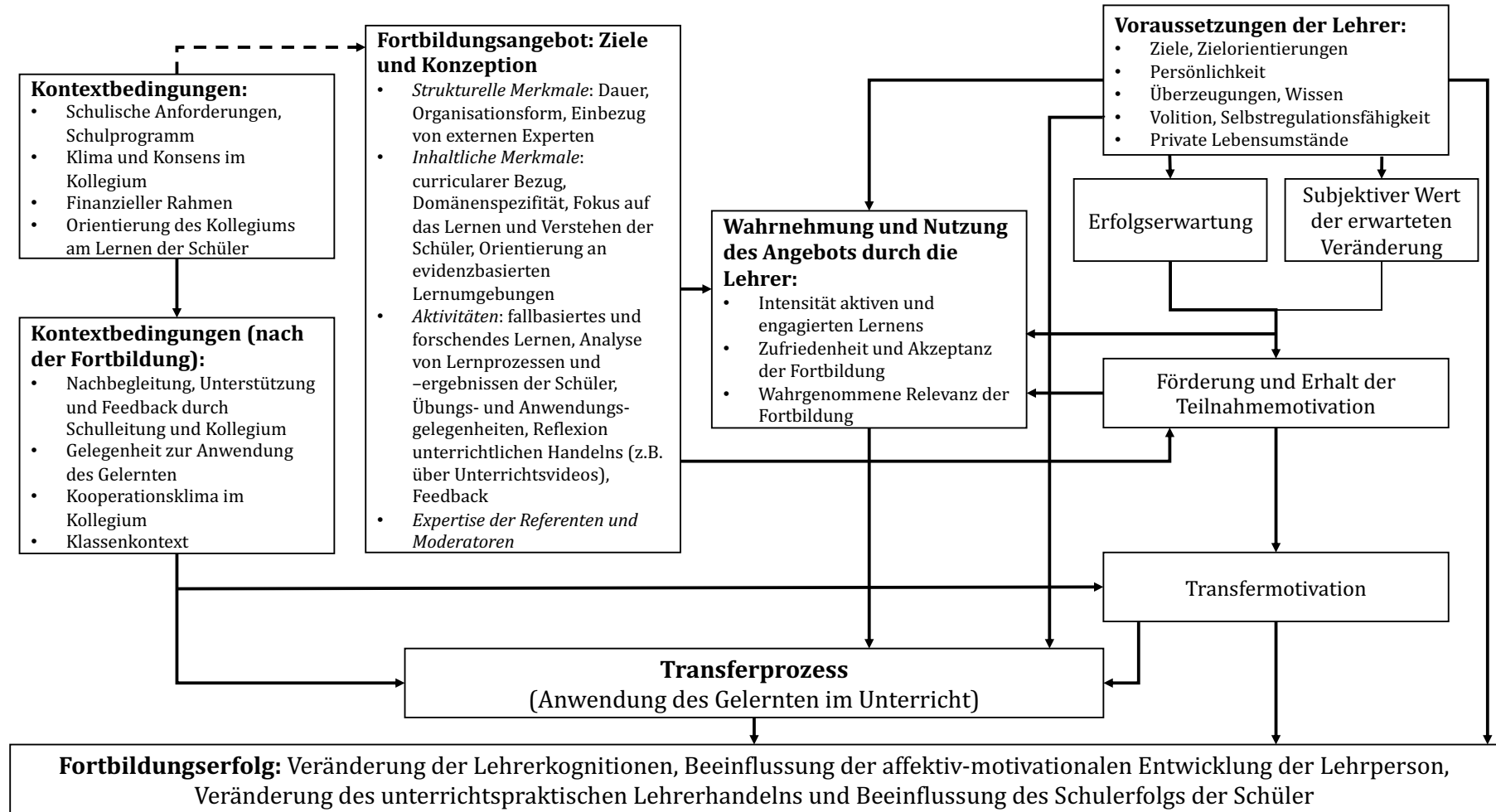


Abbildung 7. Erweitertes Angebots- und Nutzungsmodell zur Erklärung der Wirksamkeit von Fortbildungen nach Lipowsky (2010)

Möller, Hardy, Jonen, Kleickmann und Blumberg (2006) zeigen in ihrer Studie zum naturwissenschaftlichen Sachunterricht, dass sich die Vorstellungen der Lehrkräfte zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen mittels einer *conceptual-change*-orientierten Präsenzfortbildung mit tutorieller Unterstützung verändern können. So bauen Lehrkräfte, die an Präsenzfortbildungen teilnahmen und tutoriell unterstützt wurden, eine stärkere Vorstellung auf, dass naturwissenschaftliches Lehren und Lernen ein *conceptuel change* ist und die Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler wichtig sind. Lehrkräfte, die sich die Inhalte selbstständig daheim aneigneten, bauten hingegen durch das Selbststudium ihre sogenannten praktizistischen Vorstellungen weiter aus (Möller et al., 2006).

Die Gruppe um Kleickmann et al. (2016) untersuchte in dieser Fortbildungsstudie ebenfalls die Auswirkungen auf den Unterricht. Lehrkräfte, die tutoriell unterstützt wurden, gehen mehr auf die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler ein und strukturieren den Inhalt der Stunde klarer. Das Herausfordern der Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler und das Strukturieren des Inhalts fördern das naturwissenschaftliche Verständnis der Schülerinnen und Schüler (Roth et al., 2011). Die Effekte der Lehrkräfte konnten auch auf Seiten der Schülerinnen und Schüler gemessen werden. Schülerinnen und Schüler, die von Lehrkräften der Experimentalgruppe unterrichtet wurden, weisen signifikant höhere Zuwächse in ihrem integrierten konzeptuellen Verständnis von *Schwimmen und Sinken* auf (Kleickmann & Möller, 2007). So zeigt die Gruppe der Schülerinnen und Schüler, deren Lehrkräfte in der Gruppe mit intensiver tutorieller Unterstützung waren, signifikant bessere Ergebnisse als die Schülerinnen und Schüler, deren Lehrkräfte in der Gruppe mit wenig tutorieller Unterstützung waren.

Ähnliche Ergebnisse erbrachte die Untersuchung von Heran-Dörr (2006). Sie macht ebenso sichtbar, dass das Kompetenzgefühl von Lehrkräften hinsichtlich des Unterrichtens von physikalischen Inhalten in der Grundschule gesteigert werden kann und diese nach der Fortbildung naturwissenschaftliches Lernen mehr als Konzeptwechsel betrachten. Heran-Dörr (2006) bezog allerdings keine Kontrollgruppe in ihre Studie ein und betrachtete keine Effekte auf Seiten der Schülerinnen und Schüler.

Beide Fortbildungen zum Sachunterricht griffen dabei gezielt die Präkonzepte der Lehrkräfte auf und gingen auf die typischen Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler ein. Die Orientierung am Denken der Schülerinnen und Schüler ergab auch bei der *cognitively guided instruction* Fortbildungsreihe einen deutlichen Vorteil der

Experimentalgruppe gegenüber der Kontrollgruppe. So machen Franke, Carpenter, Levi und Fennema (2001) sichtbar, dass sich durch Fortbildungen auch langfristige Veränderungen des mathematischen fachdidaktischen Wissens empirisch nachweisen lassen. Die Fortbildungen hatten forschende und reflexive Aktivitäten der Lehrkräfte als Schwerpunkt (Lipowsky, 2010). Auch andere Studien in den Bereichen Mathematik und Deutsch zeigen, dass Fortbildungen Phasen von Input, Erprobung und Reflexion beinhalten sollten (Barzel & Selter, 2015; Bräuning & Nührenbörger, 2010; Gersten, Dimino, Jayanthi, Kim & Santoro, 2010; Lipowsky & Rzejak, 2012). Die Lehrkräfte erlernen durch diese Mischung der Phasen, ihr Wissen und Vorgehen zu reflektieren und die Ergebnisse in ihrer Unterrichtspraxis einzusetzen (Barzel & Selter, 2015).

Lipowsky und Rzejak (2012) empfehlen, sich bei der inhaltlichen Konzeption von Fortbildungen an den Merkmalen des lernwirksamen Unterrichts zu orientieren. So zeigen Forschungsbefunde zu wirksamem Unterricht, dass Merkmale der Tiefenstruktur einen größeren Einfluss haben als Merkmale der Oberflächenstruktur. Der Schwerpunkt von Fortbildungen für Lehrkräfte liegt deswegen auch stärker auf Merkmalen der Tiefenstruktur wie zum Beispiel darauf, mit welchem Vorwissen die Lernenden in den Unterricht kommen (Lipowsky & Rzejak, 2012).

In Bezug auf die Variablenkontrollstrategie gibt die Metaanalyse von Schwichow et al. (2016) Hinweise darauf, welche Merkmale einen Einfluss auf die erfolgreiche Vermittlung der Variablenkontrollstrategie haben. Schwichow et al. (2016) betrachten in ihrer Analyse sieben verschiedene Instruktionsmerkmale. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass es keinen signifikanten Unterschied macht, ob

- der Fokus der Stunde auf der Variablenkontrollstrategie liegt oder nicht,
- die Lehrkräfte den Schülerinnen und Schülern eine explizite Regel vermitteln oder nicht,
- die Variablenkontrollstrategie mit Hilfe echter oder virtueller Performanceaufgaben vermittelt wurde oder ohne,
- die Schülerinnen und Schüler Feedback erhalten haben oder nicht und
- die Schülerinnen und Schüler die Variablenkontrollstrategie im schulischen Kontext oder außerschulischen Kontext üben konnten.

Laut Schwichow et al. (2016) macht es aber einen Unterschied, ob den Schülerinnen und Schülern die Variablenkontrollstrategie anhand eines Demonstrationsexperiments erläutert wird oder nicht. Studien, in denen den Schülerinnen und Schülern die Variablenkontrollstrategie anhand eines Demonstrationsexperiments gezeigt wurde, haben signifikant höhere Effektstärken als Studien ohne ein Demonstrationsexperiment. Ebenso haben Studien, in denen kognitive Konflikte bei der Vermittlung der Variablenkontrollstrategie eingesetzt werden, höhere Effekte als Studien ohne. Nach der Empfehlung von Lipowsky und Rzejak (2012), sich an den Merkmalen des lernwirksamen Unterrichts zu orientieren, sollten bei Fortbildungen zur Vermittlung der Variablenkontrollstrategie Demonstrationsexperimente und kognitive Konflikte eingesetzt werden.

Alles in allem lassen sich somit für die inhaltlichen Merkmale bei Lehrerfortbildungen mit Bezug auf die Variablenkontrollstrategie folgende Aspekte nennen:

- Fokus auf fachliche und fachdidaktische Inhalte
- Möglichkeiten für aktives Lernen (z. B. forschende Aktivitäten) und zur Reflexion
- tutorielle Unterstützung
- Orientierung an den Merkmalen des lernwirksamen Unterrichts (Demonstrationsexperimente und kognitive Konflikte)

5.1.2. Modelle zur Nutzung von Fortbildungsangeboten

Nach dem Wirkungsmodell von Lipowsky (2010) hängt der Fortbildungserfolg der Lehrkräfte auch davon ab, wie die Lehrkräfte die Fortbildung wahrnehmen und nutzen (siehe Abbildung 7). Dazu werden in den folgenden Abschnitten zwei Modelle erläutert, mit denen die Intensität des aktiven und engagierten Lernens der Lehrkräfte betrachtet werden kann. Diese Modelle sind besonders für die Effekte von Fortbildungen im Bereich des Experimentierens bedeutsam. Vorausgegangene Studien verdeutlichen, dass das eigenständige Experimentieren eine hohe kognitive Belastung für die Lernenden ist, da die Lernenden dabei neue Informationen selbst generieren (Arnold, 2015; Wirth et al., 2008).

Eine Möglichkeit, die Intensität des Lernens der Lehrkräfte während der Intervention zu betrachten, bietet das ICAP-Modell nach Chi und Wylie (2014). Dieses Modell wird im nächsten Abschnitt betrachtet. Die kognitive Belastung während des Lernens

ist, wie unter Abschnitt 3.3 kurz erläutert, ein entscheidender Faktor für erfolgreiche Lernprozesse. Das Modell der kognitiven Belastung (cognitive load theory) nach Sweller, Van Merriënboer und Paas (1998) bietet eine weitere Möglichkeit, die Nutzung des Angebots zu überprüfen. Zusätzlich zu diesen beiden Ansätzen wird in der vorliegenden Arbeit auch noch das situationale Interesse (vgl. Abschnitt 4.2.1) betrachtet. Lernende, die situationales Interesse an einer Lernsituation haben, möchten sich weiter mit diesem Inhalt beschäftigen (Lewalter & Willems, 2009). Situationales Interesse kann somit ein Grundstein für individuelles Interesse der Lernenden sein (Lewalter & Willems, 2009). Lehrkräfte, die selbst situationales Interesse während des Experimentierens entwickeln, könnten sich folglich häufiger mit Experimenten beschäftigen und dies könnte sich wiederum auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler auswirken. Tätigkeiten wie das Experimentieren fördern bei Lernenden das Interesse (Brandt et al., 2008).

Kognitive Lernaktivitäten

Chi und Wylie (2014) unterscheiden in ihrem Modell zwischen vier Typen der kognitiven Beschäftigung: *passiv*, *aktiv*, *konstruktiv* und *interaktiv*. Die Autorinnen schließen von den sichtbaren Handlungen der Lernenden sowie den Produkten während des Lernprozesses auf die kognitiven Lernaktivitäten (Chi & Wylie, 2014).

Das Modell von Chi et al. (2018) beruht auf drei Grundannahmen. Die erste Annahme ist, dass die sichtbaren Handlungen der Lernenden und die Produkte während des Lernprozesses die kognitiven Lernaktivitäten der Lernenden adäquat beschreiben können. Zweitens beinhalten die sichtbaren Handlungen der Lernenden und die Produkte während des Lernprozesses die unterscheidbaren kognitiven *knowledge-change processes*, welche sich wahrscheinlich ereignen. Chi et al. (2018) unterscheiden zwischen vier elementaren *knowledge-change processes*: *storing*, *activating*, *linking* und *inferring*. Die dritte Annahme ist, dass die Übereinstimmung zwischen den sichtbaren Handlungen der Lernenden und den kognitiven *knowledge-change processes* nicht perfekt, aber im Großteil der Fälle passend ist.

Passive Lernaktivitäten sind nach dem Modell von Chi und Wylie (2014) Lernaktivitäten, bei denen die Lernenden z. B. aufmerksam einen Text leise lesen oder einen Film schauen, aber nichts selbstständig aktiv machen. Die Lernenden speichern dabei den Inhalt des Materials ab, ohne ihr Vorwissen zu aktivieren oder höhere *knowledge-change processes* anzuwenden. Das erwartete Ergebnis bei passiven Lernaktivitäten ist,

dass die Lernenden den Inhalt im selben Kontext wiedergeben können.

Das Unterstreichen von Wichtigem in Texten oder das Wiederholen von Gehörtem sind *aktive* Lernaktivitäten (Chi, 2009). Die Lernenden verändern dabei das Lernmaterial, aber fügen keine neuen Informationen hinzu. Die Lernenden aktivieren bei *aktiven* Lernaktivitäten ihr Vorwissen, verbinden dieses mit dem neuen Wissen und speichern die Informationen dann in Verbindung mit dem Vorwissen ab. Das neue Wissen können die Lernenden in ähnlichen Kontexten anwenden (Chi & Wylie, 2014).

Als *konstruktive* Lernaktivitäten werden Lernaktivitäten bezeichnet, in denen die Lernenden Informationen hinzufügen, die über die im Lernmaterial bereitgestellten Inhalte hinausgehen (Chi & Wylie, 2014). Dazu gehört z. B. das Erstellen von Concept Maps mit neuen Informationen, das Generieren von Hypothesen oder das Vergleichen (Chi, 2009). Hier aktivieren die Lernenden ihr Vorwissen ebenso, verbinden es mit dem Wissen des Lernmaterials und leiten daraus neues Wissen ab, welches sie abspeichern (Chi et al., 2018). Das Ableiten des neuen Wissens erfolgt aufbauend auf ihrem eigenen Wissen. Die Lernenden können das neue Wissen in unbekanntem Situationen anwenden und somit transferieren (Chi & Wylie, 2014). Das selbstständige Experimentieren unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie ist laut Chi und Wylie (2014) eine konstruktive Lernaktivität, da die Lernenden selbstständig Hypothesen generieren.

Interaktive Lernaktivitäten sind z. B. Diskussionen mit einem Partner oder das Beantworten von *Scaffolds* eines Programms (Chi, 2009). Dabei bringen beide Partner weitere Informationen ein und die Aussagen der beiden beziehen sich jeweils aufeinander. So generieren die Lernenden zusammen neues Wissen (Chi et al., 2018). Die *knowledge-change processes* entsprechen denen der konstruktiven Lernaktivitäten und werden durch das gemeinsame Ableiten von neuem Wissen ergänzt (Chi et al., 2018). Dieses neu erworbene Wissen können die Lernenden in allen Situationen anwenden und daraus mit anderen Personen neue Ideen und Produkte entwickeln (Chi & Wylie, 2014).

Nach dem Modell von Chi (2009), Chi und Wylie (2014) lernen Lernende, die mit ihrem Partner z. B. darüber diskutieren, wie sie ein Experiment aufbauen (*interaktiv*), mehr als Lernende, die für sich alleine eine Hypothese generieren (*konstruktiv*). Der Lernerfolg der Lernenden nimmt von *interaktiv* zu *konstruktiv* zu *aktiv* zu *passiv* ab (Chi et al., 2018). Laut Chi et al. (2018) finden bei sogenannten hands-on Aktivitäten auch kognitive Lernaktivitäten statt. Es hängt somit laut Chi et al. (2018) nicht davon ab, ob kognitive Lernaktivitäten stattfinden, sondern welche kognitiven Lernaktivitäten

stattfinden. Engelmann et al. (2016) kamen in ihrer Metaanalyse zum Ergebnis, dass konstruktive und interaktive Lernaktivitäten beim Erlernen von wissenschaftlichen Kompetenzen wie der Variablenkontrollstrategie gleich wirksam sind.

Damit eine Fortbildung für die Lehrkräfte laut Chi und Wylie (2014) lernwirksam ist, sollten Lernmöglichkeiten vorhanden sein, bei denen die Lehrkräfte interaktive, konstruktive oder aktive kognitive Lernaktivitäten anwenden.

Kognitive Belastung

Das Anwenden der Variablenkontrollstrategie kann als eine relativ komplexe Aufgabe für die angehenden Grundschullehrkräfte gesehen werden. Beim Lernen mit komplexen Aufgaben wenden die Lernenden ihr Wissen an, transferieren es und konstruieren neues Wissen (Schmidt-Weigand, Franke-Braun & Hänze, 2008). Somit sind komplexe Aufgaben im Bereich der konstruktivistischen, problem-basierten Lernformen zu verorten (Schmidt-Weigand et al., 2008). Diese Lernformen überfordern besonders Lernende mit geringem Vorwissen oder anderen ungünstigen Lernvoraussetzungen ohne angemessene instruktionale Unterstützung (Kirschner, Sweller & Clark, 2006).

Diese Überforderung lässt sich mit dem theoretischen Modell der *cognitive load theory* erläutern (Sweller et al., 1998). Die *cognitive load theory* geht auf die Annahme zurück, dass die Kapazität unseres Arbeitsgedächtnisses begrenzt ist. In unserem Arbeitsgedächtnis werden die neuen Lerninhalte mit dem bereits vorhandenen Wissen verknüpft (Schmidt-Weigand et al., 2008; Sweller et al., 1998). Die vorhandene Kapazität wird von drei unterschiedlichen Aspekten des Lernprozesses belastet (Arnold, 2015; Schmidt-Weigand et al., 2008; Sweller et al., 1998):

- Komplexität der Lerninhalte (*intrinsic cognitive load*): Kognitive Belastung direkt durch den Lerninhalt. Sie lässt sich nicht reduzieren, da sie aus dem Lerninhalt entsteht.
- Gestaltung des Lernmaterials (*extraneous cognitive load*): Kognitive Belastung, die durch die Gestaltung des Lernmaterials (z. B. die geforderten Aktivitäten) entsteht. Diese kognitive Belastung lässt sich verändern.
- Relevante Lernaktivitäten (*germane cognitive load*): Belastung, die durch angewandte Lernaktivitäten (z. B. die Konstruktion von Schemata) und somit beim Lernen entsteht. Auch diese kognitive Belastung lässt sich verändern.

Lernende sind überfordert, wenn die Summe dieser drei Belastungen über der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses liegt (Schmidt-Weigand et al., 2008). Somit müssen Lernaufgaben so gestaltet sein, dass die Belastung durch die Gestaltung des Lernmaterials so gering wie möglich ist, damit die begrenzte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses nicht überschritten wird und genügend Kapazität für relevante Lernaktivitäten zur Verfügung steht. Im Bezug auf die Variablenkontrollstrategie bedeutet dies, dass die Art, mit der die Strategie erlernt wird (z. B. Lesen oder Experimentieren) und das Material wenig kognitive Belastung haben sollten, um genügend Kapazität für den Lerninhalt zu haben. Eine Möglichkeit, die Belastung durch die Gestaltung des Lernmaterials so gering wie möglich zu halten, sind *hard scaffolds* (Arnold, 2015).

Scaffolds sind im ursprünglichen Sinn Interaktionen zwischen einer Lehrkraft und einer Schülerin oder einem Schüler (Arnold, 2015; Puntambekar & Hubscher, 2005). Mit diesen Interaktionen unterstützt die Lehrkraft die Schülerin oder den Schüler beim Lösen einer Aufgabe, die sie bzw. er nicht ohne Unterstützung lösen konnte. Nach Puntambekar und Hubscher (2005) sind die andauernde Diagnose, die Anpassung der Unterstützung und das langsame Ausschleichen der Unterstützung, wenn sie nicht mehr benötigt wird, zentrale Faktoren der ursprünglichen *scaffolds*.

Der Begriff *scaffold* wird mittlerweile für viele Unterstützungssysteme verwendet und Saye und Brush (2002) unterscheiden zwischen *soft scaffolds* und *hard scaffolds*. *Soft scaffolds* beschreiben Saye und Brush (2002) als situative und dynamische Unterstützungsmaßnahmen der Lehrkräfte ebenso wie Puntambekar und Hubscher (2005). *Hard scaffolds* sind dahingegen statische Unterstützungen (Arnold, 2015; Saye & Brush, 2002). Hmelo-Silver (2006) unterscheidet zwischen drei unterschiedlichen Unterstützungen im Hinblick auf *hard scaffolds*:

- Unterstützungen, die den Prozess kommunizieren: Dabei wird der Prozess demonstriert oder strukturiert.
- Trainingsunterstützungen: Unterstützungen zur Bearbeitung einer Aufgabe wie z.B. Feedback oder Anregungen.
- Sprechanregungen: Anregungen zur Artikulation, Diskussion und Reflexion der Gedanken.

Selbsterklärungsprompts (*self-explanation prompts*) gehören zum Bereich der Sprechanregungen, da die Lernenden dabei ihre Gedanken artikulieren und reflektieren.

Atkinson, Renkl und Merrill (2003) zeigen im Fach Mathematik, dass Lernende, die mit Selbsterklärungsprompts arbeiten, signifikant besser waren als Lernende ohne Selbsterklärungsprompts. Ebenso machen Schworm und Renkl (2007) sichtbar, dass Studierende, die Lösungsbeispiele mit Selbsterklärungsprompts bearbeiten, nicht nur deklaratives Wissen über das Argumentieren erlernen sondern auch argumentative Fähigkeiten. Wirth et al. (2008) untersuchen die Wirkung von metakognitiven Prompts während des freien Experimentierens. Schülerinnen und Schüler, die während des Experimentierens metakognitive Prompts erhielten, schnitten signifikant besser ab als Schülerinnen und Schüler, die diese vorab erhielten. Selbsterklärungsprompts (*self-explanation prompts*) sind somit eine Möglichkeit, die kognitive Belastung der Lernenden während des Lernprozesses zu verringern und erhöhen außerdem den Lerneffekt der Lernenden.

Zusammenfassend über das Kapitel 5.1 lässt sich sagen, dass es mittels Fortbildungen möglich ist, das Wissen und die Überzeugungen der Lehrkräfte zu verändern. Wirksame Fortbildungen bieten den Lehrkräften Möglichkeiten, konstruktive und interaktive Lernaktivitäten im Wechsel mit Reflexionsphasen anzuwenden. Dabei liegt der Fokus auf fachlichen oder fachdidaktischen Inhalten (z. B. der Variablenkontrollstrategie) und auf der Unterstützung der Lehrkräfte (z. B. mit hard scaffolds).

5.2. Schulbücher

Angesichts der in Kapitel 4.3 dargestellten Schwächen in der Ausbildung der Sachunterrichtslehrkräfte sind Unterrichtsmaterialien wie Schulbücher eine weitere Fortbildungsmöglichkeit für diese (Kleickmann et al., 2016). Dazu wird im nächsten Abschnitt zunächst definiert, was Unterrichtsmaterialien sowie Schulbücher sind. Anschließend wird dargestellt, welche Bedeutung sie im Unterricht haben. Dann wird erläutert, wie Schulbücher einerseits eine Fortbildungsmöglichkeit für die Lehrkräfte und andererseits eine Unterstützungsmöglichkeit für die Schülerinnen und Schüler sind. Ziel dieses Kapitels ist es, die Bedeutung der Schulbücher für die Lehrkräfte aufzuzeigen.

Unterrichtsmaterialien sind wie Unterrichtsmedien „alle Gegenstände und Sachverhalte, die der Optimierung des Unterrichts im Sinne seiner Verdeutlichung und Intensivierung dienen“ (Zwahr, 2006, S. 407). Schulbücher sind somit Unterrichtsmaterialien. Schulbücher sind oft Teil von Lehrwerken, die zusätzlich zum Schulbuch noch Handreichungen für die Lehrkräfte mit didaktisch-methodischen Hinweisen enthalten

(Bardy, 2015). Schulbücher sind die Schnittstelle zwischen den Lehrplänen der Länder und der wirklichen Unterrichtspraxis (Beerenwinkel & Parchmann, 2010; Fuchs, Niehaus & Stoletzki, 2014). Sie werden dadurch auch als der „zum Leben erweckte[n] Lehrplan“ bezeichnet (Stein, 2003, S. 236). Sie dienen einerseits den Schülerinnen und Schülern als Lernhilfe und andererseits den Lehrkräften als Hilfe für die Unterrichtsplanung und -vorbereitung (Beerenwinkel & Parchmann, 2010). Schulbücher beziehungsweise Unterrichtsmaterialien übernehmen somit eine wichtige Steuerungsfunktion im Schulsystem (Heinze, 2005; Wiater, 2005). Sandfuchs (2010) stellt folgende Kriterien für gute Schulbücher im Allgemeinen auf:

- Fokus liegt auf zentralen Lernzielen und Basiskompetenzen
- Vermittlung von Lernstrategien und Arbeitstechniken
- produktive Übungen auf unterschiedlichen Niveaus sind vorhanden
- inhaltliche Struktur ist klar ersichtlich
- Lerninhalte sind anschaulich, gut und leicht les- und lernbar dargestellt
- Kombination von Texten mit Bildern, Grafiken und Tabellen
- Aufgaben erlauben den Kindern eigenständiges Lernen

Für den naturwissenschaftlichen Bereich kritisieren Bölsterli, Bardy, Rehm und Wilhelm (2010) die fehlende Kompetenzorientierung in den Schulbüchern und fordern, dass Lehrkräfte mittels geeigneter Handreichungen mit forschungsbasierten Strategien der Unterrichtsführung vertraut werden.

Trotz dieser Bedeutung der Schulbücher und Unterrichtsmaterialien ist über ihre Nutzung und ihr didaktisches Potential wenig bekannt (Lankes, Steffensky & Carstensen, 2011; Sandfuchs, 2010). Lankes et al. (2011) zeigen beispielsweise bei der Analyse von Experimentierbüchern für den Kindergartenbereich, dass die Bücher gute Anleitungen für das Durchführen von Experimenten enthalten, aber der didaktische Gehalt eher gering ist. So enthalten die Experimentierbücher kaum Anregungen für die Erzieherinnen und Erzieher, die Kinder verschiedene naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen anwenden zu lassen oder die Experimente in die Lebenswelt der Kinder einzubetten (Lankes et al., 2011). Beerenwinkel, Parchmann und Gräsel (2007)

untersuchten in zwei Schulbüchern den Umgang mit bekannten Schülerinnen- und Schülervorstellungen. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass in Schulbüchern Ansätze vorhanden sind, die bekannten Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler aufzugreifen. Insgesamt empfehlen sie eine systematischere Integration der Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler (Beerenwinkel et al., 2007). Beerenwinkel (2006) konnte zeigen, dass Schülerinnen und Schüler, die einen Schulbuchtext mit conceptual-change Schwerpunkt lasen, deutlich mehr neues Wissen erwarben als die Schülerinnen und Schüler, die einen konventionellen Text lasen. Kizil und Kattmann (2014) berichten, dass in den zugelassenen Biologieschulbüchern für Gymnasien in Niedersachsen auf den Methodenseiten zum naturwissenschaftlichen Experimentieren das Aufstellen von Hypothesen nicht extra genannt wird.

Die Studien von Daus et al. (2004) und Beerenwinkel et al. (2007) zeigen, dass die Nutzung von Schulbüchern eine hohe Bedeutung für die Unterrichtsplanung im Fach Chemie darstellt. Falls Lehrkräfte keine Schulbücher beziehungsweise Unterrichtsmaterialien haben, gestalten sie ihren Unterricht auf der Grundlage ihres vorhandenen Stoff- und Lernverständnisses (Oelkers & Reusser, 2008). Hoesli (2012) macht in seiner Studie deutlich, dass 42 Prozent der Grundschullehrkräfte und 34 Prozent der Sekundarschullehrkräfte das Schulbuch benutzen, um sich selbst neues Wissen anzueignen. Demnach prägen Schulbücher das Unterrichtsgeschehen und mit ihrer Hilfe ist es möglich, neue fachliche Kenntnisse und fachliche Methoden an die Schulen zu bringen (Bardy, 2015). Möller, Vehmeyer, Stadelhofer und Tröbst (2008) stellen dar, dass fast 90 Prozent der befragten Lehrkräfte in der Grundschule naturwissenschaftliche Themen unterrichten würden, wenn geeignete Materialien vorhanden wären. Solche Materialien sind oftmals nicht vorhanden. Schulbücher beziehungsweise Unterrichtsmaterialien können auch eine Fortbildungsmöglichkeit für Lehrkräfte sein. Im Bezug auf die Variablenkontrollstrategie wäre dies möglich, wenn in den Handreichungen für die Lehrkräfte die Bedeutung der sinnvollen Variation nur einer Variable für kausale Schlüsse erklärt wird und in den Schulbüchern gezielt Fragen zum Verändern von Variablen oder Anleitungen genannt würden.

Schulbücher sind zusätzlich zur Fortbildungsmöglichkeit für die Lehrkräfte auch eine Unterstützungsmöglichkeit für die Schülerinnen und Schüler. Beerenwinkel und Parchmann (2010) bezeichnen Schulbücher als klassische Lernhilfe für die Schülerinnen und Schüler. Möller, Kleickmann und Tröbst (2009) beschreiben, dass aufgrund der

lerntheoretischen Perspektive wie auch der gegenwärtigen Unterrichtspraxis der Bedarf an naturwissenschaftlichen Unterrichtsmaterialien für den Sachunterricht groß ist. Durch Schulbücher beziehungsweise Unterrichtsmaterialien kommen die Schülerinnen und Schüler mit neuen Konzepten in Kontakt und verstehen, was diese beinhalten. In den Naturwissenschaften ist bekannt, dass viele zusätzliche Unterrichtsmaterialien reine Sammlungen von Experimenten sind (Lankes et al., 2011; Möller, 2002). Diese erschweren durch ihre Fülle eine vertiefte und auf Verstehen ausgerichtete Anwendung (Möller, 2002). Die Anleitungen zum Experimentieren haben laut Lipowsky (2002) oft rezeptartigen Charakter. Das Lernen findet somit meist auf einem relativ geringen kognitiven Niveau statt und der Schwerpunkt liegt auf der Handlungsebene der Schülerinnen und Schüler. Mit Hilfe von geeigneten Schulbüchern beziehungsweise Unterrichtsmaterialien wäre es möglich, die Schülerinnen und Schüler bei vertieftem sinnstiftendem Lernen zu unterstützen (Möller et al., 2009). Den Schülerinnen und Schülern könnte durch Experimente in den Schulbüchern der Umgang mit Variablen näher gebracht werden. Ebenso könnte den Schülerinnen und Schülern mit Hilfe von Experimenten gezeigt werden, warum in unkonfundierten Experimenten nur eine Variable verändert wird.

Zusammenfassend wird deutlich, dass Schulbücher einen großen Einfluss auf die Unterrichtsplanung der Lehrkräfte haben. Sie könnten eine Fortbildungsmöglichkeit für Lehrkräfte sein und die Schülerinnen und Schüler beim Lernen unterstützen. Trotz dieser Möglichkeiten ist über ihr didaktisches Potential wenig bekannt und die wenigen Forschungsbefunde deuten darauf hin, dass das Potential nicht ausgeschöpft wird.

6. Forschungsagenda

Ziel der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Studien ist es, die Variablenkontrollstrategie in der Grundschule zu betrachten. Die Variablenkontrollstrategie ist in Kapitel 2 definiert und ist Teil des wissenschaftlichen Denkens (Chen & Klahr, 1999). Dieses Kapitel gibt einen kurzen Überblick über die zentralen Forschungsfragen dieser Dissertation und bettet diese in den theoretischen Hintergrund der vorausgegangenen Kapitel ein. Die erste Forschungsfrage wird in Studie 1 überprüft, die zweite und dritte in Studie 2 und die vierte in Studie 3. Die Forschungsfragen werden in den jeweiligen Kapiteln anhand von Hypothesen ausdifferenziert.

6.1. Forschungsfragen

Die Variablenkontrollstrategie ist für Erwachsene eine Strategie, um begründet Entscheidungen zu treffen. Studien zeigen, dass die Variablenkontrollstrategie bereits in der Grundschule erlernt werden kann (Bullock & Ziegler, 1999; Sodian & Mayer, 2013). Die Fähigkeit, diese Strategie anzuwenden, entwickelt sich ohne praktische Anwendung oder Unterstützung sehr langsam (Lazonder & Kamp, 2012). In diesem Zusammenhang wird in der ersten Studie untersucht, über welches Wissen Kinder in der Grundschule bezüglich der Variablenkontrollstrategie verfügen.

Lehrkräfte sollen den Kindern die Variablenkontrollstrategie vermitteln und ihnen Möglichkeiten bieten, diese Strategie anzuwenden. Hilfert-Rüppell et al. (2013) und Emereole (2009) heben hervor, dass (angehende) Lehrkräfte die Variablenkontrollstrategie oft selbst nicht beherrschen. Deshalb wird in der zweiten Studie untersucht, wie das Wissen und das didaktische Selbstkonzept der (angehenden) Sachunterrichtslehrkräfte bezüglich der Variablenkontrollstrategie ausgeprägt ist und wie sich dieses Wissen und das didaktische Selbstkonzept durch eine Fortbildung steigern lassen. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf den kognitiven Lernaktivitäten der angehenden Sachunterrichtslehrkräfte während der Fortbildung sowie auf der Wirkung der Fortbildung.

Auch im Dienst bilden sich viele Lehrkräfte weiter z. B. durch Schulbücher und die dazugehörigen Handreichungen für die Lehrkräfte. Deswegen werden in der dritten Studie Schulbücher im Hinblick auf die Variablenkontrollstrategie analysiert.

6.1.1. Wissen von Grundschulkindern zur Variablenkontrollstrategie

Die in Kapitel 3.2 dargestellten entwicklungspsychologischen Studien zeigen, dass bereits Kinder im Vor- und Grundschulalter über erste Fähigkeiten des wissenschaftlichen Denkens verfügen und diese auch erlernen können (Saffran, 2016; Sodian & Mayer, 2013). Wenn Grundschul Kinder aus mehreren Experimenten das korrekt geplante auswählen, wenden sie implizit die Variablenkontrollstrategie an (Bullock & Ziegler, 1999; Sodian & Mayer, 2013). Das eigenständige Planen von Experimenten fällt jedoch vielen Kinder schwer, da sie oft die unterschiedlichen Variablen nicht berücksichtigen (Variablenkontrollstrategie) (Edelsbrunner, 2017; Sodian & Mayer, 2013). Damit Kinder diese Schwierigkeit überwinden können, benötigen Lehrende die Kenntnis der Vorstellungen der Kinder hinter ihren Entscheidungen beim Planen von Experimenten. Begründungen sind - wie bereits dargestellt - die Erläuterungen, *warum* die genannten Daten oder das genannte Vorgehen als Evidenz genutzt werden können. Wenn Kinder ihr Vorgehen begründen, werden somit ihre Vorstellungen hinter den Entscheidungen sichtbar.

Darüber wie sich aber die Vorstellungen der Grundschul Kinder inhaltlich unterscheiden und welche Zusammenhänge es zwischen dem Anwenden und dem Wissen (erhoben über die Begründungen) über die Variablenkontrollstrategie gibt, ist wenig bekannt.

Aus diesem Grund beschäftigt sich die erste Studie mit folgender Fragestellung:

1. Welche Experimentierfähigkeiten besitzen Grundschul Kinder im Bezug auf die Variablenkontrollstrategie?

6.1.2. Wissen und Selbstkonzept der (angehenden) Sachunterrichtslehrkräfte

Das professionelle Handlungswissen der Lehrkräfte hat - vermittelt über den Unterricht - einen Einfluss auf das Wissen der Schülerinnen und Schüler (Baumert et al., 2010) (siehe Kapitel 4). So zeigen Studien, dass das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte einen positiven Einfluss auf den Aufbau des konzeptuellen Wissens und auf das Fachinteresse

der Schülerinnen und Schüler hat (Lange et al., 2012). Für das fachmethodische Wissen wird sichtbar, dass das Verständnis des Erkenntnisprozesses der Lehrkräfte und ihr Wissen über die Variablenkontrollstrategie positiv mit den Leistungen der Schülerinnen und Schüler in den Naturwissenschaften zusammenhängen (Aiello-Nicosia et al., 1984).

Obwohl viele Studien die Bedeutung des professionellen Wissens für die Leistungen der Schülerinnen und Schüler nachweisen (vgl. z. B. Baumert et al., 2010; Förtsch et al., 2016; Förtsch, Förtsch, Kotzebue & Neuhaus, 2018; Lange et al., 2012), durchlaufen viele Sachunterrichtslehrkräfte eine sehr geringe fachwissenschaftliche und fachdidaktische naturwissenschaftliche Ausbildung (Möller, 2004; Peschel, 2007). Dies führt dazu, dass das Fachwissen und fachdidaktische Wissen der Sachunterrichtslehrkräfte ebenso wie das Selbstkonzept im naturwissenschaftlichen Bereich meist eher gering ist (Lange et al., 2012; Schmidt, 2014). Über das fachmethodische Wissen von Sachunterrichtslehrkräften ist bisher wenig bekannt.

Eine Möglichkeit das fachmethodische und fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte zu fördern, bieten Fortbildungen. Hier haben Desimone (2009), Garet et al. (2001) und Lipowsky (2010) notwendige Bedingungsfaktoren für das Gelingen von Lehrerinnen- und Lehrerfortbildungen aufgezeigt (siehe Abschnitt 5.1). Besser, Leiss und Klieme (2015) orientieren sich an diesen Bedingungsfaktoren und zeigen im Bereich der Mathematik, dass sich mittels Fortbildungen das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte steigern lässt. Möller et al. (2006) weisen in ihrer Studie an Sachunterrichtslehrkräften nach, dass sich das Belief-System - als eine Komponente der professionellen Handlungskompetenz - ebenfalls mittels Fortbildungen verändern lässt.

Offen bleibt aber bisher die Frage, welche Lernmethoden in Fortbildungen eingesetzt werden sollten, um das fachmethodische Wissen zu steigern. Wenn die Lehrkräfte eigenständig experimentieren, bewerkstelligen sie, im Vergleich zum Lernen mit Sachtexten, eine weitere metakognitive Anforderung (Wirth et al., 2008). Sie müssen somit beim eigenständigen Experimentieren die Informationen erst generieren, bevor sie diese dann in ihr Wissen integrieren können (Kaiser et al., 2018; Wirth et al., 2008). Ist es für den Aufbau des fachmethodischen Wissens sinnvoller, dass die Lehrkräfte erst die Informationen generieren und dann integrieren oder genügt auch die schriftliche Vermittlung der Informationen?

In der zweiten Studie werden folgende Fragestellungen untersucht:

2. Wie ist das Wissen und das didaktische Selbstkonzept der (angehenden) Sachunterrichtslehrkräfte im Bezug auf die Variablenkontrollstrategie ausgeprägt?
3. Wie lässt sich das Wissen und das didaktische Selbstkonzept (angehender) Sachunterrichtslehrkräfte in Bezug auf die Variablenkontrollstrategie durch Interventionen steigern?

6.1.3. Analyse von Schulbüchern

Sachunterrichtslehrkräfte haben meist kein naturwissenschaftliches Fach studiert (Drechsler & Gerlach, 2001; Peschel, 2007). Ihr professionelles Wissen und ihr Selbstkonzept ist im naturwissenschaftlichen Bereich eher gering ausgeprägt. Dadurch verlassen sie sich im Unterricht lieber auf konkrete Anleitungen, die der Reihe nach abgearbeitet werden können und lassen die Lernenden nur selten selbst Experimente gestalten und dabei frei variieren (Lipowsky, 2002). Dies ist aber bei der Vermittlung der Variablenkontrollstrategie förderlich. Damit die Lehrkräfte die Schülerinnen und Schüler frei variieren lassen, benötigen sie Unterstützung. Diese Unterstützung können Fortbildungen oder Unterrichtsmaterialien wie Schulbücher sein (Kleickmann et al., 2016). Im Gegensatz zu Fortbildungen bieten Schulbücher eine einfache Möglichkeit, da sie an allen Schulen verfügbar sind und sich Lehrkräfte bei der Unterrichtsplanung häufig an ihnen orientieren (Beerenwinkel et al., 2007; Daus et al., 2004). Wie sollen Schulbücher gestaltet werden, damit die Lehrkräfte unterstützt werden, die Schülerinnen und Schüler freier experimentieren zu lassen? Sind in den Schulbüchern bereits Hinweise auf die Variablenkontrollstrategie vorhanden? Werden die Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren bereits aufgefordert Variablen systematisch zu variieren?

Studie drei untersucht folgende Fragestellung:

4. Welchen Beitrag leisten die Schulbücher beim Erlernen der Variablenkontrollstrategie in der Grundschule?

6.2. Forschungskontext

Die drei Studien dieser Dissertation sind alle angebunden an das Projekt *Experimento Evaluation*. Das *Experimento* Programm ist ein internationales MINT-

Bildungsprogramm der *Siemens Stiftung*. Das Bildungsprogramm besteht aus Fortbildungen, Experimentierkästen und Experimentieranleitungen für die drei Themenbereiche Energie, Umwelt und Gesundheit. Das *Experimento* Programm deckt mit den aufeinander aufbauenden Teilen *Experimento / 4+*, *Experimento / 8+* und *Experimento / 10+* die Bildungskette ab. Das Projekt *Experimento Evaluation* evaluiert das Bildungsprogramm *Experimento* mit Hilfe von fünf Studien. Die vorliegende Dissertation ist im Rahmen dieser Evaluationsstudien entstanden. Der methodische Ansatz jeder Studie wird ebenso wie die Stichproben bei jeder Studie berichtet.

6.3. Relevante Publikationen

Haslbeck, H., Lankes, E.-M., Kohlhauf, L. & Neuhaus, B. (2019). Wie viele Variablen darf ich beim Experimentieren variieren? Ein Training für Grundschullehrkräfte zum Einsatz der Variablenkontrollstrategie im Unterricht. In M. Knörzer, L. Förster, U. Franz & A. Hartinger (Hrsg.), *Forschendes Lernen im Sachunterricht* (S. 47-54). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Haslbeck, H., Lankes, E.M., Kohlhauf, L., Fritzsche, E. S. & Neuhaus, B. (2018). How Do Kindergarten and Primary School Children Justify Their Decisions on Planning Science Experiments? In J. Kay & R. Luckin (Eds.). *Rethinking Learning in the Digital Age: Making the Learning Sciences Count, 13th International Conference of the Learning Sciences (ICLS) 2018* (Bd. 3, S. 1601 - 1602) London: International Society of the Learning Sciences.

7. Studie 1: Wissen von Grundschulkindern zur Variablenkontrollstrategie

Entwicklungspsychologische Studien zeigen, dass bereits Kinder im Vor- und Grundschulalter über erste Fähigkeiten der Variablenkontrollstrategie verfügen und diese auch erlernen können (Saffran, 2016; Sodian & Mayer, 2013). Wenn Vor- und Grundschulkin- der aus mehreren Experimenten das korrekt Geplante auswählen, wenden sie implizit die Variablenkontrollstrategie an (Bullock & Ziegler, 1999; Sodian & Mayer, 2013). Das eigenständige Planen von Experimenten fällt vielen Kindern schwerer, da sie oft die unterschiedlichen Variablen nicht berücksichtigen können (Variablenkontrollstrategie) (Edelsbrunner, 2017). Damit Kinder diese Schwierigkeit überwinden können, benöti- gen Lehrende die Kenntnis der Vorstellungen der Kinder hinter ihren Entscheidungen beim Planen von Experimenten. Wenn Kinder ihr Vorgehen begründen, dann werden ihre Vorstellungen hinter ihren Entscheidungen sichtbar. Einige Studien, die auch die Begründungen analysierten, zeigen, dass Kinder oft bestimmte Schwierigkeiten und Vorstellungen beim Experimentieren haben (Edelsbrunner, 2017). So verstehen sie oft nicht, dass man mit Hilfe von Experimenten einen Ursache-Wirkungs-Zusammenhang betrachten und nicht nur einen Effekt erzeugen will (Hamman & Mayer, 2012). Ebenso fällt es ihnen schwer, die Variablenkontrollstrategie einzuhalten und nicht gleichzeitig mehrere Variablen zu verändern (Arnold et al., 2014; Chen & Klahr, 1999; Hamman et al., 2008; Hamman & Mayer, 2012). Die Grundlage für die Analyse der Begründun- gen bietet in der vorliegenden Studie die Arbeit von Edelsbrunner (2017). Er betrachtet die Begründungen der Lernenden beim Planen von Experimenten unter Verwendung der Variablenkontrollstrategie. Edelsbrunner (2017) hat die Begründungen der Kinder zu ihrem Vorgehen beim Experimentieren mit den typischen Schülerinnen- und Schüler- fehlvorstellungen in Verbindung gebracht und unterscheidet zwischen zwölf Kategorien. Anschließend ordnet er diese Kategorien dem verbalen Wissen der Schülerinnen und Schüler zu und unterscheidet zwischen keinem Wissen, teilweise vorhandenem Wissen und vorhandenem Wissen. Edelsbrunner (2017) zeigt, dass das verbale und nicht-verbale

Wissen der Schülerinnen und Schüler bezüglich der Variablenkontrollstrategie zwischen der vierten und sechsten Klasse stark zunimmt und die beiden Wissensarten ab der fünften Klasse nicht mehr trennbar sind.

Darüber, wie sich die Vorstellungen der Grundschul Kinder inhaltlich unterscheiden und welche Zusammenhänge es zwischen dem Anwenden der Variablenkontrollstrategie (implizites Wissen) und ihrem expliziten Wissen (erhoben über die Begründungen) gegenüber der Variablenkontrollstrategie gibt, ist bisher wenig bekannt. In Studie 1 wird untersucht, welche Experimentierfähigkeiten Grundschul Kinder in Bezug auf die Variablenkontrollstrategie besitzen und welche Vorstellungen (erhoben über die Begründungen) hinter ihren Entscheidungen liegen.

7.1. Fragestellungen und Hypothesen

Ausgehend von in Kapitel 2 und Kapitel 3 vorgestellter Literatur werden folgende Fragestellungen (F) und Hypothesen (H) überprüft:

- F 1 Wie ist die Experimentierfähigkeit im Bezug auf die Variablenkontrollstrategie der Schülerinnen und Schüler insgesamt ausgeprägt?
- H 1.1 Die Experimentierfähigkeit von Grundschulkindern in der vierten Klassen ist stärker ausgeprägt als von Kindern in der dritten Klasse (Bullock et al., 2009; Edelsbrunner, 2017; Sodian & Mayer, 2013).
- H 1.2 Die Experimentierfähigkeit von Grundschulkindern, die von fortgebildeten Lehrkräften unterrichtet werden, ist stärker ausgeprägt als von Kindern, die von nicht fortgebildeten Lehrkräften unterrichtet werden (Bohrmann et al., 2016; Kleickmann et al., 2016; Möller et al., 2006).
- F 2 Wie ist das implizite Wissen der Grundschülerinnen und Grundschüler über die Variablenkontrollstrategie ausgeprägt?
- H 2.1 Schülerinnen und Schüler der vierten Klasse wenden die Variablenkontrollstrategie beim Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen öfter an als Schülerinnen und Schüler der dritten Klasse (Bullock et al., 2009; Edelsbrunner, 2017).
- H 2.2 Grundschul Kinder, die von fortgebildeten Lehrkräften unterrichtet werden, besitzen ein höheres implizites Wissen über die Variablenkontrollstrategie als Kinder, die

von nicht fortgebildeten Lehrkräften unterrichtet werden (Bohrmann et al., 2016; Kleickmann et al., 2016).

F 3 Wenden die Schülerinnen und Schüler die Variablenkontrollstrategie für die Begründung ihrer Versuchsplanung an (explizites Wissen über die Variablenkontrollstrategie)?

H 3.1 Grundschul Kinder wenden in der vierten Klasse mehr Begründungen mit Bezug auf die Variablenkontrollstrategie an als in der dritten Klasse (Edelsbrunner, 2017).

H 3.2 Grundschul Kinder, die von fortgebildeten Lehrkräften unterrichtet werden, begründen öfter mit Bezug auf die Variablenkontrollstrategie als Kinder, die von nicht fortgebildeten Lehrkräften unterrichtet werden (Aiello-Nicosia et al., 1984; Bohrmann et al., 2016; Kleickmann et al., 2016; Möller et al., 2006).

F 4 Wie hängt das explizite Wissen der Kinder über die Variablenkontrollstrategie mit ihrer Nutzung zur Lösung von Aufgaben zusammen?

H 4.1 Schülerinnen und Schüler, die explizites Wissen über die Variablenkontrollstrategie besitzen, entscheiden sich beim Planen von Experimenten öfter für das korrekt geplante Experiment (Edelsbrunner, 2017).

7.2. Methode

Im folgenden Kapitel wird das Studiendesign und die Stichprobe beschrieben, anschließend werden die Instrumente dargestellt. Abschließend werden die zugrunde liegenden statistischen Auswertungsverfahren beschrieben.

7.2.1. Design und Stichprobe

Es handelt sich bei der vorliegenden Studie um eine Querschnittstudie mit einem Kontrollgruppendesign. Das Testinstrument wurde zunächst an Grundschulkindern präpilotiert ($N = 4$) und anschließend an Grundschulkindern pilotiert ($N = 22$). In der Haupterhebung wurden $N = 295$ Grundschul Kinder der dritten und vierten Klasse mittels eines standardisierten Tests im Klassenverband befragt (siehe Abbildung 8). Die Schülerinnen und Schüler wurden in ihren jeweiligen Klassen befragt. Eine Testleiterin

las den Kindern die Aufgaben des standardisierten Testheftes Aufgabe für Aufgabe vor. Nach jeder Aufgabe wurde abgewartet bis alle Kinder diese Aufgabe bearbeitet hatten, bevor die Testleiterin die nächste Aufgabe vorlas.

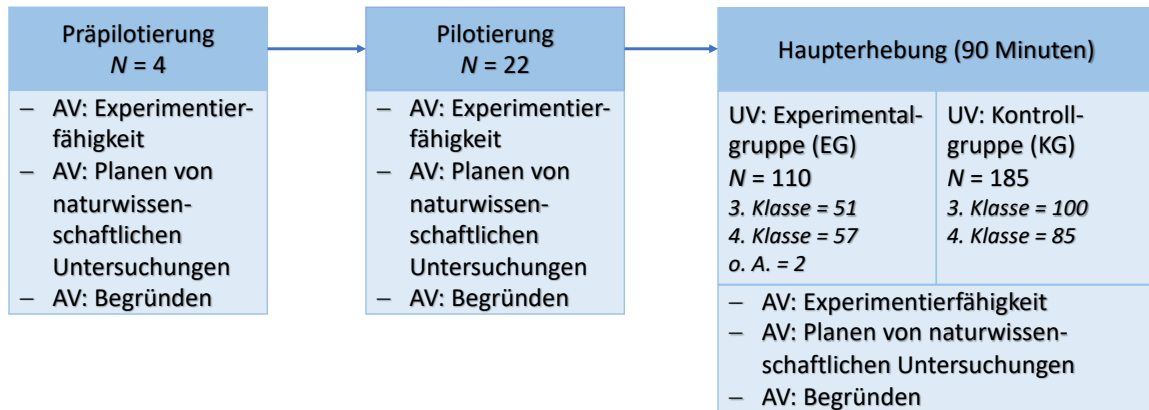


Abbildung 8. Ablauf der Studie 1

Die $N = 295$ Schülerinnen und Schüler waren aus sechzehn unterschiedlichen Klassen. Alle Schulen befanden sich in einem oberbayerischen Landkreis. Die Experimentalgruppe bestand aus sieben Klassen, deren Lehrkräfte freiwillig an einer naturwissenschaftlichen Fortbildung teilgenommen hatten und sich bereit erklärt haben, an der Studie teilzunehmen. Die sieben Klassen der Experimentalgruppe stammten alle aus unterschiedlichen Schulen. Für die Kontrollgruppe konnte eine Schule gewonnen werden, deren Lehrkräfte nicht an dieser naturwissenschaftlichen Fortbildung teilgenommen haben. Die neun Klassen der Kontrollgruppe waren alle dritten und vierten Klasse dieser Schule. Die Schülerinnen und Schüler waren im Mittel $M = 9,11$ Jahre ($SD = 0,84$) alt. 51,2 Prozent der Kinder waren weiblich und $N = 151$ waren Schülerinnen und Schüler einer dritten Klasse und $N = 142$ Schülerinnen und Schüler einer vierten Klasse. Zwei Kinder haben keine Angabe zu ihrem Alter, drei keine Angabe zu ihrem Geschlecht und zwei keine Angabe zu ihrer Klassenstufe gemacht.

Von den $N = 110$ Schülerinnen und Schülern der Experimentalgruppe waren $N = 51$ Schülerinnen und Schüler in der dritten Jahrgangsstufe und $N = 57$ in der vierten (vgl. Abbildung 8). $N = 185$ Schülerinnen und Schüler bildeten die Kontrollgruppe. Davon waren $N = 100$ Schülerinnen und Schüler in der dritten Jahrgangsstufe und $N = 85$ Schülerinnen und Schüler in der vierten Jahrgangsstufe (vgl. Abbildung 8).

7.2.2. Testinstrumente

Für die Beantwortung der Forschungsfragen diente als Erhebungsmethode die Befragung mittels eines Tests. Dazu wurden folgende drei Skalen als Indikatoren für die Leistungen der Schülerinnen und Schüler erhoben:

- *Experimentierfähigkeit*: Diese Skala erfasst die allgemeine Experimentierfähigkeit der Kinder.
- *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen*: Diese Skala erfasst das implizite Wissen der Kinder über die Variablenkontrollstrategie.
- *Begründen*: Diese Skala erfasst das explizite Wissen der Kinder über die Variablenkontrollstrategie.

Die Skala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* ist ein Teil der Skala *Experimentierfähigkeit* und wird zusätzlich als eigene Skala berichtet. Ebenso wurde die Skala Reihenfortsetzen des CFT 20-R Tests von Weiß (2006) als Indikator für die kognitiven Lernvoraussetzungen der Kinder eingesetzt. Im folgenden Abschnitt werden die Operationalisierung, die Testkonstruktion und Kodierung sowie die Ergebnisse der Testanalysen (Itemanalysen und Gütekriterien) zur Skala *Experimentierfähigkeit* berichtet. Anschließend werden die Kodierung und die Ergebnisse der Testanalysen (Itemanalysen und Gütekriterien) zur Skala *Begründen* dargestellt.

Test zu der Skala *Experimentierfähigkeit* der Kinder

Operationalisierung der Skala *Experimentierfähigkeit* Den theoretischen Hintergrund für die Ableitung der Aufgaben zur Experimentierfähigkeit der Schülerinnen und Schüler bilden die drei zentralen Teilkompetenzen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges (Entwickeln von naturwissenschaftlichen Hypothesen, Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen sowie Auswerten und Interpretieren von Daten) (vgl. Vorholzer, 2016). Der Schwerpunkt der vorliegenden Studie liegt auf dem *Experiment* mit besonderer Berücksichtigung der *Variablenkontrollstrategie*. Die Schülerinnen und Schüler bearbeiteten in dieser Studie Papier- und Bleistift-Tests. Mittels der Papier- und Bleistift-Tests wurde für die Teilkompetenz *Planen und Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* das Planen von Experimenten abgefragt.

Des Weiteren lag bei der Teilkompetenz *Entwickeln von naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Hypothesen* der Schwerpunkt auf den Hypothesen. Folglich wurden diese drei Teilkompetenzen erhoben:

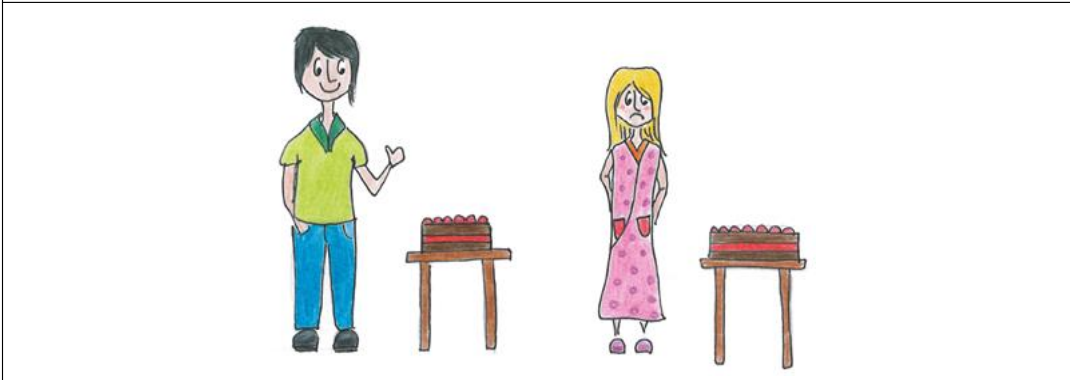
- Entwickeln von naturwissenschaftlichen Hypothesen
 - Hypothesen formulieren (siehe Abbildung 9)
 - Überprüfbare Hypothesen auswählen (siehe Abbildung 10)
- Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen
 - Experimente selbstständig planen (siehe Abbildung 11)
 - Experimente auswählen (siehe Abbildung 12)
- Auswerten und Interpretieren von Daten
 - Daten auswerten (siehe Abbildung 13)
 - Daten interpretieren (siehe Abbildung 14)

Diese Teilkompetenzen wurden in Anlehnung an die Literatur wie folgt operationalisiert (vgl. Mayer, 2012; Saffran, 2016; Schwichow et al., 2016; Vorholzer, 2016):

Entwickeln von naturwissenschaftlichen Hypothesen: Hypothesen stellen den Beginn jeder Untersuchung dar und legen den zu untersuchenden Gegenstand fest. Diese Teilkompetenz wird über zwei unterschiedliche Arten erfasst (siehe Tabelle 3). Zum einen formulieren die Schülerinnen und Schüler Hypothesen zu einer gegebenen Fragestellung und zum anderen wählen sie aus vorgegebenen Hypothesen diejenigen aus, die überprüfbar sind (siehe Beispielaufgaben Abbildung 9 und Abbildung 10).

Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen: Das Experimentieren unterstützt Schülerinnen und Schüler beim Verstehen von Inhalten und Zusammenhängen. Naturwissenschaftliche Untersuchungen können, wie unter Abschnitt 2.2.3 dargestellt, mit verschiedenen naturwissenschaftlichen Erkenntnismethoden durchgeführt werden. Zur Operationalisierung des Wissens der Schülerinnen und Schüler hinsichtlich dieser Teilkompetenz wurden zwei unterschiedliche Facetten eingesetzt (siehe Tabelle 3). Erstens werden den Schülerinnen und Schüler Alltagssituationen beschrieben, in denen Kinder verschiedener Meinung sind (siehe Beispielaufgabe Abbildung 11). Die Schülerinnen und Schüler beschreiben anschließend, wie sie vorgehen würden, um die Antwort

Item HyBack: Stell dir vor, du hast gemeinsam mit einem Freund oder einer Freundin zwei Kuchen gebacken. Ihr habt die gleichen Zutaten verwendet und habt die Öfen gleich eingestellt. Nach einer Stunde holt ihr die Kuchen aus dem Ofen und ein Kuchen schmeckt besser als der andere.



Woran könnte es liegen? Schreibe einen möglichen Grund auf, warum ein Kuchen besser schmeckt als der andere.

Abbildung 9. Beispielaufgabe für die Erfassung *Hypothesen bilden - Hypothesen formulieren*

auf die kausale Fragestellung herauszufinden. Dabei sollen die Schülerinnen und Schüler Experimente planen, in denen sie die unabhängige Variable verändern und die abhängige Variable messen. In der Aufgabe der Abbildung 11 sollen die Schülerinnen und Schüler einmal das Salz zu Beginn in den Wassertopf geben und die Zeit bis zum Kochen stoppen und einmal Wasser in einem Topf ohne Salz zum Kochen bringen und die Zeit stoppen. Die unabhängige Variable ist hier das Salz (ohne/mit) und die abhängige Variable die Zeit bis zum Kochen. Die Wassertemperatur zu Beginn sollte in beide Töpfen gleich sein.

Item HySonne: Wenn man sich eine Frage stellt und diese mit einer Beobachtung oder einem Experiment klären möchte, muss man zuerst einmal eine Vermutung darüber äußern, wie die Frage zu beantworten wäre. Diese Vermutung nennt man bei Wissenschaftlern Hypothese. Bei einer Hypothese ist es sehr wichtig, dass man sie mit einer Beobachtung oder einem Experiment überprüfen kann.

Was ist das beste Beispiel für eine Hypothese?

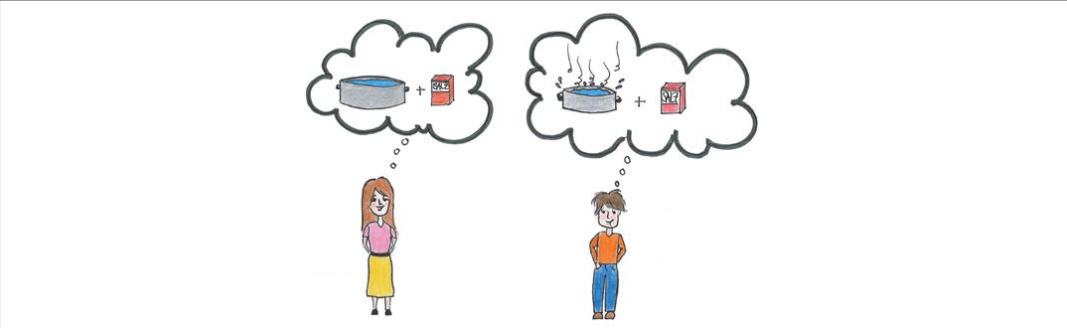
Kreuze die richtige Lösung an!

- Sonnenblumen bewegen sich gerne im Wind.
- Sonnenblumen, die gedüngt werden, werden größer.
- Sonnenblumen wollen gerne gegessen werden, damit sie schneller wachsen.
- Sonnenblumen lieben es, ganz groß zu werden.

Abbildung 10. Beispielaufgabe für die Erfassung *Hypothesen bilden - überprüfbare Hypothesen auswählen*

Zweitens erhalten die Schülerinnen und Schüler eine Vermutung und dazu vier bereits geplante Experimente, aus denen sie jenes Experiment auswählen, mit dem sie

Item PISalz: Nach dem Kuchenbacken wollen Luisa und Manfred Wasser für Nudeln kochen. Sie haben gehört, dass man Salz in das Nudelwasser geben soll. Luisa glaubt, dass man das Salz vor dem Kochen des Wassers in das Wasser gibt, weil das Wasser dann schneller kocht. Manfred glaubt, dass man das Salz erst dazugeben soll, wenn das Wasser bereits kocht, da Salzwasser langsamer kocht als Wasser ohne Salz. Sie möchten also herausfinden, ob Wasser mit Salz schneller kocht als Wasser ohne Salz.



Stell dir vor, du hast nur Wasser, Salz, zwei Töpfe, eine Stoppuhr und einen Herd zur Verfügung. Was machst du, um es herauszufinden?









Abbildung 11. Beispielaufgabe für die Erfassung *Untersuchungen planen - Experimente selbstständig planen*

die Vermutung überprüfen können (siehe Beispielaufgabe Abbildung 12). Sie erhalten unkonfundierte und konfundierte Experimente zur Auswahl. Um die Aufgabe korrekt zu beantworten, müssen die Schülerinnen und Schüler die unabhängige Variable und Kontrollvariablen beachten. Anhand dieser zwei Facetten kann die Teilkompetenz *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* als Indikator für das implizite Wissen der Schülerinnen und Schüler gegenüber der Variablenkontrollstrategie betrachtet werden, da die Schülerinnen und Schüler beim Beantworten der Aufgaben die verschiedenen Variablen beachten müssen.

Auswerten und Interpretieren von Daten: Diese Teilkompetenz beinhaltet das Auswerten und das Interpretieren von Daten (siehe Tabelle 3). Diese Schritte schließen eine Untersuchung ab und aufbauend auf den Ergebnissen wird entschieden, ob eine neue Untersuchung begonnen wird oder die Hypothese beantwortet wurde. Das Auswerten von Daten wird bei den Schülerinnen und Schülern mit Hilfe von 4-Felder-Tafeln geprüft (siehe Beispielaufgabe Abbildung 13).

Das Interpretieren von Daten wird mit Hilfe beschriebener Experimente erfasst. Den Schülerinnen und Schülern werden Experimente und mögliche Interpretationen vorgelegt und sie wählen die passende Interpretation aus (siehe Beispielaufgabe Abbildung 14).

Item PIWarm: Hannah möchte Wasser mit einigen Eiswürfeln kühlen. Sie nimmt an, dass Eiswürfel in warmem Wasser schneller schmelzen als in kaltem. Hannah gibt Eiswürfel in 2 Gläser. Welches der folgenden Experimente ist ein gutes Experiment, um ihre Vermutung zu testen?





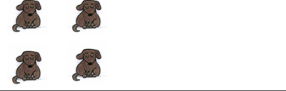

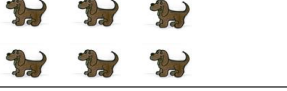
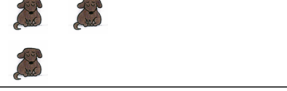
Experiment 1		Experiment 2	
Bedingung 1 50°C 	Bedingung 2 50°C 	Bedingung 1 20°C 	Bedingung 2 20°C 
Experiment 3		Experiment 4	
Bedingung 1 20°C 	Bedingung 2 20°C 	Bedingung 1 50°C 	Bedingung 2 20°C 

Trage die richtige Lösung ein!

Das Experiment ____ ist ein gutes Experiment, um die Vermutung zu prüfen.

Abbildung 12. Beispielaufgabe für die Erfassung *Untersuchungen planen - Experiment auswählen* nach Schwichow et al. (2016b)

Diese Unterscheidung in Teilkompetenzen mit den jeweiligen Facetten diene als Heuristik für die Itementwicklung und stellte sicher, dass alle relevanten Punkte durch Items repräsentiert werden. Diese Unterscheidung erhebt dabei keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit. Tabelle 3 zeigt die Anzahl der Items pro Teilkompetenz im Test.

Herr Krause hat Tablette A und Tablette B an Hunden mit Würmern getestet. In der Tabelle siehst du, wie viele Hunde nach der Benutzung der Tabletten keine Würmer mehr haben.		
	Hund ohne Würmer 	Hund mit Würmern 
 Tablette A	 8	 4
 Tablette B	 6	 3

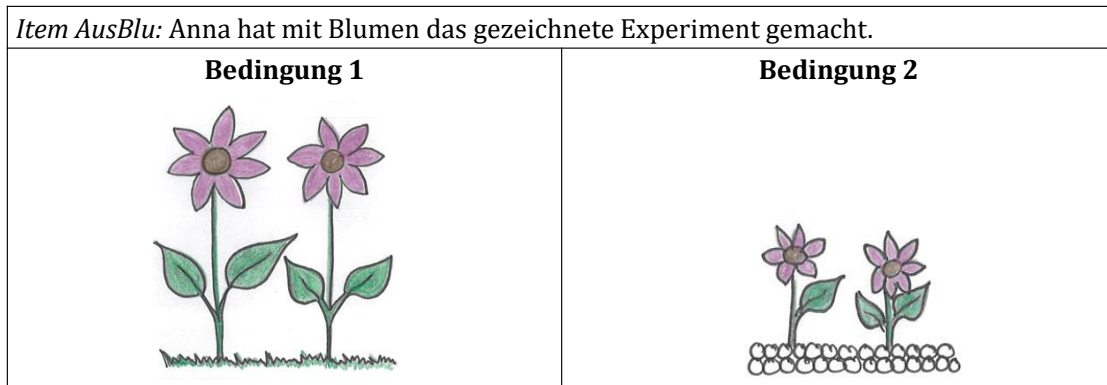
Schau dir seine Ergebnisse genau an!

Hilft Tablette A oder Tablette B besser oder helfen beide Tabletten gleich gut?

Kreuze die richtige Lösung an!

- Tablette A
- Tablette B
- gleich gut

Abbildung 13. Beispielaufgabe für die Erfassung *Daten auswerten und interpretieren - Daten auswerten* nach Saffran (2016)



Was zeigt das Experiment?

Kreuze die richtige Lösung an!

- Die Pflanzen, die in der Wiese wachsen, werden größer.
- Die Art der Pflanzen und der Untergrund, auf dem sie wachsen, beeinflusst das Wachstum der Pflanzen.
- Pflanzen werden größer, wenn sie öfter gedüngt werden.
- Das Experiment erlaubt keine gültige Schlussfolgerung.

Abbildung 14. Beispielaufgabe für die Erfassung *Daten auswerten und interpretieren* - *Daten interpretieren*

Testkonstruktion und Kodierung der Skala *Experimentierfähigkeit* Zur Erfassung der Experimentierfähigkeit mit besonderem Schwerpunkt auf der Variablenkontrollstrategie wurde in Anlehnung an Mayer (2012), Saffran (2016) und Schwichow et al. (2016) ein eigenentwickeltes Messinstrument verwendet. Die Itementwicklung sowie Itemauswahl erfolgte auf Basis der vorgestellten Operationalisierung.

Es wurde ein Leistungstest mit offenen und geschlossenen Itemformaten entwickelt, wobei die Anzahl der Items mit geschlossenem Antwortformat überwiegt (zehn Aufgaben mit geschlossenem Antwortformat). Durch die Verwendung offener Antwortformate wird die Ratewahrscheinlichkeit der Schülerinnen und Schüler verringert. Ebenso fordern die offenen Antwortformate die Schülerinnen und Schüler dazu auf, selbstständig Ideen zu generieren. Das zusätzliche Verwenden von Items mit geschlossenem Antwortformat ermöglichte, in den 90 Minuten mehr Items zu testen, was zu einer reliableren Messung beitragen sollte. Alle Items wurden mit Hilfe von Alltagsbeispielen aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler formuliert. Es entstand ein Itempool aus 20 Aufgaben. Alle Items wurden in der Phase der Präpilotierung an $N = 4$ Kindern mittels Think-Aloud-Protokollen getestet. Anhand dieser Protokolle wurden die Items nochmals überarbeitet und angepasst. Anschließend wurden 17 Items an $N = 22$ Schülerinnen und Schülern einer vierten Klasse pilotiert, welche dann auch unverändert in der Haupterhebung eingesetzt wurden.

Tabelle 3.

Inhaltliche Verteilung der Items auf die Teilkompetenzen

Teilkompetenz	Facetten	Anzahl Items
Entwickeln von naturwissenschaftlichen Hypothesen	Hypothesen formulieren	2 (0 gA)
	Überprüfbare Hypothesen auswählen	2 (2 gA)
Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen	Experimente selbstständig planen	3 (0 gA)
	Experiment auswählen	3 (3 gA)
Auswerten und Interpretieren von Daten	Daten auswerten	3 (3 gA)
	Daten interpretieren	2 (2 gA)
Insgesamt		15

Anmerkung. gA: geschlossene Aufgaben

Die offenen Antworten der Schülerinnen und Schüler wurden anhand eines Kodiermanuals beurteilt. Die Kategorien zur Bewertung der Antworten wurden sowohl induktiv aus den vorhandenen Antworten der Schülerinnen und Schüler der Pilotierung als auch deduktiv aus der Literatur gebildet.

Drei der sechs offenen Aufgaben waren Items zur Teilkompetenz *Entwickeln von naturwissenschaftlichen Hypothesen*. Die Schülerinnen und Schüler sollten Hypothesen zu gegebenen Fragestellungen entwickeln. Alle Antworten der Schülerinnen und Schüler, die eine realistische und mögliche Vermutung darstellten, wurden als richtig gewertet (siehe Beispielaufgabe Abbildung 9). Realistisch und möglich bedeutet in diesem Fall, dass die Vermutung anhand der Aufgabenformulierung nicht ausgeschlossen wurde. Bei dem Item *HyBack* (siehe Abbildung 9) bedeutet dies, dass die Antworten der Schülerinnen und Schüler als korrekt gewertet wurden, wenn diese zum Beispiel in ihren Begründungen eine unterschiedliche Menge an Zutaten nannten. Diese Möglichkeit wurde durch die Formulierung des Items nicht ausgeschlossen. Im Gegensatz dazu wurden Antworten, die unterschiedliche Backzeiten als Grund nannten, als falsch gewertet, da dies durch die Formulierung des Items ausgeschlossen war.

Die anderen drei Items mit offenem Antwortformat waren Items zu der Teilkompetenz *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen*. Hier beschrieben die Schülerinnen und Schüler ihr Vorgehen, um eine ungeklärte Frage zu beantworten (vgl. Beispielaufgabe Abbildung 11). Die Antworten der Schülerinnen und Schüler wurden in drei Kategorien eingeteilt (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4.

Kategorien der offenen Items zur Teilkompetenz Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen

Kategorie	Beispiel	Punkte
Die Kinder nennen die UV und AV.	Ich tu einen Topf ohne Salz kochen und einen mit. Dann mach ich die Stoppuhr an und schau was schneller kocht.	1
Die Kinder nennen die UV.	Ich würde in einen Topf Salz rein schütten, wenn es noch nicht kocht und in den anderen Salz rein, wenn es kocht.	0,66
Die Kinder schreiben, dass sie es aktiv ausprobieren wollen.	Ich würde einfach alles ausprobieren.	0,33

Anmerkung. UV: unabhängige Variable; AV: abhängige Variable

Ergebnisse der Testanalysen der Skala *Experimentierfähigkeit* In diesem Abschnitt werden als zentrale Kennwerte der klassischen Testtheorie die Schwierigkeiten und die Trennschärfen der Items sowie die interne Konsistenz der Gesamtskala dargestellt. Dazu werden die drei Gütekriterien Reliabilität, Objektivität und Validität berichtet.

Itemanalysen Die Analysen zeigten, dass die Schwierigkeit der Items (ermittelt über die Mittelwerte) zwischen 0,26 und 0,92 streut und somit sowohl leichte als auch mittlere und schwere Aufgaben in dem Test vorhanden sind (siehe Tabelle 5). Die durchschnittliche Itemschwierigkeit beträgt $M = 0,52$, was für einen angemessenen Schwierigkeitsgrad spricht (Doering & Bortz, 2015).

Die Trennschärfe der Items, die in Form der korrigierten Item-Skalen-Korrelationen ermittelt wurde, kann für einen Großteil der Aufgaben als ausreichend bezeichnet werden ($Min = 0,11$; $Max = 0,42$). Bei drei Items liegt die Trennschärfe allerdings unterhalb von $r_{it} = 0,10$, weshalb diese Items eigentlich aus dem Gesamttest zu entfernen sind. Sie erfassen Informationen, die nicht mit dem Gesamttest übereinstimmen. Das Item *AusPlan* hat wahrscheinlich eine zu niedrige Trennschärfe, da es für die Kinder schwierig ist, mit Experimenten umzugehen, die keinen kausalen Schluss zulassen. Das Item *HySchnee* hat möglicherweise einen zu nahen inhaltlichen Kontext. Die Items *AusPlan* und *HySchnee* werden deshalb aus dem Gesamttest entfernt, wohingegen das Item *AusBlu* aus Gründen der Inhaltsvalidität mit in die Analysen eingeht. Tabelle 6 zeigt die Itemschwierigkeiten und Itemstreuungen (ermittelt über

Tabelle 5.

Schwierigkeit und Trennschärfe aller 17 Items zur Erfassung der Experimentierfähigkeit

Item	PlBack (oA)	HyBack (oA)	PlSalz (oA)	AusSpül (gA)	PlShirt (gA)	PlWarm (gA)
p	0,32	0,52	0,41	0,92	0,87	0,61
r_{it}	0,34	0,16	0,42	0,21	0,27	0,31

Item	PlMeng (gA)	AusSchlau (gA)	AusPlan (gA)	HySchnee (oA)	HyFieb (oA)	AusBlu (gA)
p	0,63	0,52	0,36	0,66	0,53	0,38
r_{it}	0,29	0,16	-0,08	0,03	0,11	0,00

Item	AusDüng (gA)	HySonne (gA)	PlFloh (oA)	AusWurm (gA)	HyHund (gA)
p	0,77	0,33	0,45	0,26	0,33
r_{it}	0,20	0,26	0,34	0,19	0,17

Anmerkung. $N = 290$; Hy: Hypothese; Pl: Planen; Aus: Auswerten; oA: offene Aufgabe; gA: geschlossene Aufgabe

die Mittelwerte und Standardabweichungen) sowie die Trennschärfen des endgültigen Gesamttests mit 15 Items.

Objektivität Die Durchführungsobjektivität des vorliegenden Tests ist durch das Testhandbuch und eine standardisierte Anweisung gegeben (Doering & Bortz, 2015). Durch die standardisierten Anweisungen werden Interaktionen zwischen Testleiter und Probanden gering gehalten. Die Testzeit von 90 Minuten wurde immer eingehalten. Die Auswertungsobjektivität ist durch das Kodiermanual und die Vorgaben zum Bepunkten gegeben. Für die Interpretationsobjektivität wurde für die offenen Aufgaben Cohens Kappa berechnet. 20 Prozent der offenen Antworten wurden von zwei unabhängigen Beurteilerinnen anhand des Kodiermanuals kodiert. Die Cohens Kappa Werte liegen zwischen $\kappa = 0,76$ und $\kappa = 1$ ($M = 0,89$), was für eine hohe Interpretationsobjektivität spricht (Doering & Bortz, 2015).

Reliabilität Die Reliabilität ist ein Maß für die Messgenauigkeit eines Tests. Ein Test ist somit reliabel, wenn der Testwert die wahre Merkmalsausprägung der Testperson präzise abbildet (Doering & Bortz, 2015). Als Indikator für die Reliabilität wird in dieser Arbeit die interne Konsistenz betrachtet, welche sich auf die Korrelation zwi-

schen den Items bezieht. Die interne Konsistenz wird üblicherweise mit dem Cronbach Alpha-Koeffizienten berechnet (Doering & Bortz, 2015). Bei Messungen von Persönlichkeitsmerkmalen wie zum Beispiel Interesse sind Werte um $\alpha = 0,80$ zufriedenstellend (Hossiep, Schulte, Frieg & Schardien, 2010). Bei Leistungs- und Wissenstest gelten schon Werte um $\alpha = 0,60$ als akzeptabel, da diese mehrere Facetten beinhalten (Hossiep et al., 2010).

Tabelle 6.

Schwierigkeit und Trennschärfe der 15 Items des finalen Testinstruments zur Erfassung der Experimentierfähigkeit

Item	PIBack (oA)	HyBack (oA)	PlSalz (oA)	AusSpül (gA)	PlShirt (gA)	PIWarm (gA)
<i>M</i>	0,31	0,52	0,41	0,92	0,86	0,61
<i>SD</i>	0,26	0,50	0,39	0,27	0,35	0,49
<i>r_{it}</i>	0,37	0,19	0,47	0,20	0,29	0,27

Item	PlMeng (gA)	AusSchlau (gA)	HyFieb (oA)	AusBlu (gA)	AusDüng (gA)	HySonne (gA)
<i>M</i>	0,63	0,52	0,53	0,37	0,76	0,33
<i>SD</i>	0,48	0,50	0,50	0,48	0,43	0,47
<i>r_{it}</i>	0,30	0,18	0,12	0,03	0,22	0,29

Item	PIFloh (oA)	AusWurm (gA)	HyHund (gA)
<i>M</i>	0,45	0,26	0,33
<i>SD</i>	0,30	0,44	0,47
<i>r_{it}</i>	0,37	0,18	0,17

Anmerkung. $N = 295$; Hy: Hypothese; Pl: Planen; Aus: Auswerten; oA: offene Aufgabe; gA: geschlossene Aufgabe

Der Cronbach Alpha-Koeffizient für den Test der Experimentierfähigkeiten der Schülerinnen und Schüler beträgt für 15 Items $\alpha = 0,591$, was für einen Leistungstest als noch akzeptabel gilt (vgl. Tabelle 7) (Hossiep et al., 2010). Die interne Konsistenz für die Teilkompetenz *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* beträgt $\alpha = 0,623$. Diese Teilkompetenz kann somit getrennt von der Gesamtskala betrachtet werden. Sie korreliert hoch mit der Gesamtskala (vgl. Tabelle 7), repräsentiert aber, wie bereits dargestellt, das implizite Wissen der Schülerinnen und Schüler über die Variablenkontrollstrategie.

Tabelle 7.
Skala Experimentierfähigkeit

	Beispielitem	Anzahl Items	Gültige N	α	Korrelation mit der Gesamtskala
Teilkonstrukt „Entwickeln von naturwissenschaftlichen Hypothesen“	vgl. Abbildung 9	4	295	0,219	0,681**
Teilkonstrukt „Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen“	vgl. Abbildung 12	6	295	0,623	0,788**
Teilkonstrukt „Auswerten und Interpretieren von Daten“	vgl. Abbildung 14	5	295	0,216	0,647**
Gesamtskala „Experimentierfähigkeit“		15	295	0,591	

Anmerkung. ** $p < 0,01$

Validität Die Validität gibt an, ob ein Instrument auch diejenigen Fähigkeiten oder Eigenschaften misst, die es zu messen beansprucht (Doering & Bortz, 2015).

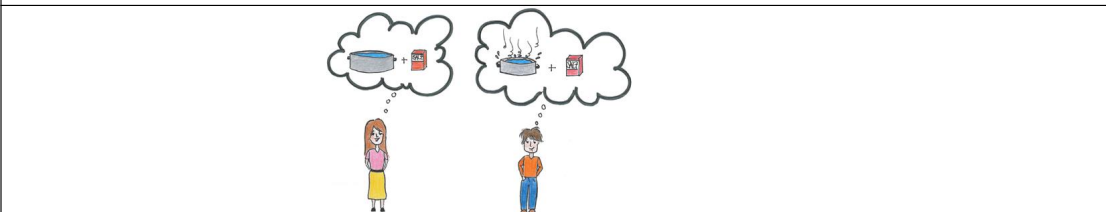
Die Inhaltsvalidität wurde anhand der Operationalisierung sichergestellt, da diese auf einschlägiger Literatur und theoretischen Modellen beruht und somit das Konstrukt repräsentiert (Hartig, Frey & Jude, 2012). Ebenso wurden die Items in einer Expertengruppe von $N = 6$ Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern diskutiert. Diese schätzten ein, ob die Items die Experimentierfähigkeit der Schülerinnen und Schüler repräsentieren. Alle Items wurden auf diese Weise als relevant eingestuft. Zudem wurden mit $N = 4$ Kindern Think-Aloud-Protokolle geführt, die die Validität bestätigten. Die Konstruktvalidität wird anhand von Hypothesen untersucht. Ein Test ist konstruktvalid, wenn aus dem gemessenen Konstrukt Hypothesen ableitbar sind, die anhand von Testwerten bestätigt werden können. Hierzu wird ein Netz von Hypothesen über das Konstrukt gespannt und seine Relationen zu anderen manifesten und latenten Variablen untersucht (Doering & Bortz, 2015). Für die Experimentierfähigkeit von Grundschulkindern ist aus vorausgegangen Studien bereits bekannt, dass diese mit dem IQ-Wert der Schülerinnen und Schüler korreliert und dass Kinder der vierten Klasse eine höhere Fähigkeit besitzen als Kinder der dritten Klasse (Bullock et al., 2009; Mayer, 2012;

Sodian & Mayer, 2013). In der vorliegenden Studie korreliert die Experimentierfähigkeit der Kinder mit dem CFT-Wert moderat ($r = 0,257^{***}$; $p < 0,001$). Die zweite Hypothese zur Überprüfung der Konstruktvalidität wird unter den Ergebnissen berichtet. Beide Ergebnisse sprechen für ein konstruktvalides Instrument.

Test zur Skala *Begründen*

Begründungen stellen dar, warum die angeführten Daten als Evidenz für eine Behauptung gelten können (Ryu & Sandoval, 2012). Anhand der Begründungen kann das explizite Wissen der Schülerinnen und Schüler über die Variablenkontrollstrategie betrachtet werden, da sich laut Kuhn (2014) das wissenschaftliche Denken mit Argumenten abbilden lässt. Die Begründungen der Kinder wurden mittels offener Aufgabenformate erfasst. Die Aufgaben zum Erfassen der Skala *Begründen* beziehen sich auf die Aufgaben zur Teilkompetenz *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen*. Die Schülerinnen und Schüler wurden nach jeder Aufgabe der Teilkompetenz *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* gefragt, warum sie so vorgegangen sind oder warum sie dieses Experiment ausgewählt haben (vgl. Beispielaufgabe Abbildung 15). Da die Teilkompetenz *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* mittels zwei Facetten erhoben wurde (vgl. Beispielaufgabe Abbildung 11 und Abbildung 12), wurden die Begründungen auch zu den zwei unterschiedlichen Vorgehensweisen eingefordert.

Item BeSalz: Nach dem Kuchenbacken wollen Luisa und Manfred Wasser für Nudeln kochen. Sie haben gehört, dass man Salz in das Nudelwasser geben soll. Luisa glaubt, dass man das Salz vor dem Kochen des Wassers in das Wasser gibt, weil das Wasser dann schneller kocht. Manfred glaubt, dass man das Salz erst dazugeben soll, wenn das Wasser bereits kocht, da Salzwasser langsamer kocht als Wasser ohne Salz. Sie möchten also herausfinden, ob Wasser mit Salz schneller kocht als Wasser ohne Salz.




Stell dir vor, du hast nur Wasser, Salz, zwei Töpfe, eine Stoppuhr und einen Herd zur Verfügung. Was machst du, um es herauszufinden? 
Warum bist du so vorgegangen?



Abbildung 15. Beispielaufgabe für die Erfassung *Begründen*

Insgesamt waren sechs Items der Skala *Begründen* im Test vorhanden. Diese Items wurden ebenfalls an $N = 4$ Kindern mittels Think-Aloud-Protokollen präpilottiert und anschließend an $N = 22$ Schülerinnen und Schülern einer vierten Klasse pilottiert. Die sechs Items der Pilotierung wurden unverändert in der Haupterhebung eingesetzt.

Kodierung zur Skala *Begründen* Die offenen Antworten der Schülerinnen und Schüler wurden anhand eines Kodiermanuals beurteilt. Die Kategorien zur Bewertung wurden aufbauend auf dem Kodiermanual von Edelsbrunner (2017) gebildet. Zusätzlich zu diesem Kodiermanual wurden anhand der Antworten der Schülerinnen und Schüler in der Pilotierung weitere Kategorien gebildet. Die Kategorien basieren auf Literatur zu den Experimentierstrategien der Schülerinnen und Schüler sowie Literatur zu den typischen Fehlvorstellungen der Schülerinnen und Schüler (vgl. z. B. Schauble et al., 1995; Siler & Klahr, 2012).

Das Kategoriensystem besteht aus acht Kategorien, wobei drei Kategorien zusätzlich feiner ausdifferenziert werden (vgl. Tabelle 10). Die acht Kategorien werden unterschiedlich bewertet. Die Schülerinnen und Schüler erhielten für Antworten, die sich nicht auf die Variablenkontrollstrategie beziehen, null Punkte. Dazu zählen die Kategorien *tautologische Begründungen*, *normative Begründungen* und *ergebnisorientierte Begründungen* ebenso wie Begründungen, die nicht kategorisierbar sind. Für Antworten, in denen die Kinder ein *erstes Verständnis von Variation* als Begründung anführten, erhielten sie 0,33 Punkte. Falls die Schülerinnen und Schüler in ihren Begründungen eine relevante Variable des Experiments nannten, erhielten sie 0,66 Punkte und falls sie zwei oder mehr relevante Variablen nannten, erhielten sie einen Punkt. Die Ergebnisse der Interrater-Reliabilität werden unter Reliabilität berichtet (siehe Abschnitt 7.2.2).

Ergebnisse der Testanalysen zur Skala *Begründen* In diesem Abschnitt werden als zentrale Kennwerte der klassischen Testtheorie die Schwierigkeiten und die Trennschärfen der Items sowie die interne Konsistenz der Skala *Begründen* dargestellt. Dazu werden die drei Gütekriterien Reliabilität, Objektivität und Validität berichtet.

Itemanalysen Die Itemanalysen zeigen, dass die Schwierigkeit der Items (ermittelt über die Mittelwerte) von $M = 0,05$ bis $M = 0,47$ streut. In der Skala *Begründen* sind somit sehr schwere und mittlere Aufgaben enthalten. Die Items mit Schwierigkeiten unter $M = 0,1$ sind für die Kinder zu schwierig (Doering & Bortz, 2015). Das sind alle

Items zum Begründen der Facette *Experimente selbstständig planen* der Teilkompetenz *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen*. Diese Items bleiben für einen Vergleich zwischen den beiden Facetten des Tests vorhanden.

Die Trennschärfe der Items, die in Form der korrigierten Item-Skalen-Korrelationen ermittelt wurde, kann für die Aufgaben als zufriedenstellend bezeichnet werden. Alle Items liegen über $r_{it} = 0,10$ (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 8.

Schwierigkeit und Trennschärfe der 6 Items zur Erfassung der Skala Begründen

Item	BeBack	BeSalz	BeShirt	BeWarm	BeMeng	BeFloh
<i>M</i>	0,05	0,09	0,40	0,47	0,49	0,08
<i>SD</i>	0,17	0,23	0,41	0,44	0,43	0,22
r_{it}	0,17	0,35	0,46	0,61	0,57	0,10

Anmerkung. $N = 295$; Be: Begründen

Objektivität Die Auswertungsobjektivität der Skala *Begründen* ist durch das Kodiermanual und die Vorgaben zum Vergeben der Punkte sichergestellt. Cohens Kappa wurde für die offenen Aufgaben der Skala *Begründen* als Maß der Interpretationsobjektivität berechnet. Dazu wurden 20 Prozent der offenen Antworten von zwei unabhängigen Beurteilerinnen anhand des Kodiermanuals kodiert. Die Cohens Kappa Werte pro Aufgabe liegen zwischen $\kappa = 0,78$ und $\kappa = 0,91$ ($M = 0,84$). Somit ist die Interpretationsobjektivität gegeben (Doering & Bortz, 2015).

Reliabilität Auch für die Skala *Begründen* wird als Maß der Reliabilität die interne Konsistenz betrachtet. Der Cronbach Alpha-Koeffizient für die Skala *Begründen* beträgt für 6 Items $\alpha = 0,647$, was für einen Wissenstests als akzeptabel gilt (Hossiep et al., 2010).

Validität Es wird davon ausgegangen, dass die Begründungen der Schülerinnen und Schüler ihr explizites Wissen über die Variablenkontrollstrategie beinhalten. Dieses Wissen ist Teil des wissenschaftlichen Denkens. Für das wissenschaftliche Denken ist bereits bekannt, dass es signifikant mit dem IQ-Wert der Kinder korreliert (Mayer, 2012). Somit wird für die Konstruktvalidität untersucht, ob das explizite Wissen der Schülerinnen und Schüler mit den CFT-Wert korreliert. Die Skala *Begründen* korreliert

Tabelle 9.
Skala Begründen

	Beispielitem	Anzahl Items	Gültige <i>N</i>	α	Korrelation mit der Skala „Experimentier- fähigkeit“
Begründen Facette: Experimente selbstständig planen	vgl. Abbildung 15	3	295	0,262	
Begründen Facette: Experiment auswählen	vgl. Abbildung 12	3	295	0,738	
Skala „Begründen“		6	295	0,647	0,506***

Anmerkung. *** $p < 0,001$

signifikant mit dem CFT-Werten der Schülerinnen und Schüler ($r = 0,255^{***}$; $p < 0,001$). Das Ergebnis spricht für einen konstruktvaliden Test.

7.2.3. Statistische Auswertungsmethoden

Um die Unterschiede zwischen dritter und vierter Klasse sowie die Effekte einer naturwissenschaftlichen Fortbildung für Lehrkräfte zu betrachten, wurden Kovarianzanalysen (ANCOVA) unter Kontrolle des IQ-Werts der Kinder berechnet. Zuerst wurden die Voraussetzungen für eine Kovarianzanalyse überprüft.

Da die Schülerinnen und Schüler der dritten Jahrgangsstufe ($M = 4,85$; $SD = 2,13$) erwartungsgemäß signifikant niedrigere Werte des CFT-Tests als die Kinder der vierten Klasse ($M = 5,66$; $SD = 2,25$; $t(291) = -3,154^{**}$; $p = 0,002$) haben, wird die Voraussetzung verletzt, dass die Kovariate unabhängig vom Gruppeneffekt ist. Entgegen der Erwartung wird auch im Vergleich zwischen der Kontrollgruppe und der Experimentalgruppe diese Voraussetzung verletzt. Die Kontrollgruppe ($M = 5,48$; $SD = 2,10$) hat signifikant höhere Werte im CFT-Test als die Experimentalgruppe ($M = 4,85$; $SD = 2,36$; $t(315) = -2,379^{*}$; $p = 0,018$). Genauere Analysen zeigen, dass der signifikante Unterschied zwischen Experimental- und Kontrollgruppe nur bei den Kindern der vierten Klasse vorhanden ist ($t(140) = -2,619^{*}$, $p = 0,010$). Die Schülerinnen und Schüler der dritten Klasse in der Experimentalgruppe ($M = 4,61$; $SD = 2,20$) unterscheiden sich im CFT-Test nicht signifikant von den Kindern der Kontrollgruppe ($M = 4,98$; $SD = 2,10$) in der dritten Jahrgangsstufe ($t(149) = -1,014$; $p = 0,312$).

Tabelle 10.

Die Kategorien der Aufgaben der Skala Begründen

Kategorie	Erklärung	Beispiel	Punkte
Keine kategorisierbare Begründung vorhanden	Es wurde keine Begründung angegeben oder die Begründung bezieht sich nicht auf die Fragestellung. Ebenso fallen Antworten wie „es fiel mir einfach ein“, „das ist gut für mich“ ect. unter diesen Bereich.	Das ist meine einzige Idee.	0
Tautologische Begründung	Die Begründung ist eine zirkulär bestätigende Aussage ohne Erklärung.	Weil ich glaube, dass es so ist.	0
Normative Begründung	Die Begründung wird durch normative Aspekte wie z.B. Eltern, Lehrkraft erklärt.	Ich habe es so geschrieben, weil meine Mutter es immer mit Backpulver macht.	0
Ergebnisorientierte Begründung	Das vermutete Ergebnis des Experiments wird als Begründung angegeben.	Weil sonst schmecken die Nudeln zu salzig.	0
erstes Verständnis von Variation	Die Begründung geht darauf ein, dass man verschiedene Bedingungen schaffen muss. Es wird kein direkter Faktor/Variable genannt.	Weil da alle Bedingungen gleich sein.	0,33
Korrektter Hinweis auf eine (un)konfundierte Variable	Die Begründung enthält einen expliziten Hinweis auf eine Variable in diesem Experiment, die verändert, gemessen oder gleich gehalten wurde.	Weil dann kann man einen mit und einen ohne Backpulver backen.	0,66
Korrektter Hinweis auf zwei (un)konfundierte Variablen	Die Begründung enthält einen expliziten Hinweis auf zwei Variablen, die verändert, gemessen oder gleich gehalten wurden.	Weil da ein weißes und ein schwarzes T-Shirt in der Sonne liegen.	1
Korrektter Hinweis auf mehr als zwei (un)konfundierte Variablen	Die Begründung enthält einen expliziten Hinweis auf mehr als zwei Variablen, die verändert, gemessen oder gleich gehalten wurden.	Weil dort gleich viel Wasser und Eiswürfel sind und verschiedene Temperaturen herrschen.	1

Da die Kovariate in zwei Fällen abhängig vom Gruppeneffekt ist, entsteht eine Konfundierung. Diese Konfundierung kann mittels einer robusten ANCOVA umgangen werden (Field, 2017). Die robuste ANCOVA identifiziert anhand getrimmter Mittelwerte fünf Werte der Kovariate, für die die Beziehung zwischen der abhängigen Variable und der Kovariate in beiden Gruppen vergleichbar ist. Für jeden dieser fünf Werte wird die Stichprobengröße für beide Gruppen angegeben und anhand der getrimmten Mittelwerte die Differenz berechnet.

Um ein detailliertes Ergebnis hinsichtlich der Unterschiede in der Art der Begründungen zwischen der dritten und vierten Klasse zu generieren, wurden zudem weitere Gruppenvergleiche (multivariate Varianzanalysen = MANOVA) berechnet. Dabei wurden alle Arten von Begründungen als abhängige Variablen in das Modell mit aufgenommen. Alle Analysen wurden mit der statistischen Datensoftware SPSS (Version 25) durchgeführt. Es wurde ein alpha Level von 0,05 für alle statistischen Tests verwendet.

7.3. Ergebnisse

Die Ergebnisse werden anhand der unter Abschnitt 7.1 hergeleiteten Fragestellungen berichtet. Zu Beginn werden jeweils die deskriptiven Statistiken dargestellt, anschließend der Vergleich zwischen der dritten und der vierten Klasse und darauf aufbauend der Vergleich zwischen der Experimental- und der Kontrollgruppe.

7.3.1. Die Experimentierfähigkeit der Schülerinnen und Schüler

Die Gesamtskala *Experimentierfähigkeit* der Schülerinnen und Schüler wird mit Aufgaben aus den drei Teilkompetenzen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges (Entwickeln von naturwissenschaftlichen Hypothesen, Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen sowie Auswerten und Interpretieren von Daten) erhoben. Die Grundschul Kinder erreichen im Mittel $M = 7,81$ von möglichen 15 Punkten ($SD = 2,49$; $Min = 1,00$; $Max = 14,32$) in der Gesamtskala *Experimentierfähigkeit*. Die Schülerinnen und Schüler erreichen bei den Aufgaben der Teilkompetenz *Auswerten und Interpretieren von Daten* im Verhältnis zu den beiden anderen Teilkompetenzen die meisten Punkte. Hier haben sie im Durchschnitt $M = 2,83$ von fünf möglichen Punkten (56,6 %) (vgl. Tabelle 11). Bei den Aufgaben der Teilkompetenz *Entwickeln von naturwissenschaftlichen Hypothesen*

erreichen die Kinder im Vergleich die wenigsten Punkte (42,75 %), wohingegen sie bei den Aufgaben der Teilkompetenz *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* im Mittel 54,5 Prozent der Aufgaben richtig lösen.

Tabelle 11.
Deskriptive Statistiken der Experimentierfähigkeit

Skalename	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>Min</i>	<i>Max</i>	Anzahl möglicher Punkte	% korrekt
Experimentierfähigkeit	7,81 (2,49)	1	14,32	15	52,07
Entwickeln von naturwissenschaftlichen Hypothesen	1,71 (1,06)	0	4,00	4	42,75
Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen	3,27 (1,37)	0	5,66	6	54,50
Auswerten und Interpretieren von Daten	2,83 (1,06)	0	5,00	5	56,60

Der Unterschied in der Experimentierfähigkeit der Schülerinnen und Schülern der dritten und vierten Klasse wird mit Hilfe einer robusten ANCOVA berechnet.

Die Schülerinnen und Schüler der dritten Klasse ($N = 151$) erreichten im Mittel $M = 7,14$ Punkte ($SD = 2,40$; $Min = 2,00$; $Max = 13,33$). Die Schülerinnen und Schüler ($N = 142$) der vierten Klasse erreichten im Mittel $M = 8,50$ Punkte ($SD = 2,40$; $Min = 1,00$; $Max = 14,32$). Die robuste ANCOVA zeigt fünf Werte, bei denen der Zusammenhang zwischen der abhängigen Variable und der Kovariate vergleichbar ist (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12.
Werte der robusten Ancova zur Experimentierfähigkeit

CFT Wert	<i>N</i> (3 KL)	<i>N</i> (4 KL)	Differenz	untere Grenze Konfidenzintervall	obere Grenze Konfidenzintervall	Statistic	<i>p</i>
0	12	14	-1,52	-3,93	1,49	-1,29	0,238
4	71	79	-1,16	-2,43	0,11	-2,62	0,008
6	78	95	-1,29	-2,42	-0,15	-3,25	0,000
7	86	104	-1,35	-2,46	0,23	-3,45	0,001
9	12	55	-1,62	-3,82	0,58	-2,11	0,051

Anmerkung. KL: Klasse

Bei den CFT-Werten 4, 6 und 7 Punkte unterscheiden sich die beiden Gruppen untereinander signifikant in ihrer Experimentierfähigkeit. Somit weisen die Schülerinnen

und Schüler der vierten Klasse mit diesen CFT-Werten (4, 6, 7) eine höhere Experimentierfähigkeit auf als Kinder der dritten Klasse mit diesen CFT-Werten (4, 6, 7). Dies spricht für einen entwicklungsbedingten Effekt und einen konstruktvaliden Test (siehe Tabelle 12). Bei den CFT-Werten von 0 und 9 sind die beiden Gruppen ebenso vergleichbar. Sie unterscheiden sich aber in ihrer Experimentierfähigkeit nicht signifikant voneinander. Auf Klassenebene wird sichtbar, dass eine kombinierte dritte/vierte Klasse die höchste Punktzahl in der Experimentierfähigkeit erreicht und zwei dritte Klassen ähnliche Werte wie einige vierte Klassen erreichen (siehe Tabelle 13).

Um zu überprüfen, ob naturwissenschaftliche Fortbildungen für Lehrkräfte diesen entwicklungsbedingten Effekt noch unterstützen, werden für die dritte und vierte Klasse die Experimental- und Kontrollgruppe verglichen. Die Experimentalgruppe hat in der dritten und vierten Klasse jeweils mehr Punkte in der Experimentierfähigkeit erreicht als die Kontrollgruppe (siehe Tabelle 14). Die Unterschiede in der Experimentierfähigkeit der Schülerinnen und Schüler wurden für die dritte Klasse mittels eines t-Tests und für die vierte Klasse mit Hilfe einer robusten ANCOVA berechnet. Die beiden Methoden zeigen jeweils, dass der deskriptive Unterschied zwischen den Klassenstufen nicht signifikant ist (siehe Tabelle 15).

Tabelle 13.

Leistungswerte der einzelnen Klassen

Klassenstufe	Gruppe	CFT-Wert	Experimentierfähigkeit	Planen	Begründen
3	EG	5,20	7,70	3,24	1,33
3	EG	5,00	7,53	2,99	1,36
3	KG	5,00	6,36	2,62	1,40
3	KG	4,74	8,22	3,18	0,94
3	KG	4,79	7,66	3,36	1,56
3	KG	5,08	6,89	2,50	1,53
3	KG	5,38	5,17	2,27	1,39
3	EG	3,23	6,45	2,76	0,89
3/4	EG	6,33	10,37	4,43	2,61
3/4	EG	4,00	7,75	3,18	1,02
4	EG	4,50	8,07	3,52	1,69
4	KG	6,39	8,01	3,34	1,99
4	KG	5,40	8,54	3,54	1,47
4	KG	6,45	9,52	3,92	2,06
4	KG	6,18	7,90	3,58	1,96
4	EG	5,40	8,29	3,49	1,78

Die Werte des t-Tests für die Schülerinnen und Schüler der dritten Jahrgangsstufe deuten darauf hin, dass die Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe tendenziell über eine höhere Experimentierfähigkeit verfügen ($t(149) = 1,573$; $p = 0,118$; siehe Abbildung 16). Innerhalb der vierten Jahrgangsstufe zeigt die robuste ANCOVA, dass sich die Experimental- und Kontrollgruppe nicht signifikant voneinander unterscheiden ($t(140) = 0,070$; $p = 0,944$). Mögliche Gründe werden in der Diskussion dargestellt.

Tabelle 14.

Deskriptive Statistiken der Experimentalgruppe (EG) und Kontrollgruppe (KG) für die dritte und vierte Jahrgangsstufe

Gruppe	<i>N</i>	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>Min</i>	<i>Max</i>
3. Kl KG	100	6,92 (2,38)	2,00	13,33
3. Kl EG	51	7,57 (2,40)	3,33	12,65
4. Kl KG	85	8,49 (2,47)	1,00	14,32
4. Kl EG	57	8,52 (2,33)	3,66	13,32

Ingesamt können Schülerinnen und Schüler der dritten und vierten Klasse in circa der Hälfte der Fälle naturwissenschaftliche Hypothesen entwickeln, naturwissenschaftliche Untersuchungen planen sowie Daten auswerten und interpretieren. Die Grundschul Kinder der vierten Klasse verfügen über eine höhere Experimentierkompetenz als die Grundschul Kinder der dritten Klasse (Annahme der H 1.1). Kinder der dritten Jahrgangsstufe, die von fortgebildeten Lehrkräften unterrichtet werden, besitzen tendenziell eine höhere Experimentierkompetenz als Kinder, die von nicht fortgebildeten Lehrkräften unterrichtet werden. Bei Schülerinnen und Schülern der vierten Klasse ist diese Tendenz nicht sichtbar (H 1.2 kann weder angenommen noch abgelehnt werden).

Tabelle 15.

Vergleich der Experimentierfähigkeit der Experimentalgruppe (EG) und Kontrollgruppe (KG) in der vierten Klasse

CFT Wert	<i>N</i> (EG)	<i>N</i> (KG)	Differenz	untere Grenze Konfidenzintervall	obere Grenze Konfidenzintervall	Statistic	<i>p</i>
3	14	24	0,97	-1,86	3,80	0,99	0,328
5	41	36	-0,11	-1,99	1,76	-0,17	0,875
6	46	37	-0,59	-2,21	1,03	-1,05	0,298
8	35	30	-0,29	-2,13	1,55	-0,45	0,648
9	23	20	0,11	-2,17	2,39	0,14	0,866

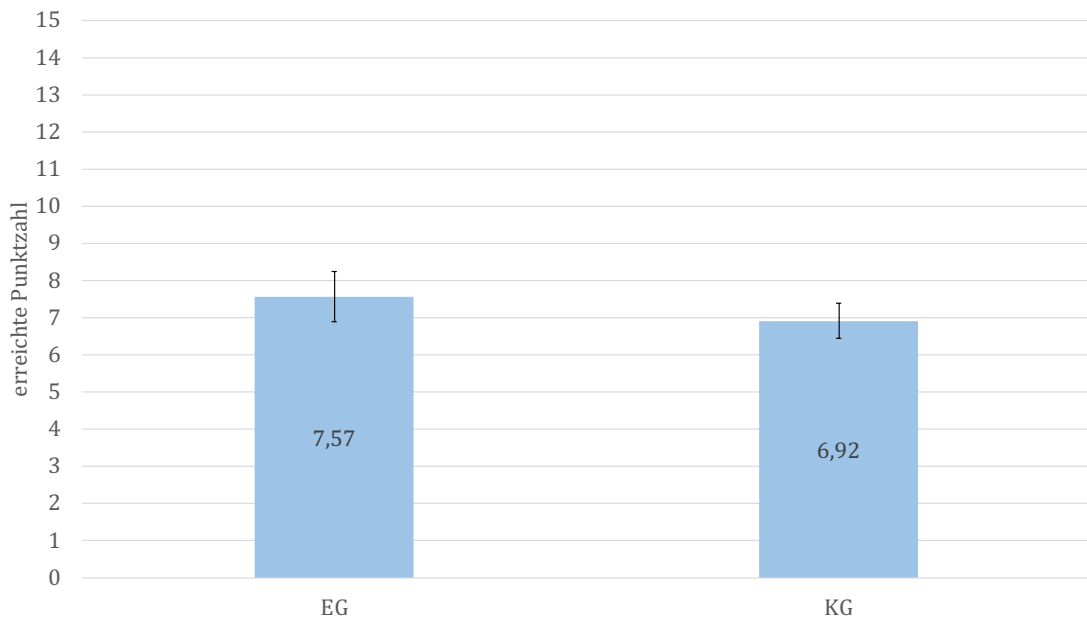


Abbildung 16. Die Leistungen der Experimental- und Kontrollgruppe in der dritten Jahrgangsstufe

7.3.2. Wissen der Schülerinnen und Schüler über die Variablenkontrollstrategie

In dieser Fragestellung wird die Teilskala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* betrachtet. Die Teilskala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* steht für die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, die Variablenkontrollstrategie beim Planen beziehungsweise Auswählen von Experimenten anzuwenden. Da die Kinder beim Planen beziehungsweise Auswählen Variablen beachten müssen, wird mit dieser Teilskala das implizite Wissen der Schülerinnen und Schüler über die Variablenkontrollstrategie erfasst (siehe Abschnitt 7.2.2). Wie Tabelle 11 zeigt, erreichen die Kinder in der Teilskala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* im Mittel $M = 3,27$ Punkte ($SD = 1,37$; $Min = 0,00$; $Max = 5,66$) von sechs möglichen Punkten. Die Teilskala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* wurde mittels zwei unterschiedlicher Facetten erhoben. Die Schülerinnen und Schüler erreichen beim Auswählen eines Experiments mehr Punkte als beim selbstständigen Planen (siehe Tabelle 16).

Durch die Auswertung der Items zum selbstständigen Planen von Experimenten wird sichtbar, dass 28 Prozent der Kinder in keiner der drei Aufgaben Experimente mit Hilfe der Variablenkontrollstrategie planen. Circa 15 Prozent der Kinder wenden bei allen drei Aufgaben zum selbstständigen Planen von Experimenten die Variablenkontrollstrategie an (siehe Abbildung 17).

Tabelle 16.

Deskriptive Statistik der Teilskala Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen

	<i>M (SD)</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	Anzahl möglicher Punkte	% korrekt
Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen gesamt	3,27 (1,37)	0	5,66	6	54,50
selbstständiges Planen	1,18 (0,71)	0	2,66	3	39,33
Auswählen eines passenden Experiments	2,10 (0,94)	0	3,00	3	70,00

Die deskriptive Statistik macht sichtbar, dass die Schülerinnen und Schüler der vierten Klasse in der Teilskala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* mehr Punkte erreicht haben als die Schülerinnen und Schüler der dritten Jahrgangsstufe (vgl. Tabelle 17).

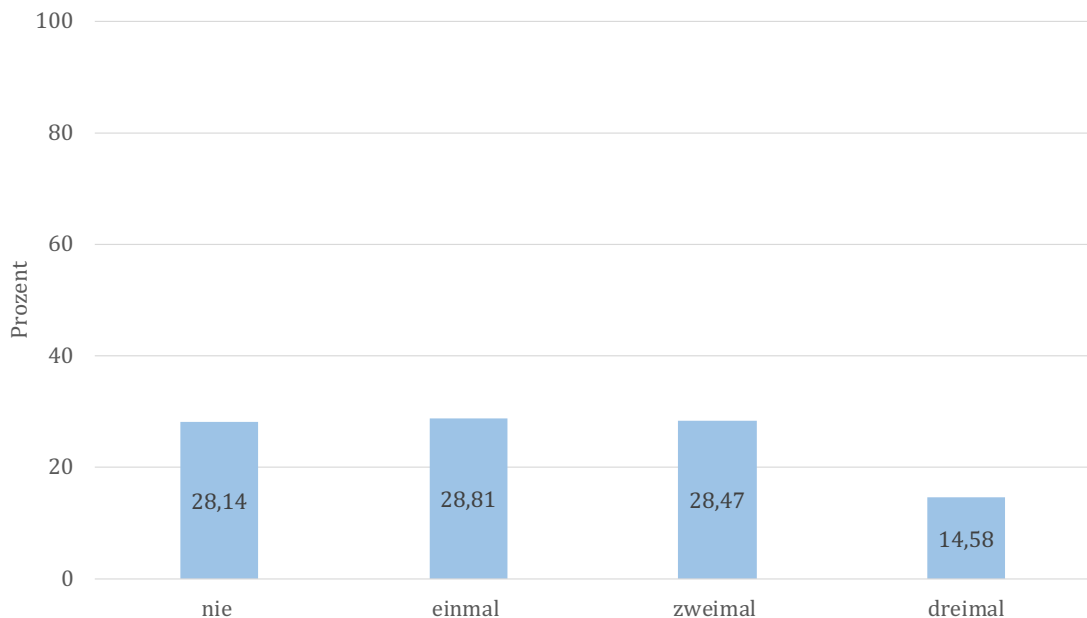


Abbildung 17. Prozentuale Häufigkeiten des Planens mit Bezug zur VKS bei den Items zum selbstständigen Planen

Da die Skala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* signifikant mit dem CFT-Wert der Schülerinnen und Schüler korreliert ($r = 0,227$; $p = < 0,001$) und die Schülerinnen und Schüler sich im CFT-Wert zwischen dritter und vierter Klasse signifikant unterscheiden, wird ebenfalls eine robuste ANCOVA berechnet.

Wie für die Gesamtskala *Experimentierfähigkeit* zeigt sich auch bei der Teilskala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen*, dass sich die beiden Gruppen (dritte und vierte Klasse) bei den CFT-Werten 0, 4, 6, 7 und 9 vergleichen lassen. Bei einem

Tabelle 17.

Deskriptive Statistiken der Teilskala Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen pro Gruppe

Gruppe	<i>N</i>	<i>M (SD)</i>	Min	Max
3 Klasse	151	2,95 (1,35)	0	5,33
4 Klasse	142	3,61 (1,32)	0	5,66
3 Kl KG	100	2,84 (1,38)	0	5,33
3 Kl EG	51	3,17 (1,27)	0,99	5,33
4 Kl KG	85	3,60 (1,34)	0	5,66
4 Kl EG	57	3,63 (1,30)	0,66	5,66

Anmerkung. EG: Experimentalgruppe; KG: Kontrollgruppe

CFT-Wert von 4, 6 oder 7 Punkten unterscheiden sich beide Gruppen in ihren Leistungen in der Teilskala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* signifikant voneinander (vgl. Tabelle 18). Die Schülerinnen und Schüler der vierten Klasse erreichen in den Aufgaben der Teilskala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* signifikant mehr Punkte als die Schülerinnen und Schüler der dritten Klasse. Da die Teilskala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* das implizite Wissen der Schülerinnen und Schüler repräsentiert, setzen Schülerinnen und Schüler der vierten Jahrgangsstufe beim Planen beziehungsweise Auswählen von Experimenten öfter die Variablenkontrollstrategie ein als Schülerinnen und Schüler der dritten Jahrgangsstufe.

Tabelle 18.

Vergleich der Teilskala Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen zwischen der dritten und vierten Klasse

CFT Wert	<i>N</i> (3 KL)	<i>N</i> (4 KL)	Differenz	untere Grenze Konfidenzintervall	obere Grenze Konfidenzintervall	Statistic	<i>p</i>
0	12	14	-0,17	-2,24	1,91	-0,23	0,806
4	71	79	-0,71	-1,43	0,01	-2,83	0,008
6	78	95	-0,79	-1,51	-0,07	-3,14	0,004
7	86	104	-0,89	-1,57	-0,22	-3,79	0,001
9	12	55	-0,95	-2,25	0,36	-2,09	0,054

Anmerkung. KL: Klasse

Aufbauend auf den Unterschieden zwischen der dritten und vierten Klasse wird betrachtet, ob die Schülerinnen und Schüler von Lehrkräften, die an einer naturwissenschaftlichen Fortbildung teilgenommen haben, mehr implizites Wissen über die

Variablenkontrollstrategie besitzen als Schülerinnen und Schüler, deren Lehrkräfte an keiner naturwissenschaftlichen Fortbildung teilgenommen haben. Die deskriptiven Unterschiede zwischen der Experimental- und der Kontrollgruppe (vgl. Tabelle 17) sind nicht signifikant. Die beiden Gruppen (EG und KG) unterscheiden sich in der vierten Klasse in keinem der fünf Werte des CFT-Tests signifikant voneinander (vgl. Tabelle 19). Der t-Test innerhalb der dritten Klasse zeigt wiederum eher eine Tendenz in Richtung der Experimentalgruppe ($t(149) = 1,449$; $p = 0,149$). In der dritten Jahrgangsstufe besitzen somit Schülerinnen und Schüler von Lehrkräften, die an dieser naturwissenschaftlichen Fortbildung teilgenommen haben, tendenziell ein höheres implizites Wissen über die Variablenkontrollstrategie (erhoben über die Teilskala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen*) als Schülerinnen und Schüler von Lehrkräften, die nicht an dieser naturwissenschaftlichen Fortbildung teilgenommen haben (siehe Abbildung 18). In der vierten Jahrgangsstufe ist diese Tendenz nicht vorhanden.

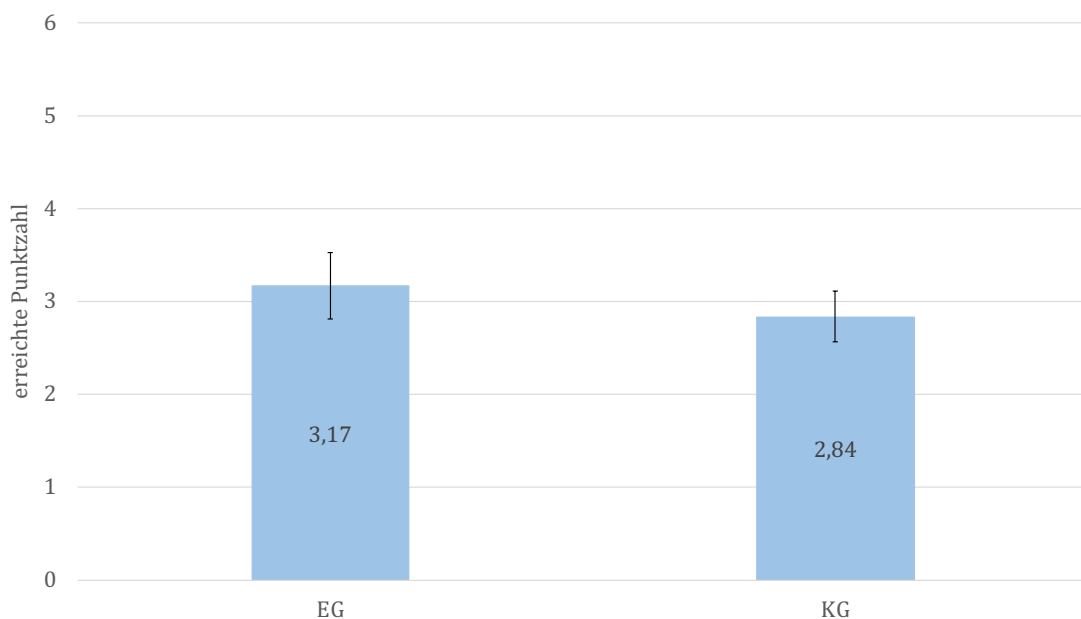


Abbildung 18. Die Leistungen der Skala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* der Experimental- und Kontrollgruppe in der dritten Jahrgangsstufe

Zusammenfassend betrachtet beantworten die Schülerinnen und Schüler im Mittel 54,5 Prozent der Aufgaben der Teilskala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* korrekt. Ihnen fällt es leichter ein korrektes Experiment auszuwählen als selbst zu planen. Fast ein Drittel der Schülerinnen und Schüler nennen in ihren Antworten keinen Aspekt der Variablenkontrollstrategie, wohingegen sich 15 Prozent der Schülerinnen und Schüler in allen drei Experimenten auf Aspekte der Variablenkontrollstrategie bezie-

hen. Schülerinnen und Schüler der vierten Klasse wenden die Variablenkontrollstrategie beim Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen öfter an als Schülerinnen und Schüler der dritten Klasse (Annahme der H 2.1). Grundschulkindern von Lehrkräften, die an der naturwissenschaftlichen Fortbildung teilgenommen haben, besitzen in der dritten Klasse tendenziell ein höheres implizites Wissen über die Variablenkontrollstrategie als Kinder von Lehrkräften, die nicht an der naturwissenschaftlichen Fortbildung teilgenommen haben. In der vierten Klasse ist diese Tendenz nicht sichtbar (H 2.2 kann weder angenommen noch abgelehnt werden).

Tabelle 19.

Vergleich der Teilskala Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe in der vierten Klasse

CFT Wert	N(EG)	N(KG)	Differenz	untere Grenze Konfidenzintervall	obere Grenze Konfidenzintervall	Statistic	p
2	14	24	0,42	-1,34	2,18	0,66	0,5050
5	41	36	-0,32	-1,23	0,59	-0,98	0,3260
6	46	37	-0,51	-1,25	0,23	-1,90	0,0580
8	35	30	-0,33	-1,15	0,50	-1,08	0,2590
9	23	20	-0,38	-1,35	0,59	-1,08	0,2700

Anmerkung. EG: Experimentalgruppe, KG: Kontrollgruppe

7.3.3. Die Begründungen der Schülerinnen und Schüler

In dieser Fragestellung werden die Begründungen der Schülerinnen und Schüler betrachtet. Die Schülerinnen und Schüler begründen ihr Vorgehen nach jeder Aufgabe der Skala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen*. Die Skala *Begründen* macht somit das Wissen sowie die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler hinter ihren Entscheidungen beim Planen von Experimenten sichtbar. Sie erfasst das explizite Wissen der Schülerinnen und Schüler über die Variablenkontrollstrategie.

1209 der 1770 (68,31 %) gegebenen Begründungen der Schülerinnen und Schüler sind kategorisierbar. Die kategorisierbaren Antworten ($N = 1209$) verteilen sich über die verschiedenen Kategorien (tautologische Begründungen, normative Begründungen, ergebnisorientierte Begründungen, erstes Verständnis von Variation, Hinweis auf eine Variable, Hinweis auf zwei Variablen, Hinweis auf mehr als zwei Variablen) sehr heterogen. Abbildung 19 zeigt die prozentuelle Häufigkeit für jede Kategorie. Zusammengefasst begründen die Schülerinnen und Schüler in etwa der Hälfte der Fälle mit Aspekten

der Variablenkontrollstrategie (49,63 %) und zur anderen Hälfte ohne Verwendung der Variablenkontrollstrategie (50,37 %).

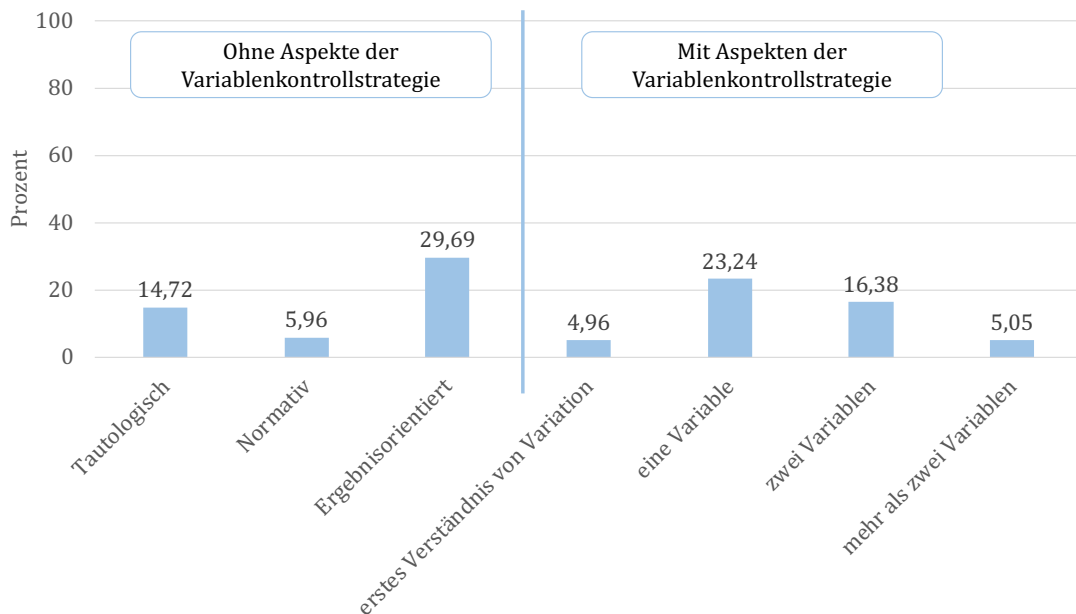


Abbildung 19. Verteilung der Begründungen der Schülerinnen und Schüler auf die verschiedenen Kategorien $N = 1209$

Ob die Schülerinnen und Schüler mit Aspekten der Variablenkontrollstrategie begründen, ist von der Art der Aufgabenstellung abhängig (vgl. Tabelle 20). So begründen die Schülerinnen und Schüler öfter mit Aspekten der Variablenkontrollstrategie, wenn sie aus mehreren Experimenten das Passende auswählen dürfen (Facette *Auswählen eines passenden Experiments*). Bei diesen Items begründen die Schülerinnen und Schüler in circa 68 Prozent der Fälle mit Aspekten der Variablenkontrollstrategie. Wenn die Schülerinnen und Schüler selbstständig Experimente planen, begründen sie in circa 20,58 Prozent der Fälle mit Aspekten der Variablenkontrollstrategie (Facette *Selbstständiges Planen eines Experiments*).

Zusätzlich zur Analyse der Begründungen der Gesamtstichprobe wird auch betrachtet, ob die Schülerinnen und Schüler der dritten Jahrgangsstufe anders begründen als die Schülerinnen und Schüler der vierten Jahrgangsstufe (vgl. Tabelle 21).

Betrachtet man die Kategorien mit Aspekten der Variablenkontrollstrategie gemeinsam (erstes Verständnis von Variation, Hinweis auf eine Variable, Hinweis auf zwei Variablen, Hinweis auf mehr als zwei Variablen) und die Kategorien ohne Aspekte der Variablenkontrollstrategie gemeinsam (tautologische Begründungen, normative Begründungen, ergebnisorientierte Begründungen) wird deutlich, dass die Schülerinnen

Tabelle 20.

Anteil der Begründungen mit Bezug zur Variablenkontrollstrategie pro Item

Item-bezeichnung	Facette	Anzahl der auswertbaren BE	prozentualer Anteil der BE mit VKS Aspekten	prozentualer Anteil der BE ohne VKS Aspekte
BeBack	selbstständig planen	171	12,87	87,13
BeSalz	selbstständig planen	160	27,5	72,5
BeFloh	selbstständig planen	158	23,42	76,58
BeShirt	Auswählen	242	64,46	35,54
BeWarm	Auswählen	234	70,51	29,49
BeMeng	Auswählen	244	72,13	27,87

Anmerkung. VKS: Variablenkontrollstrategie, BE: Begründungen

und Schüler der dritten Klasse signifikant häufiger ohne Aspekte der Variablenkontrollstrategie begründen ($F(1, 290) = 6,034$; $p = 0,015$; $\eta_p^2 = 0,020$). Die Schülerinnen und Schüler der vierten Klasse begründen tendenziell häufiger mit Aspekten der Variablenkontrollstrategie ($F(1, 290) = 3,516$; $p = 0,062$; $\eta_p^2 = 0,012$).

Bei einem Vergleich der einzelnen Kategorien, wird ein signifikanter Effekt der Klassenstufe über alle Kategorien (Pillai's-Spur: $V = 0,049$; $F(7, 279) = 2,064$; $p = 0,048$; $\eta_p^2 = 0,049$) sichtbar.

Univariate Tests aller Kategorien machen signifikante Effekte zwischen den Schülerinnen und Schülern der dritten und vierten Jahrgangsstufe bei den normativen Begründungen sowie bei den Begründungen mit Bezug auf zwei Variablen deutlich. Schülerinnen und Schüler der dritten Jahrgangsstufe beziehen sich somit in ihren Begründungen signifikant öfter auf normative Stellen wie Eltern oder Lehrkräfte und verwenden auch tendenziell öfter ergebnisorientierte Begründungen. Schülerinnen und Schüler der vierten Jahrgangsstufe hingegen benutzen signifikant öfter Begründungen, in denen sie auf zwei Variablen eingehen. In den restlichen Kategorien unterscheiden sich die Schülerinnen und Schüler nicht signifikant voneinander (vgl. Tabelle 21).

Aufbauend auf den Unterschieden zwischen den Klassenstufen werden auch die Effekte einer naturwissenschaftlichen Fortbildung für Lehrkräfte überprüft. Diese werden über die Gesamtstichprobe gemeinsam ebenso wie für die beiden Jahrgangsstufen

Tabelle 21.

Unterschiede zwischen dritter und vierter Klasse in der Art der Begründungen

Art der Begründung	% 3. Klasse	% 4. Klasse	F(1,313)	p	η_p^2
Tautologisch	13,88	15,49	0,799	0,372	0,003
Normativ	8,03	3,95	7,429	0,007	0,025
Ergebnisorientiert	33,78	25,86	2,648	0,105	0,009
erstes Verständnis von Variation	4,01	5,77	0,622	0,431	0,002
eine Variable	22,74	23,72	0,001	0,969	0
zwei Variablen	13,38	19,28	5,860	0,016	0,02
mehr Variablen	4,18	5,93	0,792	0,374	0,003

getrennt betrachtet. Tabelle 22 zeigt die deskriptiven Statistiken beider Gruppen.

In der Gesamtstichprobe besteht kein signifikanter Effekt der Gruppenzugehörigkeit (EG vs. KG) auf die Verwendung der verschiedenen Kategorien (Pillai's-Spur: $V = 0,02$; $F(7, 281) = 0,810$; $p = 0,580$; $\eta_p^2 = 0,020$). Betrachtet man die dritten und vierten Klassen jeweils getrennt, so zeigt sich ein ähnliches Bild wie in der Gesamtstichprobe. In der Gruppe der Drittklässler ist kein signifikanter Unterschied zwischen der Experimental- und der Kontrollgruppe messbar, aber eine Tendenz feststellbar (Pillai's-Spur: $V = 0,080$; $F(6, 142) = 2,049$; $p = 0,063$; $\eta_p^2 = 0,080$).

Tabelle 22.

Deskriptive Statistiken zu den Arten der Begründungen für Experimental- und Kontrollgruppe

Art der Begründung	% 3. Kl EG	% 3. Kl KG	% 4. Kl EG	% 4. Kl KG
Tautologisch	19,19	11,25	14,35	16,18
Normativ	7,58	8,25	2,61	4,77
Ergebnisorientiert	27,78	36,75	26,09	25,73
erstes Verständnis von Variation	5,56	3,25	7,39	4,77
eine Variable	21,72	23,25	21,74	24,93
zwei Variablen	11,62	14,25	21,30	18,04
mehr Variablen	6,57	3,00	6,52	5,57

Anmerkung. Kl: Klasse; EG: Experimentalgruppe; KG: Kontrollgruppe

Zwischen der Experimental- beziehungsweise Kontrollgruppe der Viertklässler ist wie in der Gesamtstichprobe kein signifikanter Unterschied vorhanden (Pillai's-Spur:

$V = 0,025$; $F(7,130) = 0,483$; $p = 0,846$; $\eta_p^2 = 0,025$). Die univariaten Tests innerhalb der dritten Jahrgangsstufen zeigen tendenziell, dass die Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe häufiger mit mehr als zwei Variablen ($F(1, 147) = 2,896$; $p = 0,091$; $\eta_p^2 = 0,019$) und seltener mit Bezug auf das erwartete Ergebnis (ergebnisorientiert) begründen ($F(1, 147) = 2,893$; $p = 0,091$; $\eta_p^2 = 0,019$). In den univariaten Tests zwischen den Schülerinnen und Schülern in der Experimental- und Kontrollgruppe in der vierten Jahrgangsstufe sind keine Tendenzen sichtbar.

Zusätzlich zu den Unterschieden zwischen den einzelnen Kategorien, wurden auch hier jeweils die Kategorien mit Aspekten der Variablenkontrollstrategie und die Kategorien ohne Aspekte der Variablenkontrollstrategie zusammengefasst. In der Gesamtstichprobe besteht kein signifikanter Unterschied zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe (Pillai's-Spur: $V = 0,01$; $F(2, 147) = 2,580$; $p = 0,077$; $\eta_p^2 = 0,017$) wie auch innerhalb der dritten Klasse (Pillai's-Spur: $V = 0,02$; $F(2, 147) = 0,613$; $p = 0,543$; $\eta_p^2 = 0,008$). Innerhalb der vierten Jahrgangsstufe begründen Schülerinnen und Schüler der Experimental- und der Kontrollgruppe ähnlich häufig mit Aspekten der Variablenkontrollstrategie ($F(1, 140) = 0,012$; $p = 0,914$; $\eta_p^2 = 0$) wie ohne Aspekte der Variablenkontrollstrategie ($F(1, 140) = 1,335$; $p = 0,250$; $\eta_p^2 = 0,009$).

Insgesamt lässt sich feststellen, dass Grundschul Kinder in circa 50 Prozent der Fälle mit Aspekten der Variablenkontrollstrategie ihre Entscheidungen begründen. Den Schülerinnen und Schülern fällt es leichter mit Aspekten der Variablenkontrollstrategie zu begründen, wenn sie in Aufgaben Experimente auswählen dürfen und nicht eigene Experimente planen müssen. Die Ergebnisse dieser Analyse unterstreichen die Hypothese 3.1, dass Grundschul Kinder in der vierten Klasse mehr Begründungen mit Aspekten der Variablenkontrollstrategie einsetzen als Grundschul Kinder in der dritten Klasse (Annahme H 3.1). Hypothese 3.2 muss hingegen als falsifiziert angesehen werden, da Grundschul Kinder, die von fortgebildeten Lehrkräften unterrichtet werden, nicht öfter mit Aspekten der Variablenkontrollstrategie begründen als Kinder, die von nicht fortgebildeten Lehrkräften unterrichtet werden.

7.3.4. Der Zusammenhang zwischen dem Anwenden der Variablenkontrollstrategie und dem Begründen mit Bezug zur Variablenkontrollstrategie

In dieser Fragestellung wird der Zusammenhang zwischen den Aufgaben der Skala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* (implizites Wissen über die Variablenkontrollstrategie) und den Aufgaben der Skala *Begründen* (explizites Wissen über die Variablenkontrollstrategie) dargestellt. Wie bereits beschrieben, füllten die Kinder nach jeder Aufgabe der Skala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* eine Aufgabe der Skala *Begründen* aus, in der sie erläuterten, warum sie in der Aufgabe der Skala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* so vorgegangen sind. Es liegen insgesamt $N = 1734$ Fälle vor, bei denen die Kinder erst eine Untersuchung planten und dann ihr Vorgehen begründeten (Fälle, in denen die Schülerinnen und Schüler nicht planen und nicht begründen, wurden ausgeschlossen). Über alle sechs Aufgaben der Teilkompetenz *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* gemeinsam betrachtet wird deutlich, dass Schülerinnen und Schüler in 58 Prozent ($N = 1002$) der Fälle die Experimente korrekt planten. Wenn Schülerinnen und Schüler das Experiment korrekt geplant haben, begründeten die Schülerinnen und Schüler in der Hälfte der Fälle mit Bezug auf die Variablenkontrollstrategie und in der anderen Hälfte ohne.

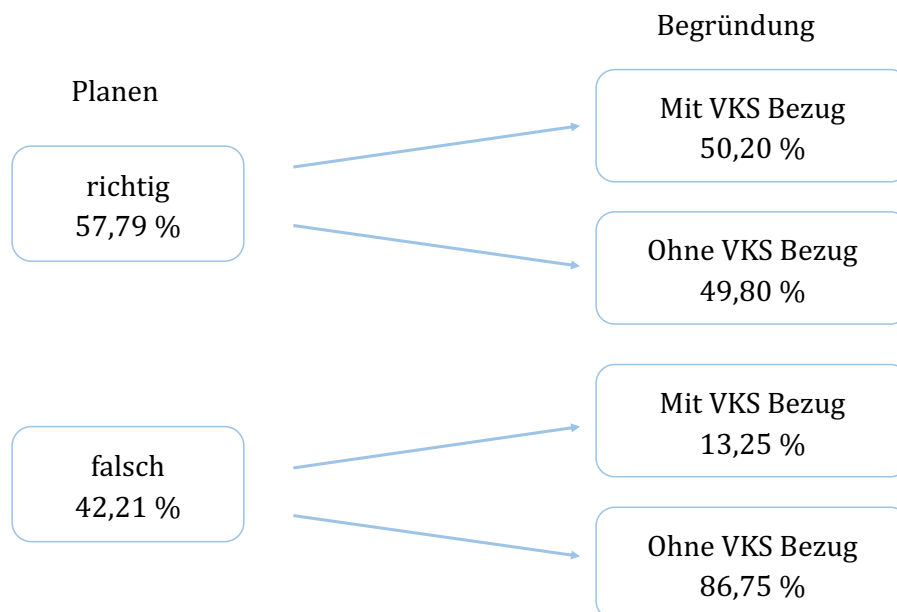


Abbildung 20. Das Vorgehen der Schülerinnen und Schüler $N = 1734$

Wie Abbildung 20 zeigt, begründen Schülerinnen und Schüler in 13 Prozent ($N = 97$) der Fälle ihre Entscheidung mit Bezug auf die Variablenkontrollstrategie, obwohl sie kein korrektes Experiment geplant oder ausgewählt haben. Diese Schülerinnen und Schüler beziehen sich in ihren Begründungen hauptsächlich auf eine (8,06 %) oder auf zwei Variablen (3,96 %) (siehe Tabelle 23).

So wählte zum Beispiel ein Kind die Bedingung 2 als passendes Experiment für die Aufgabe in Abbildung 12 aus. In Bedingung 2 werden zwei Gläser Wasser mit der gleichen Menge an Wasser, der gleichen Temperatur und einer unterschiedlichen Anzahl an Eiswürfeln verglichen. Dieses Experiment ist nicht das passende Experiment, um herauszufinden, ob Eiswürfel in warmen Wasser schneller schmelzen als in kalten. Auf die Nachfrage warum dieses Experiment ausgewählt wurde, antwortete das Kind: „Weil Bedingung 2 50°C und das andere 20°C“. Das Kind erkennt somit die Notwendigkeit, dass zwei Gläser mit unterschiedlicher Temperatur verglichen werden, kann es aber bei der Auswahl nicht anwenden, da es die unabhängige Variable bei der Auswahl nicht beachtet.

Tabelle 23.

Übersicht über den Zusammenhang zwischen Planen/Auswählen und Begründen

		Untersuchungen planen	
		Richtig geplant/ausgewählt $N = 1002$	falsch geplant/ausgewählt $N = 732$
Art der Begründung	Nicht kategorisierbar	21,46	42,35
	Tautologisch	11,18	9,02
	Normativ	0,60	9,02
	Ergebnisorientiert	16,57	26,37
	VKS: erstes Verständnis von Variation	5,29	0,96
	VKS: eine Variable	22,16	8,06
	VKS: zwei Variablen	16,87	3,96
	VKS: mehr Variablen	5,89	0,27

Anmerkung. VKS: Mit Bezug auf die Variablenkontrollstrategie

Tabelle 23 zeigt, dass Schülerinnen und Schüler, die kein korrektes Experiment planen bzw. auswählen, in circa 40 Prozent der Fälle keine kategorisierbaren Begründungen sowie in circa 25 Prozent ergebnisorientierte Begründungen nennen. Zu den

nicht kategorisierbaren Begründungen zählen Antworten wie zum Beispiel „Ich weiß es nicht“ oder „Das ist meine beste Idee“. Bei den ergebnisorientierten Begründungen steht das Ziel des Experiments im Zentrum und nicht das Testen einer Vermutung.

7.4. Diskussion

In diesem Teilkapitel werden die Ergebnisse aus Abschnitt 7.3 in Bezug auf die in Abschnitt 7.1 formulierten Hypothesen interpretiert und diskutiert. Dazu werden pro Teilabschnitt jeweils die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst und diskutiert. Dann werden die Limitationen der Studie 1 dargestellt und ein Ausblick gegeben. Ziel von Studie 1 ist es, das Wissen über die Variablenkontrollstrategie von Schülerinnen und Schülern der dritten und vierten Klasse zu erfassen. Dabei wurden Unterschiede zwischen den Klassenstufen und der Effekt einer naturwissenschaftlichen Fortbildung für die Lehrkräfte untersucht.

7.4.1. Das Wissen der Grundschul Kinder über die Variablenkontrollstrategie

Im folgenden Abschnitt werden zuerst die Befunde zur *Experimentierfähigkeit* sowie des impliziten Wissens bezüglich der Variablenkontrollstrategie zusammengefasst und diskutiert. Anschließend werden die Ergebnisse des expliziten Wissens bezüglich der Variablenkontrollstrategie sowie des Zusammenhangs zwischen explizitem und implizitem Wissen dargestellt und diskutiert.

Die Ergebnisse der Studie 1 machen sichtbar, dass viele Grundschul Kinder bereits über ein fundiertes Wissen bezüglich des Experimentierens und der Variablenkontrollstrategie verfügen. Innerhalb der drei Teilkompetenzen unterscheiden sich die Leistungen der Schülerinnen und Schüler. So fällt den Schülerinnen und Schülern das Auswerten und Interpretieren von Daten sowie das Auswählen von Experimenten leichter als das eigenständige Planen von Experimenten oder das Entwickeln von Hypothesen.

Laut dem *SDDS-Modell* wird das Testen von Hypothesen (in der vorliegenden Studie: Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen) von dem methodischen Vorwissen der Schülerinnen und Schüler beeinflusst, wohingegen das Entwickeln von Hypothesen sowie das Auswerten und Interpretieren von Daten von dem fachlichen Vorwissen der Schülerinnen und Schüler beeinflusst wird (Hamann et al., 2008).

Möglicherweise fehlt den Schülerinnen und Schülern beim Entwickeln von Hypothesen das nötige fachliche Vorwissen. Die Aufgaben zum eigenen Planen von Experimenten sowie zum Entwickeln von Hypothesen sind großteils Aufgaben mit einem offenen Antwortformat. Die Schülerinnen und Schüler müssen bei diesen Aufgaben Experimente ohne Vorgaben planen beziehungsweise Hypothesen aufstellen und können nicht zwischen verschiedenen Antworten auswählen. Dies könnte ein weiterer Grund sein, warum die Schülerinnen und Schüler bei diesen Teilkompetenzen vermehrt Probleme haben.

Im Bezug auf frühere Studien unterstreichen die Befunde der vorliegenden Studie die Annahme von Taylor und Dana (2003), dass das Erkennen von konfundierten Experimenten einfacher ist als das eigene Planen von Experimenten. Ebenso bestätigen sie die Befunde von Sodian und Mayer (2013), dass Kinder bereits in der dritten Klasse die unabhängige Variable verwenden und somit den Sinn von Experimenten erkennen können. Die Ergebnisse über alle Schülerinnen und Schüler hinweg bekräftigen die Annahme von Buchanan und Sobel (2011) und Koerber et al. (2015), dass die Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens ein gradueller Aufbau unterschiedlicher Teilkompetenzen ist, welcher zu einem großen Teil in der Grundschule stattfindet. Dies widerspricht der Annahme von Piaget und Inhelder (1958), dass sich das wissenschaftliche Denken erst in der sogenannten Phase der formalen Operationen entwickelt.

Die Analysen der Begründungen heben hervor, dass die Schülerinnen und Schüler bei circa der Hälfte der Fälle Aspekte der Variablenkontrollstrategie in ihren Begründungen einsetzen. Den Schülerinnen und Schülern fällt es besonders bei den Aufgaben zum selbstständigen Planen schwer, ihre Entscheidungen explizit mit Aspekten der Variablenkontrollstrategie zu begründen. Dies könnte daran liegen, dass bei den Aufgaben zum Auswählen von korrekten Experimenten die Variablen vorgegeben sind und die Kinder diese beim Begründen verwenden können. Beim selbstständigen Planen müssen die Schülerinnen und Schüler die notwendigen Variablen selbst generieren, um sie beim Begründen verwenden zu können. Das selbstständige Generieren ist eine weitere metakognitive Anforderung an die Kinder (Wirth et al., 2008), manche Variablen werden dabei häufig einfach ignoriert (Taylor & Dana, 2003).

Insgesamt zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler sich in ihren Begründungen oft auf die erwarteten Ergebnisse des Experiments beziehen und dadurch der sogenannte Ingenieurmodus in vielen Begründungen der Schülerinnen und Schüler sichtbar wird (Hamman et al., 2008; Zimmerman & Glaser, 2001). Der Ingenieurmodus

bedeutet, dass das Ergebnis beziehungsweise der Effekt des Experiments in den Fokus gerückt wird. Einige Schülerinnen und Schüler verstehen nicht, dass Experimente durchgeführt werden, um Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu betrachten und nicht, um Effekte zu erzeugen (Zimmerman & Glaser, 2001). Laut Kizil und Kattmann (2014) könnten die Lehrkräfte den Effekt des Experiments nutzen, um mit den Schülerinnen und Schülern über die Ursache des Effekts zu sprechen und ihnen zu zeigen, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung abläuft. Dazu sollten Lehrkräfte der Phase nach dem praktischen Tun (Auswerten und Interpretieren der Daten) mehr Zeit und Aufmerksamkeit schenken.

Die Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen dem expliziten und impliziten Wissen der Schülerinnen und Schüler bezüglich der Variablenkontrollstrategie machen deutlich, dass die Kinder in circa der Hälfte der Fälle, in denen sie ein Experiment unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie korrekt planen, ihr Wissen über die Variablenkontrollstrategie nicht explizit benennen können. In diesen Fällen können die Kinder die Variablenkontrollstrategie implizit anwenden, begründen ihre Entscheidung aber nicht unter Bezugnahme von Variablen (Sadler, 2004). Diese Kinder verfügen wahrscheinlich über ein intuitives Verständnis der Variablenkontrollstrategie, das sie noch nicht verbal äußern können (Edelsbrunner, 2017). Ebenso gibt es Fälle, in denen sich Kinder in ihren Begründungen auf Variablen beziehen, dieses Verständnis von der Bedeutung von Variablen aber bei der Auswahl nicht einsetzen können und Experimente nicht korrekt planen können. Die Ergebnisse zeigen, dass die Lehrkräfte häufiger Begründungen der Schülerinnen und Schüler einfordern und mit ihnen über ihre Entscheidungen reden sollten. Wie diese Studie deutlich macht, besitzen die Schülerinnen und Schüler bereits in der Grundschule die Fähigkeit, ihre Entscheidungen mit Bezug auf Variablen zu begründen.

7.4.2. Unterschiede zwischen den Jahrgangsstufen

In diesem Abschnitt werden zuerst die Befunde bezüglich der *Experimentierfähigkeit* sowie des impliziten Wissens bezüglich der Variablenkontrollstrategie im Vergleich zwischen den Jahrgangsstufen zusammengefasst und diskutiert. Anschließend werden die Ergebnisse zum expliziten Wissen bezüglich der Variablenkontrollstrategie im Vergleich zwischen dritter und vierter Jahrgangsstufe dargestellt und diskutiert.

Ein Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Experimentierfähigkeit von Grundschulkindern in der dritten und vierten Klasse zu vergleichen. Schülerinnen und Schüler der vierten Klasse erbringen insgesamt bessere Leistungen als Schülerinnen und Schüler der dritten Jahrgangsstufe. Die Ergebnisse der Studie bekräftigen die Ergebnisse von Bullock et al. (2009), Edelsbrunner (2017) und Sodian und Mayer (2013), die zeigen, dass Schülerinnen und Schüler der vierten Klasse eine höhere Experimentierfähigkeit besitzen sowie häufiger korrekte Experimente planen als Schülerinnen und Schüler der dritten Jahrgangsstufe. Der Effekt, dass Schülerinnen und Schüler der vierten Klasse bessere Leistungen erbringen als Schülerinnen und Schüler der dritten Klasse, könnte entwicklungsbedingt begründet werden. Die Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens wird nicht mehr als ein qualitativer Wandel in Phasen angesehen (Piaget & Inhelder, 1958), sondern als ein gradueller Aufbau einzelner Kompetenzen (Buchanan & Sobel, 2011; Koerber et al., 2015). Schülerinnen und Schüler bauen in der Grundschulzeit Schritt für Schritt mehr Teilkompetenzen des wissenschaftlichen Denkens auf (Bullock et al., 2009; Saffran, 2016). Die Ergebnisse dieser Studie können diese Annahme bekräftigen.

Zusätzlich zu diesem entwicklungsbedingten Effekt könnten auch Prozesse innerhalb der einzelnen Klassen die Leistungen der Schülerinnen und Schüler beeinflussen (Helmke, 2009). Einzelne dritte Klassen der Studie 1 erreichen insgesamt ähnliche Werte in der Experimentierfähigkeit wie einige vierte Klassen. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Leistungen der Schülerinnen und Schüler bezüglich der Experimentierfähigkeit und ihres impliziten Wissens über die Variablenkontrollstrategie durch Prozesse innerhalb der Klasse beeinflusst werden. Die Experimentierfähigkeit und das implizite Wissen über die Variablenkontrollstrategie der Kinder können laut verschiedener Studien gezielt von den Lehrkräften gefördert werden (Arnold, 2015; Edelsbrunner, 2017; Schwichow, Zimmerman, Croker & Härtig, 2016; Vorholzer, 2016) und das bereits in der dritten Klasse. Da in der vorliegenden Studie keine Informationen über den Unterricht vorhanden sind, lassen sich keine Rückschlüsse darauf ziehen, ob die Lehrkräfte der *guten* dritten Klassen diese Kompetenzen gezielt gefördert haben oder nicht.

Den Schülerinnen und Schülern der vierten Jahrgangsstufe gelingt es insgesamt häufiger, ihre Entscheidungen mit zwei relevanten Variablen zu begründen, als den Schülerinnen und Schülern der dritten Jahrgangsstufe, wohingegen sich die Schülerinnen und Schüler der dritten Jahrgangsstufe in ihren Entscheidungen häufiger auf normative

Instanzen wie Eltern und Lehrkräfte beziehen. Edelsbrunner (2017) stellt in seiner Studie die Annahme auf, dass Schülerinnen und Schüler der vierten Klasse über ein höheres verbales Wissen bezüglich der Variablenkontrollstrategie verfügen als Schülerinnen und Schüler der dritten Klasse. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit bestätigen diese Annahme, da die Viertklässlerinnen und Viertklässler ihre Entscheidungen häufiger mit Variablen begründen. Ebenso lassen sich laut Croker und Buchanan (2011) ältere Kinder weniger von ihren Überzeugungen beeinflussen und können ihre Entscheidungen häufiger mit Evidenzen begründen. Dies könnte ebenso ein Grund sein, warum es Schülerinnen und Schülern der vierten Jahrgangsstufe häufiger gelingt, mit zwei Variablen zu begründen.

7.4.3. Effekte einer naturwissenschaftlichen Fortbildung für die Lehrkräfte

Ein weiteres Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Effekte der Teilnahme von Lehrkräften an einer naturwissenschaftlichen Fortbildung auf die Experimentierkompetenz beziehungsweise das Wissen über die Variablenkontrollstrategie bei den Schülerinnen und Schülern zu betrachten.

In der dritten Jahrgangsstufe erreichen Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe tendenziell mehr Punkte in der Skala *Experimentierfähigkeit* wie auch in der Skala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* als Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. In der vierten Klasse ist kein Unterschied vorhanden. Ein möglicher Grund dafür, dass in den vierten Klassen kein Unterschied auftritt, ist, dass die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe in der vierten Jahrgangsstufe über signifikant bessere Lernvoraussetzungen (erhoben über den CFT-Wert) verfügen (Mayer, 2012). Beim Betrachten der Ergebnisse innerhalb der vierten Klasse sollte dieser Effekt immer bedacht werden.

Zwischen den Schülerinnen und Schülern fortgebildeter Lehrkräfte und den Schülerinnen und Schülern nicht fortgebildeter Lehrkräfte liegen hinsichtlich der Begründungen keine signifikanten Unterschiede vor. Schülerinnen und Schüler, die von fortgebildeten Lehrkräften unterrichtet werden, wenden gleich oft Begründungen mit Aspekten der Variablenkontrollstrategie an wie Schülerinnen und Schüler, die von nicht fortgebildeten Lehrkräften unterrichtet werden. In der dritten Jahrgangsstufe verwenden Kinder fortgebildeter Lehrkräfte in ihren Entscheidungen häufiger mehr als

zwei Variablen und benutzen seltener Begründungen, die sich auf das Ergebnis des Experiments beziehen als Kinder nicht fortgebildeter Lehrkräfte. Die Ergebnisse dieser Studie machen sichtbar, dass Kinder der dritten Jahrgangsstufe, deren Lehrkräfte an einer naturwissenschaftlichen Fortbildung teilnahmen, das Experimentieren häufiger als eine Methode verstehen, mit der Ursache-Wirkungs-Beziehungen untersucht werden, als Kinder, deren Lehrkräfte nicht an dieser naturwissenschaftlichen Fortbildung teilnahmen. Drittklässlerinnen und Drittklässler von nicht fortgebildeten Lehrkräften wollen mit einem Experiment häufiger nur ein Ergebnis erzeugen und keine Ursache-Wirkungs-Beziehung überprüfen (Hammann & Mayer, 2012; Zimmerman & Glaser, 2001). Es wäre z. B. möglich, dass die Lehrkräfte selbst durch die Fortbildung den Sinn von naturwissenschaftlichen Untersuchungen besser verstehen und sie den Schülerinnen und Schülern dieses Verständnis im Unterricht näher gebracht haben. Dies würde mit dem Befund von Bohrmann et al. (2016) in Einklang stehen, der zeigt, dass sich der Fortbildungshintergrund der Lehrkräfte positiv auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler auswirken kann. Aiello-Nicosia et al. (1984) gehen davon aus, dass das Verständnis der Schülerinnen und Schüler über die Variablenkontrollstrategie positiv mit dem Verständnis der Lehrkräfte über die Variablenkontrollstrategie zusammenhängt.

Wie die Effekte in der dritten Jahrgangsstufe aber tatsächlich zustande kamen und warum in der vierten Klasse kein Unterschied vorhanden ist, kann anhand der vorliegenden Studie nicht klar beantwortet werden, da zu viele Einflussfaktoren auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler nicht kontrollierbar sind (Helmke, 2009). Die Ergebnisse der Studie geben aber Anlass zur Annahme, dass eine naturwissenschaftliche Fortbildung für die Lehrkräfte einen Effekt auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler haben kann (Bohrmann et al., 2016; Heran-Dörr, 2006; Kleickmann et al., 2016; Möller et al., 2006).

7.4.4. Limitationen

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie müssen unter der Berücksichtigung folgender Limitationen betrachtet werden. Für die vorliegende Studie wurden Skalen zur Erfassung der Experimentierfähigkeit, der Fähigkeit Untersuchungen zu planen und der Fähigkeit des Begründens entwickelt. Da mit der Skala *Begründen* das explizite Wissen über die Variablenkontrollstrategie der Schülerinnen und Schüler erhoben wurde, hätte sie auch als ein Teil der Skala *Experimentierfähigkeit* verwendet werden können. Dafür

spricht, dass dann das gesamte Wissen über die Variablenkontrollstrategie in einer Skala enthalten wäre. Dagegen spricht, dass beide Skalen im mittleren Bereich korrelieren ($r = 0,506$) und es so möglich ist, den jeweiligen Zusammenhang der beiden Skalen mit der Skala *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* zu betrachten. Ebenso erfassen die Items der Skala *Begründen* das explizite Wissen der Schülerinnen und Schüler, indem sie ihr Vorgehen begründen, während alle anderen Items des Tests das Anwendungswissen (implizites Wissen) der Kinder erfassen. Aus diesen Gründen wird die Skala *Begründen* getrennt von der Skala *Experimentierfähigkeit* betrachtet.

Weitere Limitationen der Studie sind die niedrige Reliabilität der Skala *Experimentierfähigkeit* sowie die niedrigen Trennschärfen der Items dieser Skala. Die niedrige Reliabilität ist bei einem Wissenstest noch vertretbar, da dieser für gewöhnlich aus mehreren Aspekten besteht (Hossiep et al., 2010). Die Items der Skala *Begründen* zu Experimenten, die von den Kindern selbst entwickelt wurden, waren für diese Stichprobe zu schwer, da die Schülerinnen und Schüler große Probleme hatten, ihre selbst geplanten Experimente zu begründen (Hammann et al., 2008). Sie sollten nochmals überarbeitet werden und den Schülerinnen und Schülern könnten z. B. Hilfestellungen in Form von Auswahlmöglichkeiten für jede Variable gegeben werden. Anschließend sollten die Items an einer größeren Stichprobe nochmals getestet werden. Ein weiterer Kritikpunkt ist, dass ein Konstrukt wie die *Experimentierfähigkeit* schwer durch schriftliche Tests erhoben werden kann. In der vorliegenden Studie wurde sich allerdings gegen einen Performance-Test ausgesprochen, da Kauertz, Fischer, Mayer, Sumfleth und Walpuski (2010) Performance-Tests kritisch sehen. Laut Kauertz et al. (2010) sind Performance-Tests zu aufwändig, wenig reliabel und auch weniger valide, da zu viele Personenmerkmale einfließen und es zu Messungenauigkeiten kommt.

Aufbauend auf dem Artikel von Schwichow und Nehring (2018) stellt sich die Frage, ob mit Hilfe des verwendeten Tests nur die Experimentierfähigkeit der Schülerinnen und Schüler erhoben wurde oder teilweise auch deren Fachwissen. Da kein zusätzlicher Fachwissenstest durchgeführt wurde, ist es nicht möglich, den Einfluss des Fachwissens auf die Experimentierfähigkeit zu betrachten. Um zu verhindern, dass das Fachwissen einen zu großen Einfluss hat, wurden alle Items anhand eines Alltagskontextes formuliert und mehrere verschiedene Alltagssituationen verwendet, um zu gewährleisten, dass sich die Wissensunterschiede zwischen den Kinder ausgleichen. In weiteren Studien sollte das Fachwissen als Kontrollvariable erhoben werden.

Eine Einschränkung bezüglich der Unterschiede zwischen den Jahrgangsstufen ist der signifikante Unterschied in den CFT-Werten der dritten und vierten Klasse. So könnten alle Unterschiede zwischen den Klassen auf den günstigeren Lernvoraussetzungen der vierten Jahrgangsstufe beruhen. Ebenso handelt es sich bei dieser Stichprobe um eine Querschnittstudie, mit der keine Entwicklung über die Jahrgangsstufen betrachtet werden kann.

Im Bezug auf die Stichprobe zeigt sich ebenfalls, dass die Kinder der Kontrollgruppe signifikant bessere Ergebnisse im CFT-Test erreichten. Dieser Vorteil in den Lernvoraussetzungen ist nur innerhalb der vierten Klassen vorhanden. Beim Betrachten der Ergebnisse innerhalb der vierten Klasse sollte dieser Effekt immer bedacht werden. Zudem fehlen Informationen zu den Lehrkräften. Die Lehrkräfte der Experimentalgruppe haben freiwillig an der naturwissenschaftlichen Fortbildung teilgenommen und sich anschließend bereit erklärt, ihre Schülerinnen und Schüler testen zu lassen. Somit handelt es sich wahrscheinlich um eine Positivauswahl, da Lehrkräfte, die sich freiwillig mit Naturwissenschaften beschäftigen, vermutlich über ein höheres naturwissenschaftliches Interesse und Selbstkonzept verfügen sowie häufiger naturwissenschaftliche Lerngelegenheiten anbieten. Ebenso ist unklar, wie das naturwissenschaftliche Interesse der Lehrkräfte der Kontrollgruppe ist. Diese nahmen nicht an der Fortbildung teil und die Schule hat keinen naturwissenschaftlichen Schwerpunkt, ob sie sich aber in ihrer Freizeit mit Naturwissenschaften beschäftigen, ist nicht bekannt. Auch Informationen dazu, wie oft die Lehrkräfte naturwissenschaftliche Inhalte im Sachunterricht behandeln und wie sie den naturwissenschaftlichen Unterricht gestalten, fehlen in der vorliegenden Studie. Solche Informationen sollten in einer Folgestudie mit betrachtet werden.

7.4.5. Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Schülerinnen und Schüler der dritten und vierten Klassen bereits über eine grundlegende Experimentierfähigkeit verfügen. Den Schülerinnen und Schülern fällt das eigenständige Planen von Experimenten und das auf variablenbasierte Begründen ihrer Entscheidungen jedoch noch schwer. An diesen Punkten könnte der Unterricht ansetzen. Laut Wuttke (2005) wird durch diese Begründungen das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler sichtbar, an dem Lehrkräfte anknüpfen können. Die Lehrkräfte könnten den Schülerinnen und Schülern mehr Gelegenheiten bieten, Experimente selbstständig zu planen. Die Schülerinnen und Schüler könnten

ihre Ideen anschließend in der Klasse vorstellen und ihre Entscheidungen, *warum* sie so vorgegangen sind, begründen. Dieses Vorgehen würde wahrscheinlich zu einem tieferen Verständnis der Variablenkontrollstrategie führen, eine Grundlage für evidenzbasiertes Argumentieren bieten sowie die Schülerinnen und Schüler unterstützen, sich eine eigene Meinung zu bilden (Petrik, 2007). Dabei könnte ein Schwerpunkt sein, den Schülerinnen und Schülern den Sinn von Experimenten näher zu bringen. Ebenso könnten die Lehrkräfte über die Begründungen die Fehlvorstellungen der Schülerinnen und Schüler erkennen und diese in ihre Unterrichtsplanung einbeziehen. Die Ergebnisse geben Anlass zur Annahme, dass eine naturwissenschaftliche Fortbildung für die Lehrkräfte einen Effekt auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler haben kann (Bohrmann et al., 2016; Heran-Dörr, 2006; Kleickmann et al., 2016; Möller et al., 2006).

Weitere Studien könnten z. B. betrachten, ob durch ein Training, in dem die Kinder erlernen, ihre Begründungen auf Variablen zu beziehen, auch die Experimentierfähigkeit der Kinder gesteigert werden kann. Zusätzlich wäre es interessant, Entwicklungsverläufe über die Zeit zu betrachten und die Wirkung einer naturwissenschaftlichen Fortbildung auch auf den Ebenen der Lehrkräfte sowie deren Unterricht zu evaluieren. Im Bezug auf die Begründungen könnte in weiteren Studien untersucht werden, wie die Schülerinnen und Schüler ihre Argumente strukturell aufbauen oder wie die Behauptung durch die Begründung unterstützt wird (Sampson & Clark, 2008; Weinberger & Fischer, 2006).

8. Studie 2: Wissen und Selbstkonzept (angehender) Grundschullehrkräfte bezüglich der Variablenkontrollstrategie und wie diese verändert werden können

Diese Studie betrachtet das Wissen und das Selbstkonzept von (angehenden) Grundschullehrkräften in Bezug auf die Variablenkontrollstrategie sowie die Wirkung einer Intervention zur Förderung des Wissens über die Variablenkontrollstrategie.

Das professionelle Handlungswissen der Lehrkräfte hat - vermittelt über den Unterricht - einen Einfluss auf das Wissen der Schülerinnen und Schüler (Baumert et al., 2010; Förtsch et al., 2016, 2018; Lange et al., 2012) (siehe Kapitel 4). Trotzdem durchlaufen viele Sachunterrichtslehrkräfte eine sehr geringe fachwissenschaftliche und fachdidaktische naturwissenschaftliche Ausbildung (Möller, 2004; Peschel, 2007). Dies führt dazu, dass das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen der Sachunterrichtslehrkräfte ebenso wie das Selbstkonzept im naturwissenschaftlichen Bereich meist eher gering ist (Lange et al., 2012; Schmidt, 2014). Über das fachmethodische Wissen von Sachunterrichtslehrkräften ist bisher wenig bekannt.

Eine Möglichkeit, das fachmethodische und fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte zu fördern, bieten Fortbildungen (siehe Abschnitt 5.1). Offen bleibt aber bisher die Frage, welche Lernmethoden in Fortbildungen eingesetzt werden sollten, um das fachmethodische Wissen zu steigern. Wenn die Lehrkräfte eigenständig experimentieren, bewerkstelligen sie, im Vergleich zum Lernen mit Sachtexten, eine weitere metakognitive Anforderung (Wirth et al., 2008). Beim eigenständigen Experimentieren generieren sie erst die Informationen, bevor sie diese in ihr Wissen integrieren können (Kaiser et al., 2018; Wirth et al., 2008). Ist es somit für den Aufbau des fachmethodischen Wissens sinnvoller, dass die Lehrkräfte erst die Informationen generieren und dann integrieren (Experimentieren) oder genügt auch die schriftliche Vermittlung der Informationen (Lesen eines Textes)?

Ziel dieser Studie ist es, das fachmethodische und fachdidaktische Wissen von Grundschullehrkräften und -studierenden bezüglich der Variablenkontrollstrategie zu betrachten und eine Intervention mit zwei unterschiedlichen Lernmethoden (Experimentieren und Lesen) zur Steigerung des fachmethodischen und fachdidaktischen Wissens von Grundschullehrkräften zu evaluieren.

8.1. Fragestellungen und Hypothesen

Auf Basis der bereits beschriebenen Literatur (siehe Kapitel 4 und 5.1) werden folgende Fragestellungen (F) und Hypothesen (H) überprüft:

8.1.1. Das fachmethodische und fachdidaktische Wissen von Grundschullehrkräften und -studierenden sowie deren didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie

F 1 Wie ist das fachmethodische und fachdidaktische Wissen sowie das didaktische Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie von Grundschullehrkräften und Grundschullehrkräften ausgeprägt?

H 1 Grundschullehrkräfte wie auch Grundschullehrkräften studierende verfügen über ein eher geringes fachmethodisches und fachdidaktisches Wissen (Lange et al., 2012; Schmidt, 2014). Die Grundschullehrkräfte verfügen über ein höheres fachdidaktisches und fachmethodisches Wissen zur Variablenkontrollstrategie sowie über ein höheres didaktisches Selbstkonzept als die Studierenden (Borowski et al., 2011; Kirschner, 2013; Kleickmann et al., 2013; Pawelzik et al., 2016; Schmidt, 2014).

8.1.2. Prozessmerkmale während der Intervention

F 2.1 Welche kognitiven Lernaktivitäten werden während der Intervention in den beiden Lernmethoden (Experimentieren und Lesen) eingesetzt?

H 2.1 Grundschullehrkräften studierende, die selbstständig experimentiert haben, berichten mehr konstruktive und interaktive Lernaktivitäten eingesetzt zu haben als Grundschullehrkräften studierende, die einen Text gelesen haben (Chi & Wylie, 2014; Wirth et al., 2008).

F 2.2 Wie wirken sich die beiden Lernmethoden (Experimentieren und Lesen) in der Intervention auf die empfundene kognitive Belastung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus?

H 2.2 Grundschullehramtsstudierende der Experimentiergruppe empfinden eine höhere kognitive Belastung als Grundschullehramtsstudierende der Lesegruppe, da sie beim Experimentieren mehr selbstständig generieren (Furtak et al., 2012; Kaiser et al., 2018; Kirschner et al., 2006; Wirth et al., 2008).

F 2.3 Wie wirken sich die beiden Lernmethoden (Experimentieren und Lesen) in der Intervention auf das situationale Interesse der Studierenden aus?

H 2.3 Grundschullehramtsstudierende, die experimentiert haben, zeigen ein höheres situationales Interesse als Grundschullehramtsstudierende, die der Lesegruppe angehörten (Brandt et al., 2008).

8.1.3. Ergebnisse der Intervention

F 3.1 Haben die unterschiedlichen Lernmethoden (Experimentieren und Lesen) einen Einfluss auf die Lernergebnisse der Teilnehmer?

H 3.1 Grundschullehramtsstudierende, die selbstständig experimentiert haben, erreichen ein höheres fachmethodisches Wissen als Grundschullehramtsstudierende, die einen Text gelesen haben, da sie selbstständig neues Wissen generiert haben (Chi & Wylie, 2014; Kaiser et al., 2018; Wirth et al., 2008).

F 3.2 Wie wirken die beiden Lernmethoden (Experimentieren und Lesen) in der Intervention auf das didaktische Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie der Studierenden?

H 3.2 Beide Interventionsgruppen haben ein höheres didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie als die Kontrollgruppe. Grundschullehramtsstudierende, die selbstständig experimentiert haben, besitzen ein höheres didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie als Grundschullehramtsstudierende, die einen Text gelesen haben (Brandt et al., 2008; Peschel, 2018; Zadeh & Peschel, 2018).

8.1.4. Einfluss des fachmethodischen Wissens auf das fachdidaktische Wissen

F 4 Inwiefern beeinflusst das Ausgangsniveau des fachmethodischen Wissens das Erlernen des fachdidaktischen Wissens der Lernenden?

H 4 Lernende mit einem hohen fachmethodischen Wissen erwerben mehr fachdidaktisches Wissen als Lerner mit einem niedrigen fachmethodischen Wissen (Depaepe et al., 2015; Tröbst et al., 2018).

8.2. Methode

8.2.1. Design und Stichprobe

Design

Die Fragestellungen der Studie 2 werden mit Daten aus unterschiedlichen Studien beantwortet. Für die Fragestellung 1 werden Daten von Grundschullehrkräften aus dem Projekt *Experimento Evaluation* mit den Daten der Grundschullehramtsstudierenden der Interventionsstudie verglichen. Die Grundschullehrkräfte nahmen an einer deutschlandweiten Fortbildung des Bildungsprogramms *Experimento / 8+* teil. Grundlage für diese Studie sind die Fragebögen, die die Lehrkräfte vor der Fortbildung online beantwortet haben.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen 2, 3 und 4 wurde eine Interventionsstudie mit einem Prä-Post-Testdesign für Grundschullehramtsstudierende im Bereich Sachunterricht konzipiert. Die Interventionsstudie wurde als Feldstudie, also im Rahmen eines regulären Seminars im Bereich der Grundschulpädagogik/des Sachunterrichts, durchgeführt.

Ein Überblick über das Design der Interventionsstudie ist in Abbildung 21 gegeben. Alle Befragungen wurden online durchgeführt. Die Studierenden erhielten einen Link und konnten die Befragungen selbstständig bearbeiten. Für die Bearbeitung hatten die Studierenden jeweils fünf Tage Zeit. Die Prä-Tests bearbeiteten die Studierenden vor der ersten Interventionssitzung (MZP1). In der ersten Interventionssitzung (90 Minuten) erlernten die Studierenden die Variablenkontrollstrategie. Die Sitzung begann mit einer gemeinsamen Einführung, in der die Variablenkontrollstrategie erklärt und verschiedene Formen des naturwissenschaftlichen Arbeitens vorgestellt wurden (siehe Anhang A.1).

Anschließend wurden die Seminarteilnehmer randomisiert den beiden Lernmethoden - Experimentieren = EG1 und Lesen = EG2 - zugeteilt. Die Experimentiergruppe (EG1) führte Experimente zur Variablenkontrollstrategie am Inhaltsbeispiel *Lebensraum der Kellerassel* durch. Die Studierenden erhielten dazu ein Arbeitsblatt mit Prompts (siehe Anhang A.2). Die Studierenden führten anhand der Forschungsfrage „Unter welchen Bedingungen leben Kellerasseln bevorzugt?“ mehrere Versuche durch und durchliefen alle Stationen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses. Die Prompts dienten dazu, die Studierenden immer wieder zum Nachdenken über die Variablenkontrollstrategie anzuregen. Die Studierenden wandten somit in dieser Zeit die Variablenkontrollstrategie praktisch an und konnten z. B. testen, ob sich eine Kellerassel bevorzugt im Hellen beziehungsweise Dunklen oder Feuchten beziehungsweise Trockenen aufhält.

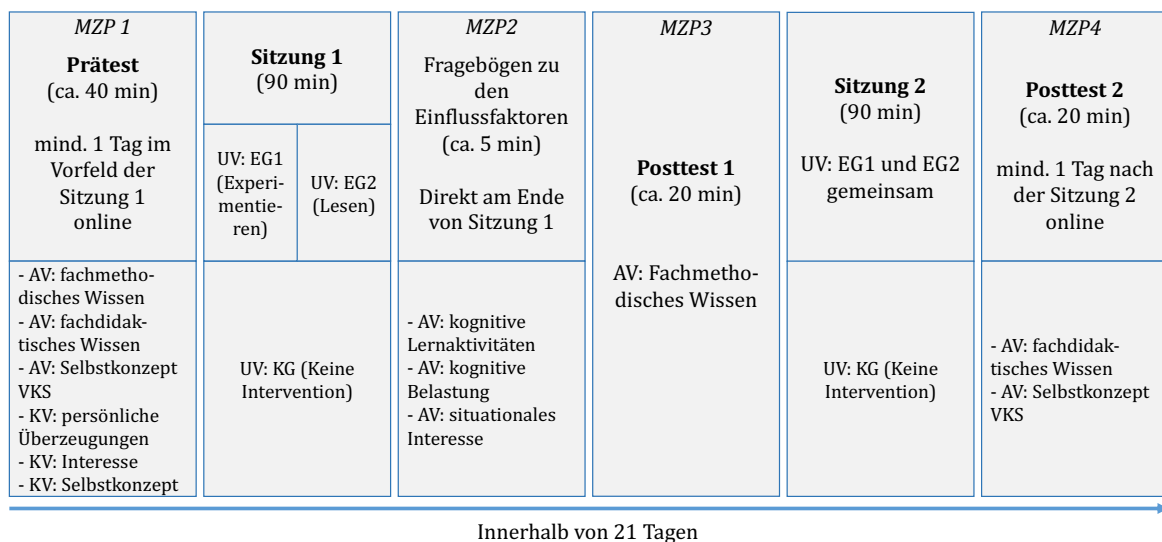


Abbildung 21. Ablauf der Interventionsstudie

Die Lesegruppe (EG2) erhielt in der selben Zeit einen lehrbuchartigen Text zur Variablenkontrollstrategie (siehe Anhang A.3). In dem Text wurde die Variablenkontrollstrategie explizit am Beispiel der Kellerassel erklärt und im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess verortet. Die Gruppe erhielt dazu ebenfalls ein Arbeitsblatt mit Prompts, um über den Text zu reflektieren (siehe Anhang A.4). Nach dem Experimentieren beziehungsweise Lesen füllten beide Gruppen einen Fragebogen zu ihren kognitiven Lernaktivitäten (vgl. ICAP-Modell Chi & Wylie, 2014), zur kognitiven Belastung (extraneous cognitive load) (Arnold, 2015) und zu ihrem situationalen Interesse (Vogt, Belzen, Bonato & Hesse, 1999) aus (MZP2). Zwischen der ersten und zweiten Interventionssitzung beantworteten die Studierenden den Post-Test 1 zum fachmethodischen Wissen (MZP3).

Eine Woche nach der ersten Sitzung fand die zweite Sitzung statt, an der beide Gruppen gemeinsam teilnahmen. In der zweiten Sitzung ging es um die Vermittlung der Variablenkontrollstrategie im Unterricht. Diese Sitzung begann wiederum mit einer Einführung für die Studierenden (siehe Anhang B). Den Studierenden wurde eine aktuelle Metaanalyse zur Vermittlung der Variablenkontrollstrategie vorgestellt (Schwchow et al., 2016) und auf lernförderliche Faktoren anhand eines Beispiels eingegangen. Anschließend erarbeiteten sich die Studierenden in Kleingruppen den Themenkomplex *Leiter und Nichtleiter* und überarbeiteten dazu ein Arbeitsblatt. Die Studierenden sollten das Arbeitsblatt so umgestalten, dass die Schülerinnen und Schüler die Variablenkontrollstrategie anwenden müssen.

Nach der zweiten Sitzung bearbeiteten die Studierenden innerhalb von fünf Tagen den Post-Test 2 online (MZP4).

Die erste Interventionssitzung fand in zwei Gruppen statt, um zu betrachten, ob praktisches Experimentieren oder reines Lesen zu höherem fachmethodischen Wissen führt. Aufbauend auf der Annahme, dass Studierende, die praktisch experimentieren, ein höheres fachmethodisches Wissen besitzen, wird mittels der zweiten Sitzung betrachtet, ob das fachmethodische Wissen nach der ersten Interventionssitzung Einfluss auf das Erlernen des fachdidaktischen Wissens hat. Ebenso kann mit diesem Design betrachtet werden, ob die Art, wie die Studierenden die Variablenkontrollstrategie selber erlernt haben, einen Einfluss auf ihr didaktisches Selbstkonzept gegenüber der Variablenkontrollstrategie hat. Die Vermittlung der Variablenkontrollstrategie haben alle Studierenden mit der selben Methode erlernt.

Stichprobe Grundschullehrkräfte

Die $N = 56$ teilnehmenden Lehrkräfte unterrichten alle an einer Grundschule in Deutschland. Sie nahmen alle an einer Fortbildung des Bildungsprogramms *Experimento / 8+* der *Siemens Stiftung* teil. Die $N = 56$ Lehrkräfte sind im Mittel $M = 42,75$ Jahre alt ($SD = 12,23$; $Min = 2$; $Max = 74$). $N = 39$ Lehrkräfte (69,6 %) sind weiblich, $N = 10$ Lehrkräfte (17,9 %) sind männlich und $N = 7$ (12,5 %) haben keine Angaben zum Geschlecht gemacht. Im Mittel unterrichteten die Lehrkräfte seit $M = 11,00$ Jahren Sachunterricht ($SD = 10,27$; $Min = 0$; $Max = 40$).

Stichprobe Grundschulstudierende

$N = 70$ Studierende des Grundschullehramts von drei bayerischen Universitäten wurden randomisiert zwei Interventionsgruppen zugeteilt. $N = 37$ Studierende befanden sich in der Interventionsgruppe *Experimentieren mit Prompts* (EG1) und $N = 33$ Studierende in der Interventionsgruppe *Lesen mit Prompts* (EG2). $N = 33$ Studierende einer weiteren bayerischen Universität dienten als Kontrollgruppe, um zu überprüfen, ob ein Lerneffekt durch die Tests vorhanden ist. Die Studierenden der Kontrollgruppe erhielten keine Intervention. Die $N = 103$ Studierenden waren im Mittel $M = 22,8$ Jahre alt ($SD = 2,94$; $Min = 19$; $Max = 39$) und 86,4 Prozent waren weiblich ($N = 89$). Im Schnitt befanden sie sich im 6. Fachsemester ihres Lehramtsstudiums ($M = 5,86$; $SD = 2,3$; $Min = 2$; $Max = 14$). $N = 13$ (12,62 %) studierten in einem ihrer vier Fächer (ein Hauptfach und drei Didaktikfächer) Biologie und $N = 2$ (1,94 %) Chemie. Somit haben 14,56 Prozent der Studierenden einen naturwissenschaftlichen Hintergrund.

8.2.2. Testinstrumente

Zur Beantwortung der Fragestellungen wurden Fragebögen zu den Einflussfaktoren während des Lernprozesses (kognitive Lernaktivitäten, kognitive Belastung, situationales Interesse) und ein Fragebogen zum didaktischen Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie verwendet. Darüber hinaus wurden Wissenstests zum fachmethodischen und fachdidaktischen Wissen eingesetzt.

Zusätzlich wurden folgende Skalen der professionellen Handlungskompetenz als Kontrollvariablen erhoben: Interesse Physik, Interesse Biologie, didaktisches Selbstkonzept Strom, didaktisches Selbstkonzept Atmung, Überzeugungen zur Natur der Naturwissenschaften und die persönliche Bedeutung von Naturwissenschaften. Die Testanalysen wurden mit der Stichprobe der Studierenden durchgeführt. Im folgenden werden zuerst die Fragebögen zu den Einflussfaktoren während des Lernprozesses dargestellt. Anschließend wird der Test zum fachmethodischen Wissen (Operationalisierung, Testkonstruktion und Ergebnisse der Testanalysen) erläutert. Dann werden der Test zum fachdidaktischen Wissen (Operationalisierung, Testkonstruktion und Ergebnisse der Testanalysen) und die Tests zu den Kontrollvariablen dargestellt.

Fragebögen zu den Einflussfaktoren während des Lernprozesses

Um den Lernprozess der Studierenden während der Intervention zu betrachten, wurden Fragebögen zu den kognitiven Lernaktivitäten (ICAP-Modell), der kognitiven Belastung (extraneous cognitive load) und dem situationalen Interesse eingesetzt. Die Studierenden füllten diese Fragebögen am Ende der ersten Interventionssitzung aus (MZP2). Somit liegen diese Daten nur zu den beiden Interventionsgruppen vor.

Tabelle 24.

Kennwerte der Skalen Einflussfaktoren während des Lernprozess

	N	Zahl der Items	Cronbach's α	M	SD	Min	Max
Cognitive load	70	4	0,70	3,12	0,78	1,75	5,00
situationales Interesse	70	3	0,70	3,29	0,52	2,00	4,00
ICAP - aktive Lernaktivitäten	70	3	0,56	2,24	0,87	1,00	4,00
ICAP - konstruktive Lernaktivitäten	70	3	0,63	2,85	0,69	1,67	4,00
ICAP - interaktive Lernaktivitäten	70	4	0,73	2,15	0,69	1,00	3,25

Die kognitiven Lernaktivitäten während der Sitzung wurden mit Hilfe eines Fragebogens, der in Anlehnung an das ICAP-Modell entwickelt wurde, erhoben (siehe Anhang C). Er beinhaltet die Teilskalen *aktive Lernaktivitäten*, *konstruktive Lernaktivitäten* und *interaktive Lernaktivitäten*. Die Angaben zu allen drei Skalen erfolgten anhand einer vierstufigen Likert-Skala (1 = „trifft nicht zu“; 2 = „trifft eher nicht zu“; 3 = „trifft eher zu“; 4 = „trifft zu“). Die Teilskala *aktive Lernaktivitäten* wurde durch drei Items erfasst und zeigte eine fragwürdige Reliabilität ($\alpha = 0,56$; vgl. Tabelle 24). Die Teilskala *konstruktive Lernaktivitäten* wurde mit drei Items erfasst und weist ebenso eine fragwürdige Reliabilität auf ($\alpha = 0,63$; vgl. Tabelle 24). Die Teilskala *interaktive Lernaktivitäten* wurde mit vier Items erfasst und hat eine zufriedenstellende Reliabilität ($\alpha = 0,73$; vgl. Tabelle 24). Um einen Vergleich zwischen den drei Lernaktivitäten zu ermöglichen, werden Auswertungen trotz der fragwürdigen Reliabilität der zwei Skalen berechnet.

Der Fragebogen zur kognitiven Belastung (extraneous cognitive load) wurde von Arnold (2015) übernommen. Die kognitive Belastung wurde mit vier Items (z. B. „Wie stark haben die Aufträge Ihre volle Aufmerksamkeit erfordert?“) erfasst. Die

Angaben zur kognitiven Belastung erfolgten anhand einer sechsstufigen Likert-Skala. Die Reliabilität der Skala ($\alpha = 0,70$; vgl. Tabelle 24) war zufriedenstellend.

Die Fragen zum situationalen Interesse wurde von Vogt et al. (1999) übernommen und angepasst. Das situationale Interesse wurde mit drei Items (z. B. „Das Thema der heutigen Seminarsitzung fand ich: sehr uninteressant bis sehr interessant“) erfasst. Die Angaben erfolgten anhand einer vierstufigen Likert-Skala. Die Reliabilität der Skala ($\alpha = 0,70$; vgl. Tabelle 24) war zufriedenstellend.

Fragebogen zum didaktischen Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie

Das didaktische Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie wurde mit sechs eigenentwickelten Items zu Messzeitpunkt 1 und Messzeitpunkt 4 erfasst (z. B. „Ich kann den Kindern erklären, warum man beim Experimentieren nur einen Faktor verändern sollte.“ für eine Übersicht aller Items siehe Anhang D). Die Studierenden schätzen auf einer vierstufigen Likert-Skala (1 = „stimmt nicht“; 2 = „stimmt eher nicht“; 3 = „stimmt eher“; 4 = „stimmt genau“) ein, wie sie Kindern die Merkmale der Variablenkontrollstrategie näher bringen können. Die Reliabilität der Skala war mit $\alpha = 0,88$ gut.

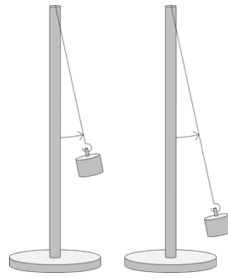
Test zum fachmethodischen Wissen der Studierenden

Operationalisierung der Skala zum fachmethodischen Wissen Das fachmethodische Wissen der Studierenden bezüglich der Variablenkontrollstrategie wurde anhand der drei zentralen Teilkompetenzen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges wie folgt operationalisiert (vgl. Arnold, 2015; Vorholzer, 2016):

Entwickeln von naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Hypothesen: Hypothesen sind überprüfbare Aussagen über einen vermuteten kausalen Zusammenhang von zwei unterschiedlichen Größen. Sie dienen der Planung eines Experiments. In Aufgaben dieser Teilkompetenz ordnen die Studierenden einem Versuch eine passende Fragestellung/Hypothese zu (siehe Beispielaufgabe Abbildung 22).

Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen: Wie bereits dargestellt, ist es mittels Untersuchungen (z. B. Experimenten) möglich, neue Erkenntnisse zu gewinnen. Dabei wird beim Experimentieren die unabhängige Variable als Ursache vermutet und an der abhängigen Variablen soll sich die Wirkung zeigen. Die Studierenden erkennen in

Item Pendellänge: Markus hat folgenden Versuch geplant und aufgebaut. Er möchte mit dem dargestellten Versuch die Schwingungen eines Fadenpendels untersuchen.



Welche Hypothese kann er mit folgendem Versuchsaufbau überprüfen?

Bitte nur eine Antwort ankreuzen.

- Je größer der Winkel zwischen Stativ und Faden ist, desto länger ist die Schwingdauer des Pendels.
- Je schwerer das Massestück am Faden ist, desto länger schwingt das Pendel.
- Je länger der Faden ist, desto länger schwingt das Pendel.
- Je reißfester der Faden ist, desto länger schwingt das Pendel.

Abbildung 22. Beispielaufgabe für die Teilkompetenz *Entwickeln von naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Hypothesen* nach Vorholzer (2016)

Aufgaben dieser Teilkompetenz die unabhängige (Ursache) und die abhängige Variable (Wirkung) sowie Störvariablen und können Fehler in der Planung von Experimenten erkennen (siehe Beispielaufgabe 23).

Item Mineralstoff: Sergej und Thomas wollen in einem Versuch die Vermutung: „Pflanzen brauchen Mineralstoffe, um zu wachsen“ überprüfen und führen dazu folgenden Versuch durch: Sie nehmen eine Pflanze und stellen sie in einem Topf mit Sand, Wasser und Mineralstoffen für mehrere Tage in die Sonne. Sie beobachten, dass die Pflanze täglich wächst.

Leider haben Sergej und Thomas bei der Planung einen Fehler gemacht und damit ist der Versuch nicht dazu geeignet, ihre Vermutung zu überprüfen.

Wie müssten Sie den Versuch verändern, damit er zur Überprüfung der Vermutung geeignet ist? Bitte nur eine Antwort ankreuzen.

- Der Versuch muss über einen längeren Zeitraum hinweg durchgeführt werden, damit man sich wirklich sicher sein kann.
- Der Versuch muss im Schatten durchgeführt werden, um einen Einfluss der Sonne auf das Wachstum ausschließen zu können.
- Es muss ein zweiter Versuch durchgeführt werden, bei dem die gleiche Pflanze mit Sand, Wasser und Mineralstoffen für mehrere Tage im Schatten steht.
- Es müssen mehrere Versuche mit unterschiedlichen Mengen von Mineralstoffen im Topf durchgeführt werden.
- Es muss ein zweiter Versuch durchgeführt werden, bei dem die gleiche Pflanze nur mit Sand und Wasser für mehrere Tage in der Sonne steht.

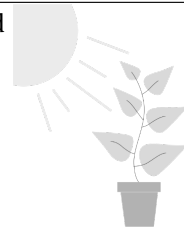


Abbildung 23. Beispielaufgabe für die Teilkompetenz *Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen* aus Vorholzer (2016, S. 174)

Auswerten und Interpretieren von Daten: Das Auswerten und Interpretieren von Daten schließt eine Untersuchung ab. Dabei wird beachtet, dass das Sammeln und Beschreiben von Daten und das Interpretieren von Daten zwei unterschiedliche

Schritte sind. Die Studierenden unterscheiden in den Aufgaben dieser Teilkompetenz zwischen Beobachtungen und Deutungen und wählen zu gegebenen Versuchen die richtige Interpretation aus (siehe Beispielaufgabe Abbildung 24).

<p><i>Item Widerstand:</i> Mit einer Serie von Versuchen soll überprüft werden, welche der folgenden Parameter einen Einfluss auf den elektrischen Widerstand eines Stromkabels haben: <i>Farbe der Ummantelung, Länge des Kabels, Durchmesser des Kabels, Kabelmaterial.</i></p>
<p>In einem ersten Versuch wird gemessen, dass ein 10 cm langes Kabel aus Kupfer einen größeren Widerstand hat als ein 10 cm langes Kabel aus Silber. Die Farbe der Ummantelung und der Durchmesser der Kabel sind gleich.</p>
<p>Welche der folgenden Interpretationen des <u>ersten</u> Versuchs sind Ihrer Meinung nach angemessen?</p> <p><i>Bitte nur <u>eine</u> Antwort ankreuzen.</i></p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Die Länge des Kabels hat keinen Einfluss auf seinen Widerstand.<input type="checkbox"/> Silber hat einen höheren elektrischen Widerstand als Kupfer.<input type="checkbox"/> Silber hat einen niedrigeren elektrischen Widerstand als Kupfer.<input type="checkbox"/> Die Länge des Kabels hat einen Einfluss auf seinen Widerstand.<input type="checkbox"/> Die vorliegenden Interpretationen sind falsch.

Abbildung 24. Beispielaufgabe für die Teilkompetenz *Auswerten und Interpretieren von Daten* aus Vorholzer (2016, S. 170)

Diese Unterscheidung in Teilkompetenzen diente der Testkonstruktion. Die drei Teilkompetenzen lassen sich jedoch statistisch mit der eingeschränkten Menge an Items nicht voneinander abgrenzen und werden somit als Gesamtskala verwendet (vgl. Wellnitz & Mayer, 2013). Tabelle 25 zeigt, wie viele Items pro Teilkompetenz eingesetzt wurden.

Testkonstruktion der Skala zum fachmethodischen Wissen Das fachmethodische Wissen wurde anhand eines Tests mit geschlossenen Items erfasst. Die Items wurden aus bereits existierenden Tests von Arnold (2015) und Vorholzer (2016) übernommen. Arnold (2015) und Vorholzer (2016) setzten ihre Tests jeweils bei Oberstufenschülern ein. Die Items wurden verwendet, da der Großteil der angehenden Lehrkräfte seit der Schule keine weiteren naturwissenschaftlichen Lerngelegenheiten hatte als die Universität. Die 14 Items wurden an einer Stichprobe von $N = 21$ Lehrkräften pilotiert. Nach der Pilotierung wurden zwei Items wegen zu geringer Itemschwierigkeit aus dem Test entfernt und ein neues Item aufgenommen. Das neue Item passt laut den Itemanalysen in den Haupttest. Der finale Test besteht somit aus 13 multiple-choice Items.

Ergebnisse der Testanalysen der Skala zum fachmethodischen Wissen In diesem Abschnitt werden als zentrale Kennwerte der klassischen Testtheorie die Schwierigkeiten

und die Trennschärfen der Items sowie die interne Konsistenz für die Gesamtskala dargestellt. Dazu werden die drei Gütekriterien Reliabilität, Objektivität und Validität berichtet.

Tabelle 25.

Inhaltliche Verteilung der Items auf die Teilkompetenzen

Itemname	Fragestellungen und Hypothesen generieren	Untersuchungen planen	Daten auswerten und interpretieren	Quelle
Würfel	x			Vorholzer (2016, S. 167)
Hypothese	x			angelehnt an Arnold (2015, S. 365)
Pendellänge	x			angelehnt an Vorholzer (2016)
UV/AV		x		angelehnt an Arnold (2015, S. 365)
Schwingung		x		Vorholzer (2016, S. 168)
Mineralstoff		x		Vorholzer (2016, S. 174)
KV		x		Arnold (2015, S. 367)
BD1			x	Vorholzer (2016, S. 172)
Kabel			x	Vorholzer (2016, S. 170)
Widerstand			x	Vorholzer (2016, S. 170)
BD2			x	Vorholzer (2016, S. 178)
Dichte			x	Vorholzer (2016, S. 178)

Itemanalysen Die Schwierigkeiten der Items (ermittelt über die Mittelwerte) streuen zwischen $M = 0,21$ und $M = 0,97$. Es sind somit leichte wie auch mittlere und schwierige Items in dem Test vorhanden (vgl. Tabelle 26). Die mittlere Itemschwierigkeit beträgt $M = 0,66$, was für einen insgesamt eher leichten Test spricht.

Die Trennschärfe der Items (ermittelt über die korrigierten Item-Skalen-Korrelationen) kann für fast alle Items als zufriedenstellend bezeichnet werden. Nur das Item *KV* hat eine Trennschärfe unter $r_{it} = 0,10$, weshalb dieses Item eigentlich aus dem Gesamttest entfernt werden sollte. Es weist den höchsten Schwierigkeitsgrad auf, da es den Umgang mit Kontrollvariablen beinhaltet. Das Item *KV* bleibt aus Gründen der Inhaltsvalidität im Gesamttest vorhanden, da es als einziges Item den Umgang mit Kontrollvariablen thematisiert. Das Item *Widerstand* präsentiert den Studierenden ein

Experiment, aus dem keine kausalen Schlüsse gezogen werden können. Es weist die zweithöchste Schwierigkeit auf.

Tabelle 26.

Schwierigkeit und Trennschärfe der Items zum fachmethodischen Wissen

Item	Würfel	Hypo- these	Pendel- länge	UV	AV	Schwin- gung	Mineral- stoff
<i>M</i>	0,67	0,47	0,78	0,46	0,52	0,86	0,62
<i>SD</i>	0,25	0,50	0,42	0,50	0,50	0,34	0,49
<i>r_{it}</i>	0,38	0,11	0,18	0,51	0,37	0,28	0,23

Item	KV	BD1	Kabel	Wider- stand	BD2	Dichte
<i>M</i>	0,21	0,97	0,86	0,36	0,90	0,86
<i>SD</i>	0,41	0,11	0,34	0,48	0,15	0,34
<i>r_{it}</i>	0,08	0,20	0,10	0,18	0,23	0,34

Anmerkung. $N = 103$, BD: Beobachten/Deuten

Objektivität Das fachmethodische Wissen der Studierenden beziehungsweise der Lehrkräfte wurde mittels eines Online-Tests erhoben. Die Durchführungsobjektivität wurde durch den standardisierten Online-Test sichergestellt. Die Auswertungsobjektivität der multiple-choice Fragen wurde durch ein Skalenhandbuch mit den korrekten Antworten und der Zuordnung von Punkten erreicht.

Reliabilität Die Reliabilität wurde mit Hilfe der internen Konsistenz überprüft. Die Reliabilität der Skala war mit $\alpha = 0,57$ für einen Wissenstest noch vertretbar (Hossiep et al., 2010; Lienert & Raatz, 1998).

Validität Die Inhaltsvalidität wird bereits bei der Entwicklung des Tests durch die Operationalisierung beachtet. Die Operationalisierung beruht auf Literatur und theoretischen Modellen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. Die Konstruktvalidität wird anhand von Hypothesen untersucht. Es werden empirisch abgesicherte Zusammenhänge mit anderen Konstrukten betrachtet, die vorher theoretisch vorhergesagt wurden (Schnell, Hill & Esser, 2013). Für das fachmethodische Wissen bedeutet dies, dass es wie in Studien von Krauss et al. (2011), Lange et al. (2015) und Schmidt (2014) mit dem fachdidaktischen Wissen korreliert. In der vorliegenden

Studie korreliert das fachmethodische Wissen moderat mit dem fachdidaktischen Wissen ($r = 0,250^*$; $p = 0,011$). Das Ergebnis spricht für ein konstruktvalides Instrument.

Test zum fachdidaktischen Wissen der Studierenden

Operationalisierung der Skala zum fachdidaktischen Wissen Die Operationalisierung des fachdidaktischen Wissens erfolgte anhand einschlägiger Literatur durch die beiden Facetten *Wissen über Instruktions- und Vermittlungsstrategien* und *Wissen über Schülerinnen und Schüler sowie deren Kognitionen* (siehe Kapitel 4). Das fachdidaktische Wissen bezieht sich immer auf einen Inhaltsbereich. In dieser Studie werden die beiden Bereiche *Atmung* und *Strom* betrachtet, da sie typische Grundschulthemen darstellen. Strom wird in 12 von 16 Grundschullehrplänen als Inhaltsbereich genannt. Der Themenbereich Atmung wird in 7 von 16 Grundschullehrplänen explizit genannt. 11 Grundschullehrpläne geben vor, dass sich die Schülerinnen und Schüler mit ihren eigenen Körperteilen und deren Funktionen auseinander setzen sollen. Somit ist es auch möglich, dass sich die Lehrkräfte hier für die Lunge und somit die Atmung aufbauend auf dem Bereich Luft entscheiden. Luft ist in 12 Grundschullehrplänen ein expliziter Inhaltsbereich.

Das *Wissen über Instruktions- und Vermittlungsstrategien* beinhaltet in den Naturwissenschaften z. B. Modelle und Aktivitäten (z. B. Experimentieren oder Beobachten) zu den themen- beziehungsweise fachspezifischen Instruktionsstrategien (Meschede et al., 2017; Park & Oliver, 2008). In dieser Studie wird besonders der Einsatz von Modellen und Experimenten in Anlehnung an das ProwiN-Projekt betrachtet (Jüttner & Neuhaus, 2013b). Die Studierenden ordneten im Bereich *Einsatz von Modellen* den Modellen die Bestandteile der Originale zu und nannten Unterschiede zwischen den Modellen und den Originalen (vgl. Beispielaufgabe Abbildung 25).

Im Bereich *Einsatz von Experimenten* nannten die Studierenden Möglichkeiten, um Phänomene sichtbar zu machen (vgl. Beispielaufgabe Abbildung 26).

Bei den Items, die das *Wissen über Schülerinnen und Schüler sowie deren Kognitionen* erheben, erkennen die Studierenden einerseits typische Schülerfehlvorstellungen und beschreiben, wie sie auf diese anhand eines Experiments eingehen würden (vgl. Beispielaufgabe Abbildung 27).

Andererseits werden den Studierenden methodische Fehler der Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren vorgegeben und sie nennen Möglichkeiten, wie sie auf

Item Batterie, Lämpchen, Kabel, Elektronen: Stellen Sie sich vor, Sie möchten zur Veranschaulichung des einfachen Stromkreises das Wasser-Modell und das Mechanische Modell (siehe Abbildungen) im Unterricht einsetzen. Die beiden Modelle weisen jeweils viele Parallelen, aber auch viele Unterschiede auf.




Stromkreis	Wasser-Modell	Mechanisches Modell
		
Batterie	(Druckunterschied in den) Flaschen	
Lämpchen	Wasserrad	
Kabel	Schläuche	
Elektronen	Wasserteilchen	
a) Tragen Sie in die Tabelle ein, welche Parallelen des mechanischen Modells die Kinder zum Strom-kreis sehen können. b) Welche Unterschiede zwischen dem mechanischen Modell und dem Stromkreis gibt es? Bitte nennen Sie drei Beispiele. ✍️		

Abbildung 25. Beispielaufgabe für die Facette *Wissen über Instruktions- und Vermittlungsstrategien - Modelle*

die Fehler der Schülerinnen und Schülerinnen reagieren können (siehe Beispielaufgabe Abbildung 28). Tabelle 27 zeigt, wie viele Items in welchem Bereich im finalen Test vorhanden sind.

Testkonstruktion und Kodierung der Skala zum fachdidaktischen Wissen Das fachdidaktische Wissen der angehenden Grundschullehrkräfte wurde mit einem Test mit 9 offenen und 12 geschlossenen Items für die Inhaltsbereiche Atmung und Strom in Anlehnung an Jüttner und Neuhaus (2013a) und Kotzebue und Nerdel (2012) erhoben (siehe Tabelle 27). Die Items *Batterie, Lämpchen, Kabel, Elektron, Luftröhre, Lungenflügel, Brustkorb* und *Zwerchfell* werden als geschlossene Items betrachtet, da die Studierenden beziehungsweise die Lehrkräfte durch Bilder und Wörter Auswahlmöglichkeiten erhalten. Die Itementwicklung erfolgte anhand der zwei Themenbereiche und der zwei dargestellten Facetten. Alle Items wurden an einer Stichprobe von 21 Lehrkräften

Item Luft sichtbar: Da Luft nicht direkt sichtbar ist, bereitet es manchen Kindern Schwierigkeiten zu verstehen, dass Luft nicht nichts ist. Nennen Sie bitte drei Beispiele, wie Sie Luft erfahrbar machen können.

✍️

Abbildung 26. Beispielaufgabe für die Facette *Wissen über Instruktions- und Vermittlungsstrategien - Experimente*

Item Vorstellung Nora: Stellen Sie sich folgende Unterrichtssituation vor:

Nora: „...beim Einatmen nehmen wir die Luft mit Sauerstoff auf und beim Ausatmen kommt dann die Luft ohne Sauerstoff wieder raus.“

Lehrer: „Du meinst also, dass wir beim Ausatmen die gleiche Luft wieder ausatmen aber nur der Sauerstoff fehlt?“

Nora: „Ja.“

Wie gehen Sie auf diesen aufgeführten fachlichen Fehler im Unterricht mit Hilfe eines (!) Experiments ein?




Abbildung 27. Beispielaufgabe für die Facette *Wissen über Schüler und Schülerkognitionen - Experiment*

pilotiert. Zwei Items wurden nach der Pilotierung verändert. In der Haupterhebung wurde ein Test mit 28 Items eingesetzt.

Die offenen Antworten der Studierenden beziehungsweise Lehrkräfte wurden anhand eines Kodiermanuals bewertet. Die Kategorien zur Bewertung der Antworten der Studierenden beziehungsweise der Lehrkräfte wurden sowohl induktiv wie deduktiv aus der Literatur gebildet. Die offenen Aufgaben der Studierenden beziehungsweise Lehrkräfte lassen sich in der Kodierung in zwei Bereiche unterteilen:

Item Fehler Theresa: Ludwig und Theresa planen ein Experiment zum Thema Stromleiter und Nichtleiter. Dazu bauen sie einen Stromkreis bestehend aus einer Batterie, einem Lämpchen und zwei Kabeln. Sie verbinden die Batterie über die beiden Kabel mit dem Lämpchen und sehen, dass das Lämpchen leuchtet. In einem zweiten Schritt bauen sie in den Stromkreis ein weiteres Lämpchen ein. Die beiden Lämpchen verbinden sie über ein Eisenstück. Sie beobachten, dass die Lämpchen sehr schwach leuchten.

Theresa schlussfolgert: „Eisen ist also ein schlechter Leiter, da die Lämpchen so schwach leuchten“.

Schülerfehler: Ludwig und Theresa haben zwei Faktoren (Eisenstück, zweites Lämpchen) verändert statt nur einen Faktor. Somit können sie keine kausale Aussage treffen.

Wie können Sie als Lehrkraft auf derartige Fehler im Unterricht reagieren? Nennen Sie bitte möglichst viele Ideen.




Abbildung 28. Beispielaufgabe für die Facette *Wissen über Schüler und Schülerkognitionen - methodischer Fehler*

Einerseits gibt es Aufgaben, in denen die Studierenden beziehungsweise Lehrkräfte ein Experiment oder einen Unterschied zwischen dem Original und dem Modell nennen sollen. Bei diesen Aufgaben wird anhand des Kodiermanuals überprüft, ob die Aufgabenstellung mit dem genannten Experiment beziehungsweise Unterschied zwischen dem Original und dem Modell korrekt gelöst wurde (vgl. Abbildung 29).

Tabelle 27.

Anzahl der Items pro Facette und Inhaltsbereich

	Facette	
	Schülerinnen und Schülerkognitionen	Instruktionsstrategien
Strom	6 (2 gA)	6 (4 gA)
Atmung	3 (2 gA)	6 (4 gA)

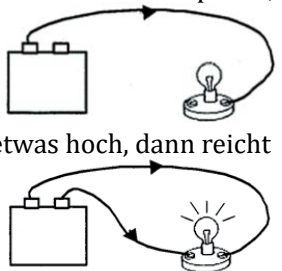
Anmerkung. gA: geschlossene Aufgaben

Andererseits gibt es Aufgaben, in denen die Studierenden beziehungsweise Lehrkräfte methodische Fehler von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren erhalten. Bei diesen Aufgaben werden die Studierenden beziehungsweise Lehrkräfte aufgefordert, möglichst viele Ideen zum Umgang mit diesem Fehler zu nennen. Die Antworten der Studierenden beziehungsweise Lehrkräfte werden anhand des Kodiermanuals unterschiedlichen Kategorien zugeordnet (vgl. Tabelle 28). Für eine genannte Kategorie erhalten die Studierenden beziehungsweise Lehrkräfte 0,33 Punkte, für zwei 0,66 Punkte und ab drei unterschiedlichen Kategorien einen Punkt.

Item Vorstellung Tim: Stellen Sie sich folgende Unterrichtssituation vor:

Tim: „...da kommt nicht genug Strom durch ein Kabel. Da schafft es das Lämpchen nicht.“
Lehrer: „Also du meinst, wenn das zweite Kabel ab ist, kommt was hoch zum Lämpchen, aber es reicht nicht?“
Tim: „Genau.“

(Lehrer schließt zweites Kabel an und das Lämpchen leuchtet.)
Tim: „Jetzt reicht es, es kommt von der zweiten Seite auch noch etwas hoch, dann reicht es.“



Wie gehen Sie auf diesen aufgeführten fachlichen Fehler im Unterricht mit Hilfe eines (!) Experiments ein?

- *Beispiele für richtige Antworten:* Versuch mit zwei Kabeln an einem Pol, Versuch mit Kompassen
- *Beispiele für falsche Antworten:* Größere/Stärkere Batterie anschließen mit einem Kabel, Kabel mit größerem Durchmesser oder längeres Kabel anschließen

Abbildung 29. Beispielaufgabe für die Facette Wissen über Instruktionen- und Vermittlungsstrategien - Experimente mit möglichen Antworten

Tabelle 28.

Kategoriensystem zu den Antworten der Lehrkräfte

Hauptkategorie	Definition	Beispiele	Literatur
Änderung Grundbedingungen	Die Lehrkraft (LK) ändert durch Vorstrukturierung die Grundbedingungen. Beispielsweise gibt sie nur passendes Material aus (und kein überflüssiges Material).	Ich gebe den Schülern nur gleiche Batterien von Beginn an. Ebenso müssen sie den Versuch im selben Raum machen. (Jetzt wird nur die Lampe verändert.)	
LK gibt Erklärung	Die LK gibt den SuS weiterführende (fachliche) Erklärungen. Sie sagt ihnen etwas oder weist auf etwas hin.	Ich sage ihnen, dass sie gleichzeitig drei Dinge verändert haben und somit keine gültige Schlussfolgerung ziehen können (methodische Erklärung).	siehe Narciss (2005)
Modellierung	Die LK zeigt etwas, macht etwas vor oder modelliert etwas.	Ich mache den Versuch noch einmal vor und verändere nur die Batterie.	
Auftrag	Die LK gibt einen Auftrag oder eine Anweisung. Im Unterschied zu der Kategorie „Änderung der Grundbedingungen“ erfolgt der Auftrag oder die Anweisung, nachdem die Kinder bereits einen ersten Versuch unternommen haben.	Ich sage den Kindern, dass sie nur die Batterie verändern sollen und den Rest gleich lassen.	siehe Jüttner et al. (2013)
Impuls	Die LK gibt einen offenen Impuls oder stellt eine offene Frage. Auch unkonkretere Äußerungen wie eine Diskussion oder gemeinsames Besprechen fallen in diese Kategorie. Abgrenzung zum Auftrag: Durch Impulse werden die SuS zum Nachdenken angeregt und müssen sich für den Weg selbst entscheiden.	Geschlossener Impuls: Woran liegt es? Am Lämpchen oder am Eisen? Offener Impuls: Diskussion im Plenum	siehe Narciss (2005)
Interaktion SuS	Die LK regt eine Interaktion oder Zusammenarbeit zwischen den Schülerinnen und Schülern an (Peerteaching).	Ich fordere die Kinder auf, sich mit den anderen Kleingruppen über den Aufbau des Versuchs zu unterhalten.	siehe Jüttner et al. (2013)

Ergebnisse der Testanalysen der Skala zum fachdidaktischen Wissen In diesem Abschnitt werden als zentrale Kennwerte der klassischen Testtheorie die Schwierigkeiten und die Trennschärfen der Items sowie die interne Konsistenz der Gesamtskala dargestellt. Dazu werden die drei Gütekriterien Reliabilität, Objektivität und Validität berichtet.

Itemanalysen Die Analysen zeigen, dass die Schwierigkeit der Items (ermittelt über den Mittelwert) von $M = 0,05$ bis $M = 0,84$ streut. Das bedeutet, dass sehr schwere und auch leichte Items vorhanden sind. Die durchschnittliche Itemschwierigkeit beträgt $M = 0,47$.

Die Trennschärfe kann für 14 Items als zufriedenstellend bezeichnet werden. 14 Items weisen hingegen eine Trennschärfe unter $r_{it} = 0,1$ auf. Nach inhaltlicher und statistischer Betrachtung wurden die Items *Strom in Batterie*, *Kreislauf*, *Strom sehen*, *Fehler Martin*, *Sport Puste*, *Lunge Herz* und *Laufen* aus dem Test entfernt. Die restlichen Items mit schlechter Trennschärfe bleiben aus inhaltlichen Gründen im Gesamttest erhalten. Tabelle 30 zeigt die Trennschärfen und Itemschwierigkeiten aller 21 Items des finalen Testinstruments.

Objektivität Die Durchführungsobjektivität wurde durch einen standardisierten Online-Test sichergestellt. Die Auswertungsobjektivität ist durch das Kodiermanual und die Vorgaben zum Bepunkten gegeben.

Für die Interpretationsobjektivität wurden die offenen Antworten von zwei unabhängigen Kodierern anhand des Kodiermanuals kodiert. Nach einer Kodierschulung wurden 30 Prozent der Items von beiden Kodierern unabhängig voneinander kodiert. Die Interrater-Reliabilität wurde mit Cohen's Kappa berechnet und die Werte pro Aufgabe liegen zwischen $\kappa = 0,89$ und $\kappa = 0,97$ ($M = 0,93$), was für eine hohe Interpretationsobjektivität spricht.

Reliabilität Die Reliabilität wurde mit Hilfe der internen Konsistenz überprüft. Die Reliabilität der Skala war mit $\alpha = 0,55$ für einen Wissenstest bei Gruppenvergleichen vertretbar (Hossiep et al., 2010; Lienert & Raatz, 1998).

Validität Die Inhaltsvalidität wird bereits bei der Entwicklung des Tests durch die Operationalisierung beachtet. Die Operationalisierung beruht auf Literatur und theoretischen Modellen des fachdidaktischen Wissens.

Tabelle 29.

Schwierigkeit und Trennschärfe aller 28 Items der Skala fachdidaktisches Wissen

Item	<i>M</i>	<i>SD</i>	r_{it}
Strom in Batterie	0,84	0,37	0,02
zwei Seiten	0,46	0,50	0,25
Kreislauf	0,42	0,50	0,01
Uhrzeigersinn	0,36	0,48	0,12
Strom sehen	0,74	0,44	0,62
Vorstellung Tim	0,26	0,44	0,22
Batterie	0,34	0,48	0,39
Lämpchen	0,37	0,49	0,37
Kabel	0,35	0,48	0,40
Elektronen	0,05	0,22	0,03
Unterschied Modelle	0,54	0,93	0,05
Strom sichtbar	0,58	0,90	0,09
Fehler Theresa	0,61	0,28	0,05
Fehler Martin	0,53	0,31	-0,15
Fehler Simon	0,48	0,24	-0,01
Fehler Mathilda	0,53	0,29	0,04
Sport Puste	0,61	0,49	0,09
Lunge Herz	0,29	0,46	0,07
Filter	0,39	0,48	0,01
Laufen	0,16	0,36	-0,08
Nur Sauerstoff	0,36	0,48	0,08
Vorstellung Nora	0,30	0,46	0,17
Luftröhre	0,55	0,50	0,24
Lungenflügel	0,64	0,48	0,27
Brustkorb	0,55	0,50	0,26
Zwerchfell	0,49	0,50	0,33
Unterschied Lunge/Modell	0,50	0,91	0,15
Luft sichtbar	0,81	0,87	0,14

Anmerkung. $N = 103$

Die Konstruktvalidität wird anhand von Hypothesen untersucht. Für das fachdidaktische Wissen bedeutet das, dass es wie in Studien von Krauss et al. (2011), Lange et al. (2015) und Schmidt (2014) mit dem fachmethodischem Wissen korreliert. In der vorliegenden Studie korreliert das fachmethodische Wissen moderat mit dem fachdidaktischen Wissen ($r = 0,250^*$; $p = 0,011$).

Tabelle 30.

Schwierigkeit und Trennschärfe der 21 Items der finalen Skala fachdidaktisches Wissen

Item	<i>M</i>	<i>SD</i>	r_{it}
zwei Seiten	0,46	0,50	0,27
Uhrzeigersinn	0,36	0,48	0,14
Vorstellung Tim	0,26	0,44	0,20
Batterie	0,34	0,48	0,40
Lämpchen	0,37	0,49	0,38
Kabel	0,35	0,48	0,40
Elektronen	0,05	0,22	0,08
Unterschied Modelle	0,54	0,93	0,07
Strom sichtbar	0,58	0,90	0,15
Fehler Theresa	0,61	0,28	0,00
Fehler Simon	0,48	0,24	-0,01
Fehler Mathilda	0,53	0,29	0,01
Filter	0,39	0,48	-0,02
Nur Sauerstoff	0,36	0,48	0,08
Vorstellung Nora	0,30	0,46	0,18
Luftröhre	0,55	0,50	0,30
Lungenflügel	0,64	0,48	0,30
Brustkorb	0,55	0,50	0,30
Zwerchfell	0,49	0,50	0,35
Unterschied Lunge/Modell	0,50	0,91	0,14
Luft sichtbar	0,81	0,87	0,12

Anmerkung. $N = 103$

Ebenso zeigten Studien von Kleickmann et al. (2013), dass das fachdidaktische Wissen von Lehrkräften höher ist als das der Studierenden. Die Ergebnisse dieser Hypothese werden in Abschnitt 8.3 berichtet. Die Ergebnisse sprechen für ein konstruktvalides Instrument.

Fragebögen zu den Kontrollvariablen

Als Kontrollvariablen wurden Skalen zu den motivationalen Orientierungen der Studierenden und Lehrkräfte sowie zu den Überzeugungen der Studierenden und Lehrkräfte erhoben.

Bei den motivationalen Orientierungen wurden das Interesse an Physik und Biologie sowie verschiedene naturwissenschaftliche didaktische Selbstkonzepte (Strom, Atmung) erhoben.

Das Interesse der Studierenden beziehungsweise Lehrkräfte an Physik und Biologie wurde ebenfalls mittels einer vierstufigen Likert-Skala (1 = „stimmt nicht“; 2 = „stimmt eher nicht“; 3 = „stimmt eher“; 4 = „stimmt genau“) abgefragt. Die Skalen enthielten jeweils fünf Items (z.B. „Ich bin interessiert, Neues in der Physik/Biologie zu lernen.“) und hatten sehr gute Reliabilitäten (Physik: $\alpha = 0,90$; Biologie: $\alpha = 0,91$; vgl. Tabelle 31). Die Skala wurde von Kuhn, Lankes und Steffensky (2012) übernommen und für Biologie und Physik angepasst.

Das physikalische und biologische didaktische Selbstkonzept wurde mit jeweils sechs eigenentwickelten Items zu den Themenbereichen Strom und Atmung erfasst (z. B. „Ich fühle mich kompetent genug, das Thema Strom/Atmung im Sachunterricht zu behandeln.“). Die Studierenden beziehungsweise Lehrkräfte gaben eine - zu den Bereichen des fachdidaktischen Wissenstests passende - Einschätzung ihrer eigenen Fähigkeiten ab. Dies erfolgte auf einer vierstufigen Likert-Skala (1 = „stimmt nicht“; 2 = „stimmt eher nicht“; 3 = „stimmt eher“; 4 = „stimmt genau“) mit jeweils guter Reliabilität (Strom: $\alpha = 0,85$; Atmung: $\alpha = 0,92$; vgl. Tabelle 31).

Bei den Überzeugungen der Studierenden beziehungsweise Lehrkräften wurden ihre Überzeugungen zur Natur der Naturwissenschaften und ihre persönliche Bedeutung der Naturwissenschaften erfasst (Bos et al., 2005).

Die Überzeugungen zur Natur der Naturwissenschaften wurden mit sieben Items (z. B. „In den Naturwissenschaften gibt es immer nur eine Lösung.“) erhoben (Bos et al., 2005). Die sieben Items erfassten sowohl das Denken der Studierenden über die Natur wie auch über naturwissenschaftlichen Gesetze (Bos et al., 2005). Die Angaben zu den Überzeugungen zur Natur der Naturwissenschaften erfolgte anhand einer vierstufigen Likert-Skala (1 = „stimmt nicht“; 2 = „stimmt eher nicht“; 3 = „stimmt eher“; 4 = „stimmt genau“) mit fragwürdiger Reliabilität ($\alpha = 0,64$; vgl. Tabelle 31).

Tabelle 31.

Kennwerte der Skalen der Kontrollvariablen

	<i>N</i>	Zahl der Items	Cronbach's α	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Interesse Physik	103	5	0,90	2,08	0,66	1,00	3,60
Interesse Biologie	103	5	0,91	3,00	0,69	1,00	4,00
didaktisches Selbstkonzept Strom	103	6	0,85	2,46	0,60	1,00	3,83
didaktisches Selbstkonzept Atmung	103	6	0,92	2,79	0,68	1,00	4,00
Natur der Naturwissenschaften	103	7	0,64	2,41	0,41	1,40	3,43
Persönliche Bedeutung von Naturwissenschaften	103	3	0,73	2,79	0,58	1,00	4,00

Die persönliche Bedeutung von Naturwissenschaften für die Studierenden beziehungsweise für die Lehrkräfte wurde mit drei Items abgefragt (Bos et al., 2005). Die Angaben zu den Einstellungen erfolgten anhand einer vierstufigen Likert-Skala (1 = „stimmt nicht“; 2 = „stimmt eher nicht“; 3 = „stimmt eher“; 4 = „stimmt genau“). Die Reliabilität war mit $\alpha = 0,73$ (vgl. Tabelle 31) zufriedenstellend.

8.2.3. Statistische Auswertungsmethoden

Im folgenden Abschnitt wird das statistische Vorgehen beschrieben. Dazu werden erst die Bedingungen für einen Vergleich zwischen Lehrkräften und Studierenden und anschließend die Bedingungen für einen Vergleich der EG1, EG2 und KG dargestellt.

Vergleich von Grundschullehrkräften und -studierenden

Um die Vergleichbarkeit der Grundschullehrkräfte mit den Grundschullehramtsstudierenden sicherzustellen, wurden zur Kontrolle folgende Variablen erhoben: Interesse Physik, Interesse Biologie, didaktisches Selbstkonzept Strom, didaktisches Selbstkonzept Atmung, Überzeugungen zur Natur der Naturwissenschaften und persönliche Bedeutung der Naturwissenschaften. Diese Aspekte sind allesamt Aspekte der professionellen Handlungskompetenz und können Einfluss auf das Wissen und Handeln der Lehrkräfte beziehungsweise Studierenden haben. Tabelle 32 enthält die Werte für beide Gruppen. Eine MANOVA über die sechs Kontrollvariablen macht sichtbar, dass ein

signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen vorhanden ist (Pillai Spur: $V = 0,171$; $F(6, 147) = 5,040$; $p < 0,001$). Univariate Tests zwischen den beiden Gruppen zeigen, dass die Lehrkräfte ein signifikant höheres Interesse an Physik und ein höheres didaktisches Selbstkonzept im Bereich Strom besitzen als die Studierenden. In den restlichen vier Kontrollvariablen unterscheiden sich die beiden Gruppen nicht. Dieses Ergebnis wird bei der Interpretation der Ergebnisse näher betrachtet.

Tabelle 32.

Werte der Kontrollvariablen für die Lehrkräfte und Studierenden

	M (SD)		F
	Lehrkräfte N = 51	Studierende N = 103	
Interesse Physik	2,60 (0,67)	2,08 (0,66)	21,12***
Interesse Biologie	3,16 (0,65)	3,00 (0,69)	2,03
didaktisches Selbstkonzept Strom	2,92 (0,58)	2,46 (0,60)	20,3***
didaktisches Selbstkonzept Atmung	2,83 (0,63)	2,79 (0,68)	0,15
Natur der Naturwissenschaften	2,42 (0,44)	2,41 (0,41)	0,04
persön. Bedeutung Naturwissenschaften	2,99 (0,64)	2,79 (0,58)	3,81 ^t

Anmerkung. *** $p < 0,001$; ^t $p < 0,1$

Die Vergleiche der abhängigen Variablen (fachmethodisches Wissen, fachdidaktisches Wissen, didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie) zwischen Lehrkräften und Studierenden wurden mit t-Tests berechnet.

Prozessmerkmale und Ergebnisse der Intervention

Um die Vergleichbarkeit der Interventionsgruppen (EG1, EG2, KG) sicher zu stellen, wurden vor der Intervention folgende Kontrollvariablen erhoben: Interesse Physik, Interesse Biologie, didaktisches Selbstkonzept Strom, didaktisches Selbstkonzept Atmung, Überzeugungen zur Natur der Naturwissenschaften und persönliche Bedeutung der Naturwissenschaften. Tabelle 33 zeigt die Werte für jede Interventionsgruppe. Eine MANOVA über die sechs metrischen Variablen zeigt keinen signifikanten Gruppeneffekt (Pillai-spur: $V = 0,116$; $F(12, 192) = 0,99$; $p = 0,46$). Somit sind die drei Interventionsgruppen bezüglich der erhobenen Kontrollvariablen vergleichbar.

Im Bezug auf das fachmethodische und fachdidaktische Wissen wurden für die Kontrollgruppe t-Tests für gepaarte Stichproben berechnet, um zu überprüfen, ob die

Tabelle 33.

Werte der Kontrollvariablen pro Gruppe

	<i>M (SD)</i>		
	EG1	EG2	KG
Interesse Physik	2,21 (0,62)	1,97 (0,67)	2,05 (0,69)
Interesse Biologie	3,02 (0,57)	3,04 (0,70)	2,93 (0,79)
didaktisches Selbstkonzept Strom	2,54 (0,55)	2,48 (0,68)	2,35 (0,58)
didaktisches Selbstkonzept Atmung	2,76 (0,66)	2,89 (0,66)	2,74 (0,75)
Natur der Naturwissenschaften	2,31 (0,40)	2,41 (0,38)	2,50 (0,44)
persön. Bedeutung Naturwissenschaften	2,72 (0,51)	2,83 (0,63)	2,84 (0,61)

Anmerkung. EG1: Experimentiergruppe; EG2: Lesegruppe; KG: Kontrollgruppe

Studierenden alleine durch das Beantworten des Tests fachmethodisches beziehungsweise fachdidaktisches Wissen erlernen. Die deskriptiven Statistiken für die $N = 33$ Studierenden der Kontrollgruppe enthält Tabelle 34. Ein t-Test für gepaarte Stichproben zeigt keinen signifikanten Wissenszuwachs der Kontrollgruppe im Bereich des fachmethodischen Wissens vom ersten Testzeitpunkt (MZP1) zum zweiten (MZP3) ($t(32) = -0,250$; $p = 0,804$). Somit erlernen die Studierenden kein fachmethodisches Wissen anhand des Wissenstests. Ein t-Test für gepaarte Stichproben zeigt einen signifikanten Wissenszuwachs im Bereich des fachdidaktischen Wissens der Kontrollgruppe von der Präerhebung (MZP1) auf die Posterhebung (MZP4) ($t(32) = -4,086$; $p < 0,001$). Im Bereich des fachdidaktischen Wissens haben die Studierenden der Kontrollgruppe zu Messzeitpunkt 4 ein signifikant höheres Wissen. Dies könnte darauf zurückgeführt werden, dass sich die Studierenden mehr mit den Inhalten beschäftigt haben und dadurch mehrere verschiedene Vorgehensweisen nennen konnten. Da bereits die Kontrollgruppe ohne eine Intervention im Posttest des fachdidaktischen Wissens einen signifikant höheren Wert aufweist, wird nicht betrachtet, wie die Intervention auf das fachdidaktische Wissen wirkt. Dieses Ergebnis wird im Rahmen der Diskussion näher betrachtet.

Um die Prozessmerkmale und Ergebnisse der Intervention zu betrachten, wurden verschiedene Gruppenvergleiche berechnet. Der Vergleich der EG1 (Experimentieren) mit der EG2 (Lesen) bezüglich der selbstberichteten kognitiven Lernaktivitäten wurde anhand einer multivariaten Varianzanalyse (MANOVA) berechnet. Die Unterschiede zwischen zwei Gruppen (EG vs. KG) wurden mit Hilfe von t-Tests berechnet. Die Unterschiede zwischen EG1 (Experimentieren) und EG2 (Lesen) in den abhängigen

Tabelle 34.

Deskriptive Statistiken der Wissenstests der Kontrollgruppe

	FMW Prä	FMW Post	FDW Prä	FDW Post
<i>M</i>	9,31	9,38	9,31	11,26
<i>SD</i>	1,85	1,88	3,04	2,63
<i>Min</i>	4,80	4,80	2,99	4,98
<i>Max</i>	12,00	12,00	16,99	16,64

Anmerkung. $N = 33$, FMW: fachmethodisches Wissen, FDW: fachdidaktisches Wissen

Variablen (fachmethodisches Wissen und didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie) wurden mit Hilfe einer Messwiederholungs-ANOVA (univariate Varianzanalyse) untersucht. Die statistischen Analysen wurden mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS 25 berechnet. Es wurde ein alpha level von 0,05 für alle statistischen Tests verwendet.

8.3. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse zu den unter 8.1 aufgeworfenen Fragestellungen und Hypothesen berichtet. In der ersten Fragestellung werden die beiden Stichproben Grundschullehrkräfte und Grundschullehramtsstudierende verglichen. Die Fragestellungen 2 bis 4 werden anhand der Stichprobe der Grundschullehramtsstudierenden beantwortet. Dafür werden einerseits die Merkmale des Prozesses während der Intervention identifiziert und andererseits die Ergebnisse der Intervention betrachtet.

8.3.1. Das fachmethodische und fachdidaktische Wissen von Grundschullehrkräften und -studierenden sowie deren didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie

Im Rahmen dieser Fragestellung werden das Wissen sowie das didaktische Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie der Studierenden vor der Intervention mit dem Wissen und dem didaktischen Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie von Sachunterrichtslehrkräften verglichen.

Für das fachmethodische Wissen liegen Daten von $N = 53$ Lehrkräften vor. Die Lehrkräfte erreichten im Mittel $M = 7,02$ Punkte ($SD = 1,86$; $Min = 1,60$; $Max = 10,80$)

von möglichen 13 Punkten. Die Studierenden erreichten im Mittel $M = 8,55$ Punkte ($SD = 2,07$; $Min = 2,40$; $Max = 12,00$; $N = 103$). Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist signifikant ($t(154) = 4,523$; $p < 0,001$; $d = 0,764$). Somit verfügen die Studierenden über ein signifikant höheres fachmethodisches Wissen vor der Intervention als die Grundschullehrkräfte im Schuldienst (siehe Abbildung 30).

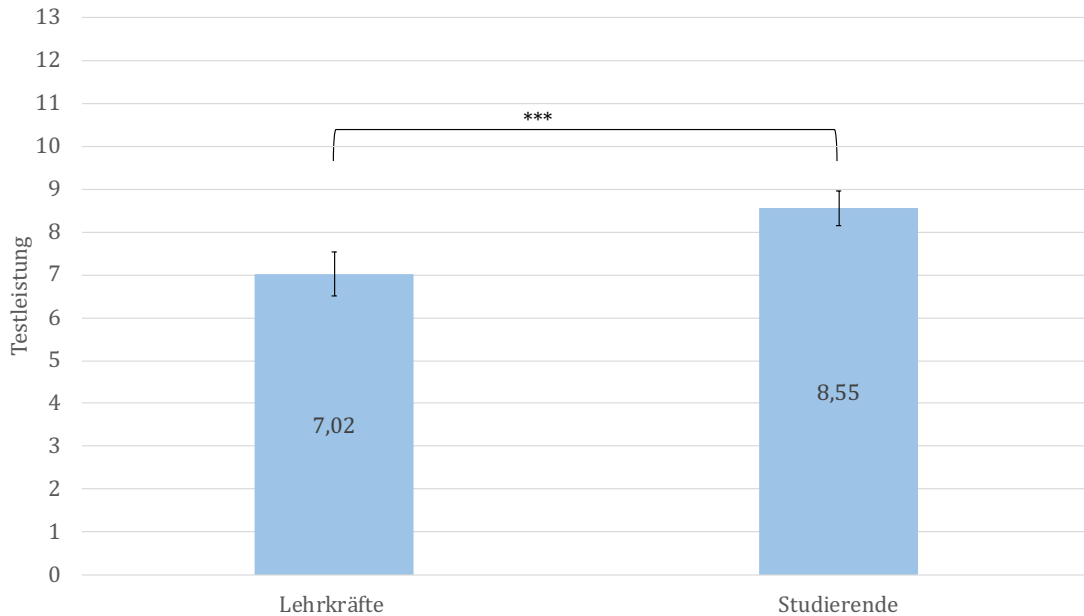


Abbildung 30. Die Unterschiede im fachmethodischen Wissen zwischen Studierenden und Lehrkräften

Für das fachdidaktische Wissen liegen Daten von $N = 22$ Lehrkräften vor. Die Lehrkräfte erreichten im Mittel $M = 13,09$ Punkte ($SD = 3,51$; $Min = 4,31$; $Max = 18,99$) von möglichen 21 Punkten. Die Studierenden erreichten im Mittel $M = 9,26$ Punkte ($SD = 3,37$; $Min = 1,98$; $Max = 16,99$; $N = 101$). Die Lehrkräfte im Schuldienst besitzen somit ein signifikant höheres fachdidaktisches Wissen als die Studierenden ($t(121) = -4,784$; $p < 0,001$; $d = -1,128$). Dieses Ergebnis spricht für einen konstruktvaliden Test.

Einschätzungen zum didaktischen Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie liegen von $N = 52$ Lehrkräften vor. Die Lehrkräfte hatten auf einer vierstufigen Likert-Skala im Durchschnitt ein hohes didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie ($M = 2,91$; $SD = 0,55$; $Min = 1,67$; $Max = 4,00$). Die Studierenden zeigten im Durchschnitt ebenso ein hohes didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie ($M = 2,92$; $SD = 0,66$; $Min = 1,00$; $Max = 4,00$). Die beiden Gruppen unterscheiden sich in einem zweiseitigem t-Test nicht signifikant voneinander ($t(153) = 0,147$; $p = 0,884$; $d = 0,016$).

Insgesamt kann somit die H 1, dass Grundschullehrkräfte über ein höheres fachdidaktisches und fachmethodisches Wissen zur Variablenkontrollstrategie sowie über ein höheres didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie verfügen als die Studierenden, nur für das fachdidaktische Wissen angenommen werden. Für das fachmethodische Wissen sowie für das didaktische Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie wird die Hypothese abgelehnt.

8.3.2. Prozessmerkmale während der Intervention

Die Fragestellungen im Bezug auf die Prozessmerkmale während der Intervention beziehen sich auf Unterschiede zwischen der EG1 (Experimentiergruppe; $N = 37$) und der EG2 (Lesegruppe; $N = 33$), da nur diese beiden Gruppen eine Intervention erhalten haben. Dabei wird betrachtet, wie sich die unterschiedlichen Lernmethoden (EG1 und EG2) auf die kognitiven Lernaktivitäten (ICAP-Modell), die kognitive Belastung (cognitive load) und das situationale Interesse der Studierenden auswirken.

Eine MANOVA über alle drei selbstberichteten kognitiven Lernaktivitäten gemeinsam zeigt, dass sich die beiden Interventionsgruppen EG1 und EG2 in ihren selbstberichteten kognitiven Lernaktivitäten signifikant unterscheiden (Pillai-Spur: $V = 0,324$; $F(3, 66) = 10,53$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,32$). Das bedeutet, dass die Art der Lernmethode einen Effekt darauf hat, welche kognitiven Lernaktivitäten die Studierenden anwenden.

Betrachtet man die selbstberichteten kognitiven Lernaktivitäten des ICAP-Modells getrennt voneinander (siehe Abbildung 31), zeigt sich, dass die Studierenden der Lesegruppe signifikant öfter berichteten, aktive Lernaktivitäten wie z. B. das Unterstreichen verwendet zu haben (Experimentieren: $M = 1,82$; $SD = 0,70$; $Min = 1,00$; $Max = 3,67$; Lesen: $M = 2,72$; $SD = 0,80$; $Min = 1,00$; $Max = 4,00$; $F(1, 68) = 25,35$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,27$). Bei dem Effekt der Lernmethoden auf die aktiven Lernaktivitäten handelt es sich um einen großen Effekt (Doering & Bortz, 2015).

In den Angaben zu den konstruktiven Lernaktivitäten unterscheiden sich beide Gruppen nicht signifikant (Experimentieren: $M = 2,93$; $SD = 0,71$; $Min = 1,67$; $Max = 4,00$; Lesen: $M = 2,77$; $SD = 0,68$; $Min = 1,67$; $Max = 4,00$). Die Studierenden beider Gruppen berichten ähnlich häufig, konstruktive Lernaktivitäten wie z. B. das Erstellen von Hypothesen verwendet zu haben.

In den interaktiven Lernaktivitäten unterscheiden sich die Studierenden beider Gruppen ihren Berichten zufolge ebenfalls nicht signifikant (Experimentieren: $M = 2,08$;

$SD = 0,65$; $Min = 1,00$; $Max = 3,25$; Lesen: $M = 2,22$; $SD = 0,73$; $Min = 1,00$; $Max = 3,25$). Die Studierenden beider Gruppen tauschten sich somit ähnlich häufig mit Kommilitoninnen und Kommilitonen über den Inhalt der Interventionssitzung aus.

Die Lernenden der Lesegruppe berichten, im Mittel am häufigsten aktive und konstruktive Lernaktivitäten angewandt zu haben und interaktive etwas seltener. Die Teilnehmer der Experimentiergruppe wandten nach ihren Selbstberichten am häufigsten konstruktive Lernaktivitäten an, aktive und interaktive verwendeten sie seltener.

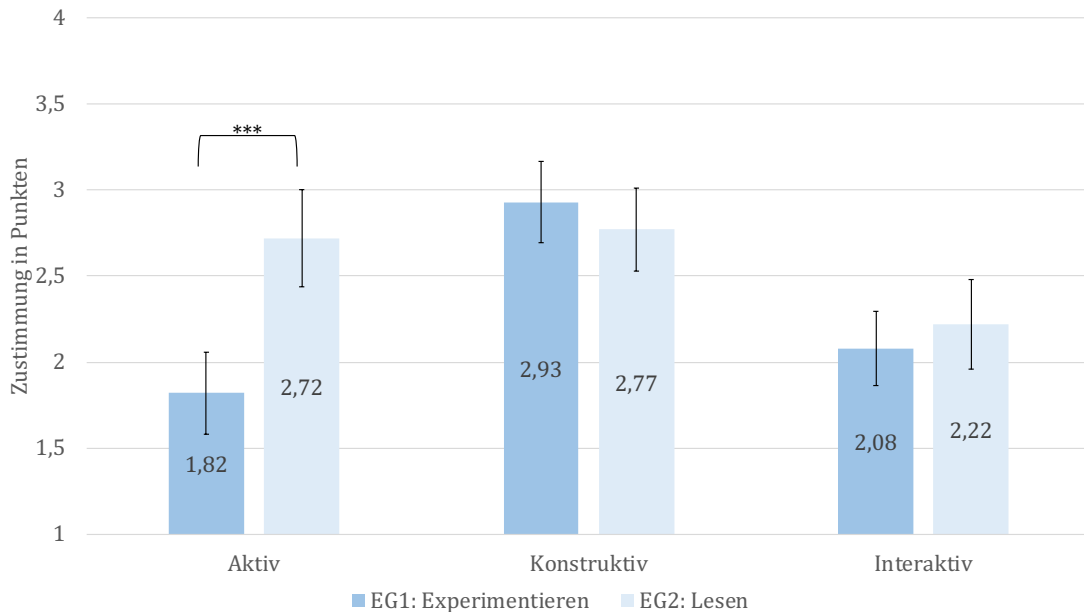


Abbildung 31. Die berichteten Lernaktivitäten der Interventionsgruppen

Im Bezug auf die empfundene kognitive Belastung während der Intervention berichten die Studierenden der Experimentiergruppe von einer stärkeren empfundenen kognitiven Belastung durch die Materialien oder Aktivitäten der Lernsituation (extraneous cognitive load) als die Studierenden der Lesegruppe (siehe Abbildung 32). Die beiden Gruppen unterscheiden sich einem einseitigen gerichteten t-Test zufolge signifikant voneinander (Experimentieren: $M = 3,28$; $SD = 0,84$; $Min = 1,60$; $Max = 4,40$; Lesen: $M = 2,94$; $SD = 0,68$; $Min = 1,80$; $Max = 3,80$; $t(68) = 1,87$; $p = 0,033$; $d = 0,32$). Der Effekt zwischen den beiden Gruppen ist von kleiner Größe (Doering & Bortz, 2015).

Das durchschnittliche situationale Interesse der Experimentiergruppe war nach der ersten Interventionssitzung (MZP2) mit $M = 3,51$ ($SD = 0,42$; $Min = 2,33$; $Max = 4,00$) auf einer Skala von 1 bis 4 im hohen Bereich. Das durchschnittliche situationale Interesse der Lesegruppe lag mit $M = 3,04$ ($SD = 0,52$; $Min = 2,00$; $Max = 4,00$) hingegen im mittleren Bereich. Die Studierenden der Experimentiergruppe (EG1) zeig-

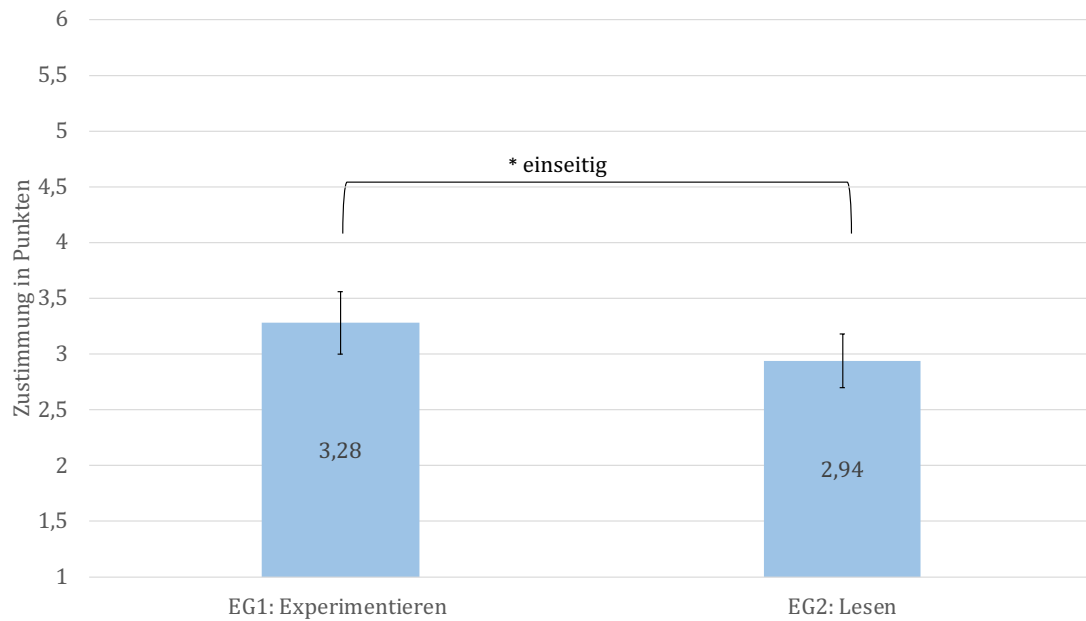


Abbildung 32. Die empfundene kognitive Belastung der Interventionsgruppen

ten nach der ersten Interventionssitzung somit ein signifikant höheres situationales Interesse als die Studierenden der Lesegruppe (EG2). Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen weist eine große Effektstärke auf ($t(68) = 4,2$; $p < 0,001$; $d = 1,00$; siehe Abbildung 33) (Doering & Bortz, 2015).

Zusammenfassend machen die Befunde der Studie 2 deutlich, dass sich die beiden Interventionsgruppen in ihren selbstberichteten aktiven Lernaktivitäten, ihrer kognitiven Belastung und ihrem situationalem Interesse unterscheiden. Die Hypothese, dass Grundschullehramtsstudierende, die experimentiert haben, berichten, mehr konstruktive und interaktive Lernaktivitäten eingesetzt zu haben als Grundschullehramtsstudierende, die einen Text gelesen haben, muss anhand der Daten abgelehnt werden. Die Studierenden beider Gruppen (EG1 und EG2) berichten in etwas gleich häufig, das neue Wissen mit ihrem alten Wissen verbunden zu haben (konstruktiv), Vor- und Nachteile der Variablenkontrollstrategie betrachtet zu haben (konstruktiv) sowie mit Kommilitoninnen und Kommilitonen über die Variablenkontrollstrategie diskutiert zu haben (interaktiv).

Grundschullehramtsstudierende, die experimentiert haben, empfinden eine höhere kognitive Belastung sowie ein höheres situationales Interesse als Grundschullehramtsstudierende, die einen Sachtext gelesen haben. Die Hypothesen 2.2 und 2.3 können anhand der Daten somit angenommen werden.

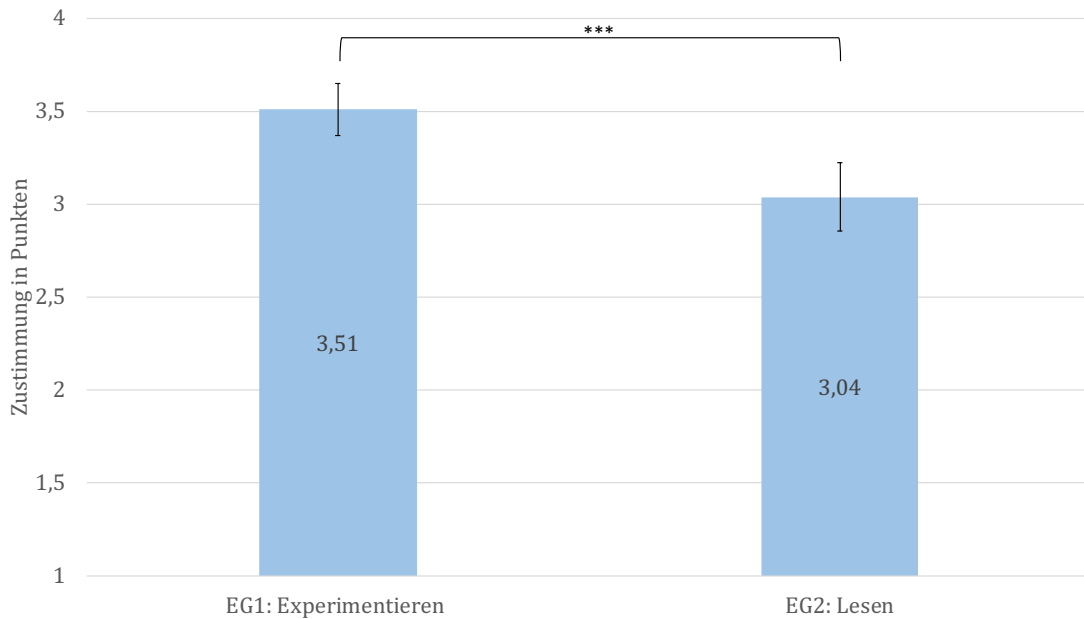


Abbildung 33. Das situationale Interesse der Interventionsgruppen

8.3.3. Ergebnisse der Intervention

Aufbauend auf den Untersuchungen der Prozessmerkmale werden in den Fragestellungen 3.1 und 3.2 die Ergebnisse der Intervention betrachtet. Dabei wird untersucht, ob die Lernmethode einen Einfluss auf das fachmethodische Wissen sowie das didaktische Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie hat. Dazu wird in einem Prä-Post-Design das fachmethodische Wissen sowie das didaktische Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie der drei Gruppen (EG1, EG2 und KG) analysiert.

Die $N = 33$ Studierenden der Lesegruppe hatten zu Beginn der Intervention im Mittel $M = 8,69$ Punkte ($SD = 1,93$; $Min = 4,60$; $Max = 11,80$), die $N = 37$ Studierenden der Experimentiergruppe hatten im Mittel $M = 7,74$ Punkte ($SD = 2,13$; $Min = 2,40$; $Max = 12,00$). Die Studierenden der Kontrollgruppe hatten zu Beginn der Intervention im Mittel $M = 9,31$ Punkte ($SD = 1,85$; $Min = 4,80$; $Max = 12,00$). Tabelle 35 zeigt die Werte aller Studierender vor und nach der Intervention.

Eine ANOVA mit Messwiederholung macht sichtbar, dass es keine statistisch signifikante Interaktion zwischen den Messzeitpunkten im fachmethodischen Wissen und den Gruppen gibt ($F(2, 100) = 1,262$; $p = 0,288$; partielles $\eta^2 = 0,025$). Für den Faktor Messzeitpunkt trat ein signifikanter Haupteffekt auf ($F(1, 100) = 7,007$; $p = 0,009$; partielles $\eta^2 = 0,065$). Das bedeutet, dass die Studierenden, gemittelt über alle Studierende, vom ersten bis zum zweiten Messzeitpunkt signifikant ihr Wissen erhöht haben.

Tabelle 35.

Mittelwerte und Standardabweichungen zum fachmethodischen Wissen und didaktischen Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie vor und nach der Intervention

	FMW MZP1	FMW MZP3	Selbstkon- zept MZP1	Selbstkon- zept MZP4
Experimentiergruppe ($N = 37$)	7,74 (2,13)	8,39 (2,14)	2,76 (0,55)	3,37 (0,50)
Lesegruppe ($N = 33$)	8,69 (1,93)	9,36 (2,33)	2,90 (0,80)	3,42 (0,48)
Kontrollgruppe ($N = 33$)	9,31 (1,85)	9,38 (1,88)	3,13 (0,58)	3,03 (0,47)

Anmerkung. FMW: fachmethodisches Wissen

Ebenso zeigt die ANOVA einen signifikanten Haupteffekt der Gruppe. Die drei Gruppen unterscheiden sich somit signifikant voneinander ($F(2, 100) = 4,571$; $p = 0,013$; partielles $\eta^2 = 0,084$). Gemäß der Bonferroni Post-Hoc-Tests beruht dieser Unterschied auf einem signifikanten Unterschied zwischen der Experimentiergruppe und Kontrollgruppe zum Testzeitpunkt vor der Intervention ($-1,5740$; $p = 0,005$). Nach der Intervention liegt zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied mehr vor.

Die EG1 lernte durch die Intervention im Mittel $M = 0,66$ Punkte ($SD = 1,50$; $Min = -2,20$; $Max = 3,80$) und die EG2 im Mittel $M = 0,67$ Punkte ($SD = 2,24$; $Min = -6,20$; $Max = 5,60$) (siehe Abbildung 34). Die Kontrollgruppe lernte im Mittel $M = 0,067$ Punkte ($SD = 1,53$; $Min = -4,20$; $Max = 3,00$) hinzu.

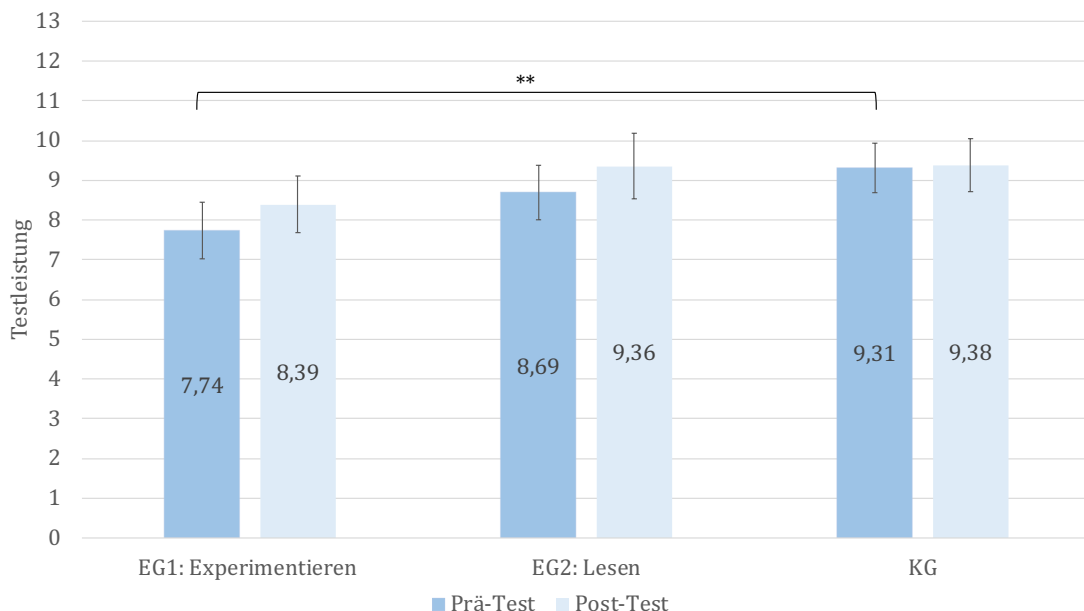


Abbildung 34. Das fachmethodische Wissen der Studierenden vor und nach der Intervention

Zusätzlich zum fachmethodischen Wissen wurde auch das didaktische Selbstkonzept der Studierenden bezüglich der Variablenkontrollstrategie erhoben (siehe Abbildung 35). Tabelle 35 zeigt die Werte der Studierenden (EG1 und EG2) zu den Messzeitpunkten 1 und 4. Die Kontrollgruppe hatte zum Messzeitpunkt 1 $M = 3,13$ ($SD = 0,58$) ein hohes didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie, welches zum Messzeitpunkt 4 geringfügig abnahm ($M = 3,03$; $SD = 0,47$). Eine ANOVA mit Messwiederholung macht deutlich, dass es eine statistisch signifikante Interaktion zwischen den beiden Messzeitpunkten des didaktischen Selbstkonzepts bezüglich der Variablenkontrollstrategie und den Gruppen gibt ($F(2, 100) = 17,326$; $p < 0,001$; partielles $\eta^2 = 0,257$). Gemäß der Bonferroni Post-Hoc-Tests unterscheidet sich die Experimentiergruppe signifikant von der Kontrollgruppe zum Messzeitpunkt nach der Intervention ($0,35313$; $p = 0,009$). Die Kontrollgruppe unterscheidet sich zum Messzeitpunkt nach der Intervention ebenso signifikant von der Lesegruppe ($-0,39394$; $p = 0,004$). Beide Interventionsgruppen verfügen über ein signifikant höheres didaktisches Selbstkonzept gegenüber der Variablenkontrollstrategie. Die Studierenden der Experimentiergruppe (EG1) und die Studierenden der Lesegruppe (EG2) hatten nach der Intervention ein höheres didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie als vor der Intervention (Experimentiergruppe: $t(36) = 6,459$; $p < 0,001$; $d = 1,009$; Lesegruppe: $t(32) = 5,087$; $p < 0,001$; $d = 0,819$).

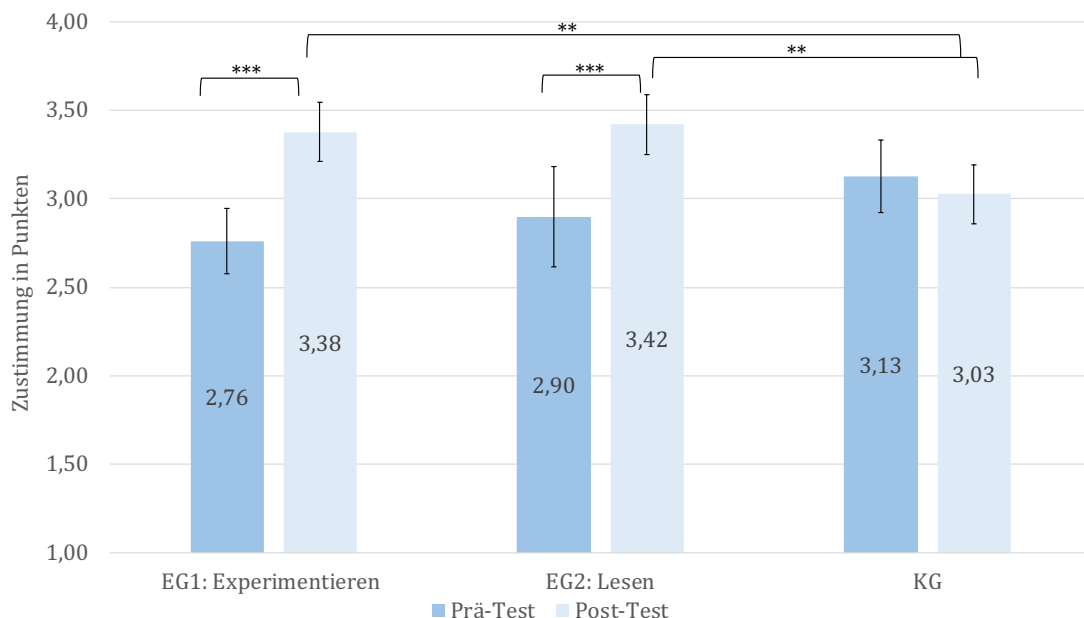


Abbildung 35. Das Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie der Studierenden vor und nach der Intervention

Zusammenfassend heben die Ergebnisse der Studie 2 hervor, dass die Grundschullehramtsstudierenden beider Gruppen ihr fachmethodisches Wissen steigern konnten. Da die beiden Interventionsgruppen (EG1 und EG2) durch die Intervention nicht unterschiedlich viel gelernt haben, wird die Hypothese 3.1 abgelehnt, die davon ausging, dass die Experimentiergruppe mehr fachmethodisches Wissen erlernt als die Lesegruppe. Im Bezug auf das didaktische Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie erreichen beide Interventionsgruppen ein signifikant höheres didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie als die Kontrollgruppe. Da sich die beiden Interventionsgruppen (Experimentieren und Lesen) nach der Intervention nicht unterscheiden, kann die Hypothese 3.2 nur teilweise angenommen werden.

8.3.4. Einfluss des fachmethodischen Wissens auf den Wissenszuwachs im fachdidaktischen Wissen

In Fragestellung 4 wird der Einfluss des fachmethodischen Wissens der Studierenden auf das Erlernen des fachdidaktischen Wissens untersucht.

Betrachtet man den Einfluss des fachmethodischen Wissens nach der ersten Interventionssitzung (MZP3), in der die Studierenden die Variablenkontrollstrategie selbst erlernten, auf das Erlernen des fachdidaktischen Wissens, so zeigt sich, dass es keinen signifikanten Einfluss hat ($r = 0,163$; $p = 0,176$; $N = 70$). Betrachtet man anschließend die Wirkung des fachmethodischen Wissens zu Beginn der ganzen Intervention (MZP1) auf den Wissenszuwachs des fachdidaktischen Wissens der Studierenden während der Intervention, so kann für das fachmethodische Wissen vor der Intervention ebenfalls keinen signifikanten Einfluss auf das Erlernen des fachdidaktischen Wissens festgestellt werden ($r = 0,220$; $p = 0,068$; $N = 70$). Das eigene Wissen der Studierenden über die Variablenkontrollstrategie beeinflusst somit nicht, wie viel sie über die Vermittlung der Variablenkontrollstrategie erlernen.

Aufgeteilt in die zwei Interventionsgruppen (EG1 und EG2) erlernen die Studierenden der Lesegruppe mit einem höheren fachmethodischen Wissen vor der Intervention (MZP 1) signifikant mehr fachdidaktisches Wissen hinzu ($F(1, 31) = 4,414$; $p = 0,044$). Studierende der Lesegruppe, die vor der Intervention einen Punkt mehr im fachmethodischen Wissen haben, erlernen während der Intervention 0,60 Punkte (Regressionskoeffizient B) mehr im fachdidaktischen Wissen. 9,6 Prozent der Streuung des fachdidaktischen Wissens (korrigiertes R-Quadrat) der Lesegruppe wird durch das

fachmethodische Wissen erklärt. Bei den Studierenden der Experimentiergruppe hat das fachmethodische Wissen zu Beginn der Intervention keinen Einfluss auf den Wissenszuwachs des fachdidaktischen Wissens ($F(1, 35) = 0,033$; $p = 0,856$). Die Hypothese 4.1 wird somit abgelehnt.

8.4. Diskussion

Ziel der Studie 2 ist es, das fachmethodische und fachdidaktische Wissen bezüglich der Variablenkontrollstrategie von Grundschullehrkräften und Grundschullehramtsstudierenden zu erfassen sowie das fachmethodische und fachdidaktische Wissen von Grundschullehramtsstudierenden sowie deren didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie mit einer Intervention zu steigern.

In diesem Teilkapitel werden die Ergebnisse aus Abschnitt 8.3 in Bezug auf die in Abschnitt 8.1 formulierten Hypothesen interpretiert und diskutiert. Dazu werden zunächst jeweils die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst und diskutiert. Anschließend werden die Limitationen der Studie 2 berichtet und ein Ausblick gegeben.

8.4.1. Der Vergleich von Grundschullehrkräften und Grundschullehramtsstudierenden

Der Vergleich zwischen den Grundschullehrkräften im Dienst und den Grundschullehramtsstudierenden zeigt, dass die Lehrkräfte über ein signifikant höheres fachdidaktisches Wissen verfügen, wohingegen die Studierenden ein signifikant höheres fachmethodisches Wissen aufweisen. Das didaktische Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie unterscheidet sich zwischen den beiden Gruppen nicht. Der Befund der Studie 2 bezüglich des fachmethodischen Wissens steht im Widerspruch zu den Befunden anderer Studien. In den Studien von Borowski et al. (2011), Kleickmann et al. (2013) und Schmidt (2014) haben erfahrene Lehrkräfte ein höheres Fachwissen als unerfahrene Lehrkräfte beziehungsweise Lehramtsstudierende. Das Fachwissen wurde hier als vertieftes Hintergrundwissen über die Inhalte des Schulstoffes modelliert, wohingegen in der vorliegenden Studie das Fachwissen als fachmethodisches Wissen gemessen wurde. Das Ergebnis der Studie 2 deutet darauf hin, dass Lehramtsstudierende besser überprüfbare Hypothesen bilden, Experimente planen sowie Daten auswerten und interpretieren können. Dieser Effekt könnte durch die Einführung der nationalen Lehrbildungsstandards

im Jahr 2008 und die Einführung der nationalen Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss im Jahr 2006 begründet sein (Kultusministerkonferenz, 2005a, 2019). Seit der Einführung dieser Standards werden die naturwissenschaftlichen Erkenntnismethoden vermutlich vermehrt in der universitären Ausbildung gelehrt, was zu einem höheren fachmethodischen Wissen der Studierenden führen könnte.

Der Befund für das fachdidaktische Wissen bekräftigt die Annahme, dass sich das fachdidaktische Wissen während des Unterrichtens weiter entwickelt (Kleickmann et al., 2013; Schmidt, 2014). Dieser Befund könnte ebenso durch das höhere Interesse der Lehrkräfte an Physik und ihrem höheren didaktischen Selbstkonzept Strom begründet werden. 12 der 21 Items des Tests zum fachdidaktischen Wissen werden dem Themenbereich Strom zugeordnet. Es ist möglich, dass sich die Lehrkräfte schon öfter mit diesem Themenbereich und den typischen Fehlern der Schülerinnen und Schüler in diesem Bereich beschäftigt haben, da sich Lehrkräfte mit einem höheren Interesse und einem höheren Selbstkonzept länger mit schwierigen Situationen und Schülerinnen und Schülern auseinandersetzen (Caprara et al., 2006; Krapp, 2010; Tschannen-Moran et al., 1998).

Im Bereich des didaktischen Selbstkonzepts bezüglich der Variablenkontrollstrategie spricht das Ergebnis eher gegen die Befunde von Pawelzik et al. (2016), die in ihrer Studie zeigten, dass Studierende, die im Praktikum einen Fokus auf Sachunterricht hatten, ein positiveres Selbstkonzept aufweisen. Lehrkräfte, die bereits Sachunterricht unterrichten, sollten demnach aufgrund der längeren Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Themen ein höheres didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie besitzen. Diese Vermutung kann in der vorliegenden Studie nicht bekräftigt werden.

8.4.2. Evaluation einer Interventionsstudie zur Vermittlung der Variablenkontrollstrategie

Die Ergebnisse der Interventionsstudie zeigen, dass die Studierenden in beiden Interventionsgruppen (Experimentieren und Lesen) über die Zeit fachmethodisches Wissen erlernen, sich die beiden Gruppen aber nicht unterscheiden. In ihren selbstberichteten kognitiven Lernaktivitäten unterscheiden sich die beiden Interventionsgruppen (Experimentieren und Lesen) nur in den aktiven Lernaktivitäten signifikant. Hier berichten die Studierenden der Lesegruppe (EG2) häufiger, aktive Lernaktivitäten angewandt zu

haben. Die Studierenden der Experimentiergruppe (EG1) berichten von einer höheren kognitiven Belastung und einem höheren situationalen Interesse als die Studierenden der Lesegruppe (EG2). Beide Gruppen (EG1 und EG2) verfügten nach der Intervention über ein positiveres didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie als die Kontrollgruppe (KG).

Entgegen der Annahme, dass die Studierenden der Experimentiergruppe (EG1) mehr lernen, wird sichtbar, dass alle Studierenden durch die Intervention gleich viel fachmethodisches Wissen erlernen, ohne Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Durch den Vergleich mit einer Kontrollgruppe konnte gezeigt werden, dass die Studierenden der Kontrollgruppe nicht durch den Test lernten. Die Tatsache, dass beide Interventionsgruppen gleich viel lernen, könnte dadurch begründet werden, dass sich beide Gruppen nicht signifikant in der Häufigkeit ihrer konstruktiven und interaktiven Lernaktivitäten unterscheiden (Chi & Wylie, 2014). Die Tatsache, dass nur die Studierenden der Lesegruppe mehr aktive Lernaktivitäten anwenden, entspricht der Annahme von Chi und Wylie (2014), dass Lesen eine aktive Lernaktivität ist. Der Erwartung nach erfordert selbstständiges Experimentieren von den Lernenden, dass sie erst neues Wissen generieren und dann in ihr bereits vorhandenes Wissen integrieren (Wirth et al., 2008). Dieser Vorgang ist nach dem ICAP-Modell von Chi und Wylie (2014) eine konstruktive Lernaktivität. Die Studierenden der Experimentiergruppe berichten zwar, mehr konstruktive Lernaktivitäten angewandt zu haben als die Studierenden der Lesegruppe, der Unterschied zwischen beiden Gruppen ist aber nicht signifikant. Als mögliche Gründe dafür, dass die beiden Gruppen sich unterscheiden, könnten die Materialien der Intervention genannt werden. Die Aufträge für die Lesegruppe fordern die Studierenden auf, wichtige Aspekte des Textes aufzuschreiben, die Informationen des Textes mit ihrem Vorwissen zu verbinden und sich mit Kommilitoninnen und Kommilitonen auszutauschen. Somit werden die Studierenden der Lesegruppe direkt und explizit aufgefordert, sich aktiv, konstruktiv und interaktiv mit dem Text auseinander zu setzen (Chi & Wylie, 2014). Die Studierenden der Experimentiergruppe erhielten Aufträge, sich Experimente zu überlegen, sie durchzuführen und sich über diese mit ihren Kommilitonen auszutauschen. Sie wurden nicht direkt zu aktiven Lernaktivitäten wie z.B zum Unterstreichen oder Zusammenfassen aufgefordert. Alle Studierenden wurden aufgefordert, sich konstruktiv und interaktiv mit dem Inhalt auseinanderzusetzen.

Die Studie von Kaiser et al. (2018) bietet einen weiteren Hinweis, warum sich beide Gruppen in ihrem fachmethodischen Wissen nach der Fortbildung nicht unterscheiden. Kaiser et al. (2018) vermuten, dass der Erfolg der Studierenden, Neues zu generieren und dann in vorhandene Wissensstrukturen einzubauen, entscheidend für den Lernerfolg der Lernenden ist. Falls die Studierenden beim Experimentieren kein neues Wissen generieren oder es nicht erfolgreich in ihre vorhandenen Wissensstrukturen einbauen, lernen sie nicht mehr als die Studierenden, die die Informationen direkt erhalten (Chi & Wylie, 2014; Kaiser et al., 2018). Der Erfolg der Studierenden, neues Wissen in ihr bereits vorhandenes Wissen zu integrieren, wurde in der vorliegenden Studie nicht untersucht. Der Befund der Interventionsstudie bekräftigt den Befund von Schwichow et al. (2016), dass es gleich wirksam ist, ob die Lernenden die Variablenkontrollstrategie mit Hilfe von Performanceaufgaben vermittelt bekommen oder ohne diese.

In Bezug auf die empfundene kognitive Belastung bestätigen die Befunde der vorliegenden Studie die Befunde von Arnold (2015), Kaiser et al. (2018) und Kirschner et al. (2006). Die Lernenden erbringen beim selbstständigen Experimentieren eine weitere metakognitive Anforderung, weshalb ihre empfundene kognitive Belastung höher ist (Wirth et al., 2008). Das Experimentieren als relevante Lernaktivität erhöht den *germane cognitive load*, so dass weniger Kapazität für die Belastung des Lerninhaltes vorhanden ist (Arnold, 2015; Sweller et al., 1998). Die Studierenden der Lesegruppe sollten somit mehr Kapazität für die Belastung durch den Lerninhalt haben. Möglicherweise haben die Studierenden der Lesegruppe die zusätzliche Kapazität nicht genutzt, da sie ein geringeres situationales Interesse an der Lernsituation hatten (Arnold, 2015; Brandt et al., 2008).

Hinsichtlich des situationalen Interesses unterstreichen die Befunde der Studie 2 die Annahme von Brandt et al. (2008), dass Tätigkeiten wie das Experimentieren das Interesse der Lernenden steigern. Bei den Studierenden, die experimentiert haben, könnte sich, ausgelöst durch ihr hohes situationales Interesse, ein individuelles Interesse entwickeln (Lewalter & Willems, 2009). Dieses individuelle Interesse könnte wiederum dazu führen, dass die Lehrkräfte für die Schülerinnen und Schüler vermehrt Lerngelegenheiten im Bereich der Variablenkontrollstrategie anbieten.

Betrachtet man das didaktische Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie der Studierenden nach der Intervention, so wird deutlich, dass die Studierenden der Experimentiergruppe (EG1) sowie die Studierenden der Lesegruppe (EG2) nach

der Intervention ein signifikant höheres didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie besitzen als davor. Die Studierenden der Experimentiergruppe (EG1) unterscheiden sich aber nach der Intervention nicht von den Studierenden der Lesegruppe. Dies widerspricht die Annahme von Peschel (2018) teilweise, die besagt, dass das offene Experimentieren zu einem höheren Selbstkonzept führt. Die Studierenden der beiden Interventionsgruppen (EG1 und EG2) trauen es sich nach der Intervention zu, den Schülerinnen und Schülern die Variablenkontrollstrategie adäquater zu vermitteln als die Studierenden der Kontrollgruppe (KG). Dies bestätigt die Ergebnisse von Pawelzik et al. (2016), dass eine gezielte Förderung in einem naturwissenschaftlichen Bereich (Variablenkontrollstrategie) das Selbstkonzept der Studierenden steigern kann. Da das Selbstkonzept laut Kleickmann (2015) Einfluss darauf hat, welche Lernsituation Lehrkräfte im Sachunterricht anbieten, wäre es denkbar, dass sich die Studierenden der beiden Interventionsgruppen eher zutrauen, anspruchsvolle naturwissenschaftliche Lernsituationen in Bezug auf die Variablenkontrollstrategie anzubieten. Die Ergebnisse zeigen, dass die Art, mit der die Studierenden die Variablenkontrollstrategie erlernen, keinen Einfluss darauf hat, wie sicher sie sich beim Vermitteln der Variablenkontrollstrategie fühlen (EG1 und EG2 unterscheiden sich nicht).

8.4.3. Einfluss des fachmethodischen Wissens auf den Wissenszuwachs im fachdidaktischen Wissen

Die Befunde der vierten Fragestellung zeigen, im Einklang mit den Befunden von Tröbst et al. (2018), keine moderierende Wirkung des fachmethodischen Wissens auf das Erlernen des fachdidaktischen Wissens. Studierende, die über ein hohes fachmethodisches Wissen verfügen, können dies somit nicht nutzen, um mehr fachdidaktisches Wissen zu erlernen. Dies könnte daran liegen, dass die Studierenden der Kontrollgruppe allein durch den fachdidaktischen Wissenstest hinzulernten. Somit ist es allein mittels des Tests möglich, neues Wissen zu erlangen. Ebenso wäre es möglich, dass alle Studierenden genügend fachmethodisches Wissen für die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens besitzen (Baumert et al., 2010; Depaepe et al., 2015) und mehr fachmethodisches Wissen keinen Einfluss auf das Erlernen des fachdidaktischen Wissens hat. Die Studie von Fried und Trefzger (2017) könnte ein weiterer Hinweis sein, warum das fachmethodische Wissen der Studierenden keine moderierende Wirkung auf das Erlernen des fachdidaktischen Wissens hat. Die Items des fachdidaktischen Wissens zur

Variablenkontrollstrategie sind größtenteils Items der Facette *Wissen über Schülerinnen und Schüler sowie deren Kognitionen*. Die Studierenden denken laut Fried und Trefzger (2017) erst beim praktischen Durchführen der Experimente mit den Schülerinnen und Schülern über deren Kognitionen nach. Da die Stichprobe aus Studierenden besteht, ist unklar, wie oft diese bereits die Gelegenheit hatten, mit Schülerinnen und Schülern praktisch zu experimentieren und dadurch fachdidaktisches Wissen über die typischen Kognitionen der Schülerinnen und Schüler aufbauen konnten.

8.4.4. Limitationen

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie müssen unter der Berücksichtigung folgender Limitationen betrachtet werden. Eine Limitation von Studie 2 sind die niedrigen Reliabilitäten der beiden Wissensskalen. Beide Skalen sind für Wissenstests noch vertretbar, aber am unteren Ende (Hossiep et al., 2010). Für den Bereich des fachmethodischen Wissens und fachdidaktischen Wissens wäre es interessant, die Erhebungsinstrumente zu überarbeiten und an einer größeren Stichprobe im Schuldienst zu testen. Ein Kritikpunkt an dieser Studie ist, dass die Tests zum fachmethodischen und des fachdidaktischen Wissen inhaltlich nicht sehr nah beieinander sind. Somit ist eventuell kein fachmethodisches Wissen für das Erlernen von fachdidaktischem Wissen nötig. Dieser Punkt könnte in einer weiteren Studie betrachtet werden. Dabei wäre es sinnvoll, die beiden Tests inhaltlich eng aufeinander abzustimmen und im Bereich des fachdidaktischen Wissens den Schwerpunkt noch deutlicher auf die Variablenkontrollstrategie zu legen. So sollten Aufgaben zur Vermittlung und Instruktion der Variablenkontrollstrategie vorhanden sein (Schwchow et al., 2016) oder eine eigene Facette *Experimentieren unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie* erhoben werden (Riese et al., 2017). Ebenso sollten im Bereich des fachmethodischen Wissens neue Items entwickelt werden, die eine höhere Trennschärfe aufweisen. Zudem lernen die Studierenden der Kontrollgruppe bereits fachdidaktisches Wissen durch den Test. Deswegen kann nicht betrachtet werden, wie die Intervention auf das fachdidaktische Wissen wirkt, da der Wissenszuwachs auch auf einem Testeffekt beruhen könnte. In weiteren Studien könnte mit Ankeritems gearbeitet werden und unterschiedliche Items eingesetzt werden, damit die Studierenden im Prä- und Posttest unterschiedliche Items erhalten.

Die Stichprobe der Lehrkräfte wurde an verschiedenen Standorten in Deutschland erhoben und alle Lehrkräfte nahmen nach der Erhebung an einer freiwilligen naturwis-

senschaftlichen Fortbildung teil. Lehrkräfte, die sich freiwillig mit Naturwissenschaften beschäftigen, sind wahrscheinlich eher eine positive Auswahl und repräsentieren somit nicht den Durchschnitt der Grundschullehrkräfte. Die Grundschullehramtsstudierenden waren alle Studierende einer bayerischen Universität.

Eine Limitation der Interventionsstudie sind die niedrigen Reliabilitäten der Skalen aktive und konstruktive Lernaktivitäten (ICAP-Modell). Trotz der niedrigen Reliabilitäten wurden die beiden Skalen in die Analyse mit aufgenommen, um einen Vergleich zwischen allen drei berichteten Lernaktivitäten vornehmen zu können. Die Ergebnisse der selbstberichteten aktiven und konstruktiven Lernaktivitäten sind unter dieser Einschränkung zu betrachten. Ebenso wurde mit den Testinstrumenten zum ICAP-Modell nicht betrachtet, ob sich die Studierenden bei den interaktiven Lernaktivitäten aufeinander beziehen und etwas Neues beitragen, was nach Chi und Wylie (2014) eine Bedingung für interaktives Lernen ist. Alle Ergebnisse zu den Skalen des ICAP-Modells beruhen auf Selbstberichten der Studierenden. Hier wäre es in einer weiterführenden Studie sinnvoll, die Lernenden während des Prozesses zu videografieren und sie zu bitten, ihre Gedanken auszusprechen.

Eine weitere Limitation der Interventionsstudie ist, dass die Überzeugungen der Studierenden bezüglich des Lehrens und Lernens in den Naturwissenschaften sowie zur Natur der akademischen Disziplin nicht betrachtet wurden. Laut Baumert und Kunter (2006) und Blömeke et al. (2008) haben die Überzeugungen eine hohe Bedeutung für das unterrichtliche Handeln der angehenden Lehrkräfte sowie laut Kleickmann (2008) auch Einfluss auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler. In einer weiteren Studie sollte der Einfluss der Intervention auf die Überzeugungen der Studierenden betrachtet werden.

Hinsichtlich des fachmethodischen Wissens zeigt sich, dass die Studierenden der Kontrollgruppe vor der Intervention ein signifikant höheres fachmethodisches Wissen hatten als die Studierenden der Experimentiergruppe (EG1). Diese Einschränkung könnte darauf beruhen, dass die Studierenden der Kontrollgruppe Studierende einer anderen Universität waren und auch Studierende der Schulpsychologie beteiligt waren. Studierende der Schulpsychologie erlernen während des Psychologiestudiums mehrmals den Aufbau valider Experimente. In einer weiteren Studie sollten Studierende der selben Universität und mit ähnlichen Fächerkombinationen befragt werden.

Hinsichtlich der Intervention stellt sich die Frage, ob das Material für die beiden Interventionsgruppen geeignet war. Die Studierenden beider Gruppen erhielten eine Intervention, welche sich an den inhaltlichen Merkmalen guter Lehrerinnen- und Lehrerfortbildungen orientierte. Die Intervention hatte den fachlichen Fokus der Variablenkontrollstrategie, beide Gruppen erhielten Möglichkeiten des aktiven Lernens, der Reflexion und *hard scaffolds*, um ihre kognitive Belastung zu reduzieren (Arnold, 2015; Desimone, 2009; Möller et al., 2006).

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die Interventionssitzungen geeignet waren, den Studierenden die Variablenkontrollstrategie zu vermitteln. Die Zeit der Intervention war mit 180 Minuten zu kurz, um große Veränderungen zu erwarten (Yoon et al., 2007). Hinsichtlich des Themenbereichs (Lebensraum der Kellerassel) stellt sich die Frage, ob dieser für die Studierenden motivierend war. Laut Engemann et al. (2016) eignen sich besonders biologische Inhalte, um wissenschaftliche Kompetenzen zu vermitteln. Abschließend lässt sich auch feststellen, dass bei der Evaluation nur Veränderungen im kognitiven und motivationalen Bereich betrachtet wurden. Veränderungen im Handeln der Lehrkräfte und auf Seiten der Schülerinnen und Schüler sollten in zukünftigen Studien mit betrachtet werden (Lipowsky & Rzejak, 2012).

8.4.5. Zusammenfassung und Ausblick

Insgesamt kann festgestellt werden, dass Grundschullehramtsstudierende und Lehrkräfte über ein solides fachmethodisches Wissen bezüglich der Variablenkontrollstrategie und ein eher geringes fachdidaktisches Wissen verfügen. Das didaktische Selbstkonzept gegenüber der Variablenkontrollstrategie liegt bei beiden Gruppen im mittleren Bereich. Die Intervention ist geeignet, das fachmethodische Wissen der Lernenden bezüglich der Variablenkontrollstrategie zu steigern. Sowohl die Studierenden der Experimentiergruppe (EG1) als auch die Studierenden der Lesegruppe (EG2) verfügten nach der Intervention über ein signifikant positiveres didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie. Beide Lernmethoden erwiesen sich somit als geeignet, die Variablenkontrollstrategie zu vermitteln. Die Lernmethode *Experimentieren mit Selbstreflexionsprompts* hat keinen Vorteil gegenüber der Lernmethode *Lesen mit Selbstreflexionsprompts*, da das didaktische Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie in beiden Gruppe signifikant durch die Intervention steigt. Der

Lehrbuchtext bietet im Gegensatz zum praktischen Experimentieren eine effiziente Möglichkeit, den Studierenden die Variablenkontrollstrategie zu vermitteln.

Aufbauend auf der vorliegenden Studie könnte in weiteren Studien betrachtet werden, welche kognitiven Lernaktivitäten die Studierenden während des Lernens anwenden. Dabei könnten - wie bereits beschrieben - Videoaufnahmen unterstützen. In einem weiteren Schritt könnten die fortgebildeten Lehrkräfte vor und nach der Fortbildung beim Unterrichten von Experimentiersituationen videografiert werden und der Einfluss ihres Wissens und Handelns auf die Schülerinnen und Schüler betrachtet werden. Im Bereich der Ausbildung und Weiterbildung wäre es wünschenswert, wenn das fachmethodische und fachdidaktische Wissen bezüglich der Variablenkontrollstrategie der (angehenden) Lehrkräfte explizit gefördert wird. Hier bietet die vorliegende Arbeit mit einem lehrbuchartigen Text eine effiziente Möglichkeit für die Lehrenden.

9. Studie 3: Das didaktische Potential von Schulbüchern bezüglich der Variablenkontrollstrategie

In Kapitel 4 dargestellte Studien zeigen, dass Grundschullehrkräfte meist kein naturwissenschaftliches Fach studiert haben und über ein eher niedriges naturwissenschaftliches Wissen verfügen (Peschel, 2007; Lange, 2010). Schülerinnen und Schüler haben ebenso wie angehende Lehrkräfte Probleme beim selbstständigen Planen von unkonfundierten Experimenten unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie (Hammann et al., 2008; Hilfert-Rüppell et al., 2013). Unterrichtsmaterialien sowie Fortbildungen bieten Unterstützungsmöglichkeiten für die Lehrkräfte (Kleickmann et al., 2016). Schulbücher fungieren nicht nur als Lernhilfe für die Schülerinnen und Schüler, sondern unterstützen auch die Lehrkräfte bei der Unterrichtsplanung und -vorbereitung (Beerenwinkel & Parchmann, 2010). In Abschnitt 5.2 werden allgemeine Erwartungen an *gute* Schulbücher beschrieben. In Bezug auf die Variablenkontrollstrategie können diese Erwartungen genauer differenziert werden. Hinsichtlich des nötigen fachmethodischen Wissens der Lehrkräfte wird in einem *guten* Schulbuch der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess dargestellt sowie die Variablenkontrollstrategie erläutert. In Bezug auf das nötige fachdidaktische Wissen finden sich auf Ebene der Lehrkräfte Hinweise zum sinnvollen didaktischen Einsatz von Experimenten sowie zur Vermittlung der Variablenkontrollstrategie (z. B. Unterteilen von Experimentieraufgaben, die mehrere Variablen enthalten; Einsatz von kognitiven Konflikten; Einsatz von Demonstrationsexperimenten) (Lazonder & Kamp, 2012; Schwichow et al., 2016). Die kognitiven Herausforderungen für die Schülerinnen und Schüler beim eigenständigen Experimentieren werden dargestellt (z. B. Erzeugen von neuem Wissen) und Möglichkeiten werden aufgezeigt, wie man die Schülerinnen und Schüler z. B. mit Prompts unterstützen kann (siehe Abschnitt 3.3) (Kaiser et al., 2018; Wirth et al., 2008). Ebenso wird auf typische Schülerinnen- und Schülerfehler während des Experimentierens eingegangen (siehe Abschnitt 3.4). Somit erhalten *gute* Schulbücher Hinweise auf geeignete Instruktions- und Vermittlungsstrate-

gien sowie Hinweise über typische Schülerinnen- und Schülerfehler und -vorstellungen (Beerenwinkel et al., 2007).

Auf Ebene der Schülerinnen und Schüler wird in den allgemeinen Teilen der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess erläutert. Die Schülerinnen und Schüler erhalten Hinweise dazu, dass in einem Experiment verschiedene Variablen vorhanden sind und diese geändert oder gemessen werden (Variablenkontrollstrategie). Ebenso wird in den einzelnen Experimenten auf die relevanten Variablen in allen drei Phasen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung eingegangen. Zusätzlich dazu enthalten *gute* Schulbücher Aufgaben, die bei den Schülerinnen und Schülern kognitive Konflikte bezüglich des experimentellen Designs auslösen können (Schwchow et al., 2016) sowie Hinweise zu den typischen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler (Beerenwinkel et al., 2007).

9.1. Fragestellungen

Ausgehend von der beschriebenen Literatur zur Variablenkontrollstrategie werden in dieser Studie die in Bayern zugelassenen Schulbücher mit den zugehörigen Handreichungen für die Lehrkräfte des Faches *Heimat- und Sachunterricht* für die dritte und vierte Jahrgangsstufe analysiert. Dabei wird betrachtet, ob und wie die Variablenkontrollstrategie in den Schulbüchern explizit angeleitet beziehungsweise genutzt wird, um Experimente systematisch zu planen.

- F 1 Enthalten die Schulbücher und die Handreichungen für die Lehrkräfte allgemeine Hinweise zur systematischen Variation von Variablen?
- F 2 Wie wird die systematische Variation von Variablen in den Experimenten der Schulbücher angewandt?

9.2. Methode

Das folgende Teilkapitel beschreibt neben der Analytestichprobe die Kriterien, die zur Analyse herangezogen wurden, sowie die Verfahren der Kodierung und der Auswertung.

9.2.1. Analysestichprobe

Für die erste Fragestellung wurden alle in Bayern zugelassenen Lehrwerke im Fach *Heimat- und Sachunterricht* der dritten und vierten Klasse (siehe Tabelle 36) betrachtet. Ein Lehrwerk besteht aus einem Schulbuch und der dazugehörigen Handreichung für die Lehrkräfte. Für die Jahrgangsstufen drei und vier sind in Bayern jeweils fünf Lehrwerke zugelassen. Da ein Lehrwerk ein kombiniertes Lehrwerk für die dritte und vierte Klasse ist, besteht die Analysestichprobe aus neun Schulbüchern und neun Handreichungen für die Lehrkräfte.

Tabelle 36.

Die analysierten Lehrwerke

Name	Jahrgangsstufe	Quelle
Das Auer Heimat- und Sachbuch 3	3	Höhn et al. (2015a)
Das Auer Heimat- und Sachbuch 4	4	Höhn et al. (2016a)
Mobile 3	3	Deckelmann et al. (2015)
Mobile 4	4	Dreher et al. (2015)
Kleeblatt 3	3	Blaufelder et al. (2015a)
Kleeblatt 4	4	Blaufelder et al. (2015b)
Erlebnisswelt 3/4	3/4	Egger et al. (2015)
Piri Heimat- und Sachunterricht 3	3	Höhn et al. (2015b)
Piri Heimat- und Sachunterricht 4	4	Höhn et al. (2016b)

Die Schulbücher setzen sich alle aus zwei Teilen zusammen. In jedem Schulbuch gibt es eine *Methodenwerkstatt*. Innerhalb dieser *Methodenwerkstatt* erhalten Schülerinnen und Schüler Tipps wie sie z. B. ein Lernplakat gestalten, ein Interview führen oder einen Versuch durchführen. Die Inhalte der *Methodenwerkstatt* unterscheiden sich zwischen den Büchern. Den zweiten Teil der Bücher bilden die einzelnen Themenbereiche. Pro Schulbuch sind zwischen 7 und 17 verschiedene Themenbereiche (z. B. *Rund ums Wasser*, *Demokratie und Gesellschaft* oder *Zusammenleben*) enthalten. Innerhalb der Themenbereiche gibt es Informationstexte, Abbildungen, Diagramme, Aufgaben und Versuche für die Kinder.

Die Handreichungen für die Lehrkräfte beinhalten allgemeine Hinweise zum Unterrichten von Heimat- und Sachunterricht, praktische Hinweise zu jeder Schulbuchseite, Lernstandskontrollen und Kopiervorlagen. Innerhalb der Schulbücher und der Handrei-

chungen für die Lehrkräfte dienten die allgemeinen Teile, d. h. in den Schulbüchern die *Methodenwerkstatt* und die kompletten Handreichungen, als Grundlage der Analyse für die erste Fragestellung.

Für die Analyse der zweiten Fragestellung wurden innerhalb der neun Schulbücher die einzelnen Versuche ausgewertet. Insgesamt sind in den neun Schulbüchern $N = 190$ Versuche enthalten. Als Versuch wurden alle Aufträge in den naturwissenschaftlich-technischen Themenbereichen gewertet, in denen die Kinder aktiv handeln mussten. Innerhalb dieser Versuche wurden alle Experimente ausgewählt. Als Experiment wurden alle Einheiten gewertet, zu deren Lösung eine Variation nötig ist. Alle Schulbücher wurden von zwei unabhängigen Kodiererinnen analysiert und die kategorisierbaren Experimente ausgewählt. Die $N = 72$ Experimente dienen als Analytestichprobe für die zweite Fragestellung. $N = 26$ Experimente befinden sich in Schulbüchern der dritten Klasse, $N = 28$ Experimente in Schulbüchern der vierten Klasse und $N = 18$ Experimente in dem kombinierten Schulbuch für die dritte und vierte Klasse.

9.2.2. Analysekriterien

Die Variablenkontrollstrategie ist wie unter Abschnitt 2.2.3 beschrieben in allen drei Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges von Bedeutung (Klahr & Dunbar, 1988; Schwichow & Härtig, 2013).

Für die erste Fragestellung wurde jeweils für das Schulbuch und für die Handreichung der Lehrkräfte betrachtet, ob allgemeine Hinweise zum Experimentieren enthalten sind (ja/nein). *Ja* wurde bei der Analyse des Schulbuches gewählt, wenn in der *Methodenwerkstatt* eine Beschreibung des Ablaufs des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses vorhanden ist. Ist ein solcher Bereich vorhanden, wurde betrachtet, ob es Hinweise auf die Variablenkontrollstrategie gibt (ja/nein; falls ja: angeregt/genannt). *Ja* und *angeregt* wurde gewählt, wenn innerhalb der Beschreibung zum Experimentieren gezeigt wurde, dass unterschiedliche Ausprägungen einer Variable zu Veränderungen bei einer anderen Variable führen können. Dabei wird nicht explizit thematisiert, dass zwei verschiedene Ausprägungen einer Variable vorhanden sein müssen und die restlichen Variablen konstant gehalten werden. *Ja* und *genannt* wurde gewählt, wenn explizit auf die Variablen eingegangen wird.

Die einzelnen Experimente wurden anhand der im Folgenden dargestellten Kategorien bewertet (siehe Tabelle 37). Diese Kategorien beschreiben zusammengefasst

das didaktische Potential der Bücher in Bezug auf die Variablenkontrollstrategie und wurden selbst entwickelt. Als Experiment werden alle Einheiten gewertet, zu deren Lösung eine Variation nötig ist. Der Einsatz der Variablenkontrollstrategie wird für jedes der $N = 72$ Experimente in den drei zentralen Teilkompetenzen des Erkenntnisweges betrachtet. Die Abstufungen *nicht vorhanden/angeregt/genannt* wurden gewählt, um auch implizite Hinweise zu erheben. Die Abstufung *genannt* wird ausgewählt, wenn die Variablen/Hypothesen/Satzmuster direkt genannt werden. Falls Hinweise vorhanden sind, über die Variablen/Hypothesen/Satzmuster nachzudenken, wird *angeregt* gewählt. Im Folgenden werden die jeweiligen Kategorien für die drei Phasen beschrieben (siehe Tabelle 37).

Entwickeln von naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Hypothesen: Überprüfbare Hypothesen mit einem kausalen Schluss sind Hypothesen, die mit einem Zusammenhang formuliert werden (z. B. Je..., desto.. ; Wenn..., dann..) (siehe Tabelle 37). Bei jedem Experiment wird betrachtet, ob eine überprüfbare Hypothese mit einem kausalen Schluss vorhanden ist (nicht vorhanden/angeregt/genannt). Die Ausprägung *genannt* wird gewählt, wenn eine überprüfbare Hypothese explizit in einem Experiment genannt wird. Falls die Schülerinnen und Schüler in einem Experiment aufgefordert werden, zu vermuten was passiert, wenn sich etwas verändert, dann wird *angeregt* kodiert. Wenn die Schülerinnen und Schüler lediglich zum Vermuten angeregt werden, wird *nicht vorhanden* gewählt, da der Fokus nicht auf einer überprüfbaren Hypothese mit kausalem Schluss liegt.

Planen und Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen: Erfasst wird bei jedem Experiment,

- ob die Experimentbeschreibung Informationen darüber enthält, was die unabhängige Variable ist und wie sie verändert wird (nicht vorhanden/angeregt/genannt).
- ob die abhängige Variable genannt wird (nicht vorhanden/angeregt/genannt).
- ob auf die Kontrollvariablen eingegangen wird (nicht vorhanden/angeregt/genannt).

Die Ausprägung *genannt* wird z. B. gewählt, wenn die beiden Bedingungen der unabhängigen Variable vorgegeben werden oder explizit auf Kontrollvariablen eingegangen wird (siehe Tabelle 37). Werden den Schülerinnen und Schülern Hinweise

gegeben, dass sie Bedingungen verändern können, wird die Ausprägung *angeregt* gewählt. Wenn kein Hinweis auf eine Variation vorhanden ist, wird *nicht vorhanden* kodiert.

Auswerten und Interpretieren von Daten: Für jedes Experiment wird bei dieser Teilkompetenz geprüft, ob beim Auswerten Satzmuster für kausale Formulierungen (z. B. *Je.., desto..* ; *Wenn.., dann..*) vorhanden sind (nicht vorhanden/angeregt/genannt) (siehe Tabelle 37). Die Ausprägung *genannt* wird kodiert, wenn die Schülerinnen und Schüler Satzformulierungen wie *Je.., desto..* zum Auswerten erhalten.

9.2.3. Intercoderübereinstimmung und Auswertungsmethoden

Die Inhaltsanalyse ist ein hoch inferentes Verfahren, deshalb wurden circa 60 Prozent der Experimente von zwei Personen kodiert. Zur Bewertung der Konsistenz zwischen den Kodiererinnen wird zuerst die prozentuale Übereinstimmung betrachtet. In den fünf Kategorien stimmten die beiden Kodiererinnen im Mittel in $M = 92,00$ Prozent der Fälle überein ($Min = 85,37$ %; $Max = 100$ %). Zusätzlich wurden für die Interrater-Reliabilität Cohen's Kappa Werte berechnet. Die Werte pro Kategorie lagen für fast alle Kategorien zwischen $\kappa = 0,64$ und $\kappa = 1,00$ ($M = 0,80$). Das ist laut Doering und Bortz (2015) eine gute Übereinstimmung. Eine Ausnahme ist der Cohen's Kappa Wert für die Kategorie *Kontrollvariable* ($\kappa = 0,00$). Diese Kategorie ist in 95,80 Prozent der Experimente nicht vorhanden, die Wahrscheinlichkeit der zufälligen Übereinstimmung bei den 41 doppelt-kodierten Versuchen liegt bei 97,00 Prozent. Die tatsächliche Übereinstimmung bei den 41 beobachteten Fällen beträgt ebenso 97,00 Prozent. Das geringe Auftreten reduziert den Cohen's Kappa Wert auf null (Wirtz & Caspar, 2002).

Die notierten Urteile der Kodiererinnen wurden in einen SPSS-Datensatz übertragen und mit Hilfe von SPSS analysiert. Für die Ergebnisse über alle Experimente werden die deskriptiven Statistiken für jede Ausprägung pro Kategorie berechnet. Der Vergleich zwischen den Schulbüchern der dritten und vierten Jahrgangsstufe wird ohne das kombinierte Schulbuch für die dritte und vierte Klasse durchgeführt, da in diesem Schulbuch nicht deutlich wird, welche Inhalte in der dritten und welche in der vierten Jahrgangsstufe behandelt werden. Zusätzlich zu den prozentualen Häufigkeiten pro Ausprägung wird für jede Kategorie mittels Mann-Whitney-U-Tests untersucht, ob sich die zentralen Tendenzen pro Ausprägung zwischen den beiden unabhängigen Stichproben (Schulbücher für die dritte Klasse und Schulbücher für die vierte Klasse) unterscheiden. Dabei werden die Messwerte mit Rängen versehen und den beiden Gruppen zugeordnet.

Tabelle 37.
Kategorien der Analyse der einzelnen Experimente

Kategorie	Erklärung	Ausprägung	Beispiel
überprüfbare Hypothese	Hypothesen, die einen Zusammenhang enthalten (z.B. Je.,desto.; Wenn..., dann..).	2 = Überprüfbare Hypothese genannt	Wenn Strom fließt, dann leuchtet das Lämpchen.
		1 = Überprüfbare Hypothese angeregt	Was vermutest du, das passiert, wenn du das Glas über das Teelicht stülpst?
		0 = Überprüfbare Hypothese nicht vorhanden	Vermute.
unabhängige Variable	Faktor, der variiert wird.	2 = Variation der UV wird genannt	Was ändert sich, wenn du auf zwei Eiswürfel unterschiedlich viel Salz streust?
		1 = Variation der UV wird angeregt	Samme an verschiedenen Stellen im Wald Bodenproben.
		0 = Variation der UV ist nicht vorhanden	Was benötigt eine Eichel zum Keimen?
abhängige Variable	Faktor, der gemessen wird.	2 = AV wird genannt	Überprüft, ob die Stoffe brennbar sind oder nicht.
		1 = AV wird angeregt	Vergleiche die Beobachtungen bei den beiden Bedingungen.
		0 = AV nicht vorhanden	Schreibt eure Beobachtungen auf.

Kategorie	Erklärung	Ausprägung	Beispiel
Kontrollvariable	Faktor, der einen störenden Einfluss haben kann und kontrolliert wird.	2 = KV wird genannt	Nimmt zwei gleich große Gläser, füllt gleich viel Wasser rein und stellt eins in die Sonne und das andere in den Schatten. Alles andere sollte gleich sein.
		1 = KV wird angeregt	Was benötigt ihr noch, damit der Vergleich fair ist?
		0 = KV nicht vorhanden	Was verändert sich auf zwei Eiswürfeln, wenn du unterschiedlich viel Salz auf sie streust?
Auswerten	Satzmuster, um einen kausalen Zusammenhang zu erkennen.	2 = Satzmuster werden genannt	Wenn Stoffe Strom , dann leuchtet das Lämpchen.
		1 = Satzmuster wird angeregt	Welche Bedingungen müssen erfüllt sein, damit ein Feuer brennt?
		0 = Satzmuster ist nicht vorhanden	Welche Erklärung hast du für deine Beobachtung?

Anschließend werden für beide Gruppen Rangsummen gebildet. Die Teststatistik U wird mit der größeren der beiden Rangsummen berechnet. Da die Stichprobe größer als $N = 30$ ist, wird die asymptotische Signifikanz berichtet.

Abschließend werden für jede der Kategorien die Vergleiche zwischen den Schulbüchern erläutert. Pro Schulbuch wurden Mittelwerte für alle Ausprägungen der Kategorien berechnet und diese deskriptiv verglichen.

9.3. Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt wird zuerst betrachtet, ob in den allgemeinen Bereichen (d. h. in der *Methodenwerkstatt* und den Handreichungen für die Lehrkräfte) der analysierten Lehrwerke Hinweise zur systematischen Variation vorhanden sind (Fragestellung 1). Anschließend werden die Ergebnisse der Analyse der Experimente dargestellt (Fragestellung 2).

9.3.1. Hinweise zur Variablenkontrollstrategie in den allgemeinen Teilen

In diesem Abschnitt wird betrachtet, ob die Schulbücher und Handreichungen im allgemeinen Teil Hinweise zum Experimentieren sowie zur Variablenkontrollstrategie enthalten. In 77,77 Prozent ($N = 7$) der Schulbücher sind für die Schülerinnen und Schüler wie auch für die Lehrkräfte allgemeine Hinweise zum Experimentieren enthalten (siehe Tabelle 38). Zwei Lehrwerke enthalten weder in den Schulbüchern noch in den Handreichungen für die Lehrkräfte Hinweise zum Experimentieren. Nur in einer Handreichung für die Lehrkräfte sind zusätzlich nochmals Hinweise zum Experimentieren vorhanden (siehe Tabelle 38). Die $N = 7$ Schulbücher mit Hinweisen zum Experimentieren stellen jeweils den Ablauf des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges dar. Den Schülerinnen und Schülern wird aufgezeigt, dass am Beginn eine Fragestellung steht, sie dann vermuten sollen, anschließend der Versuch durchgeführt wird und sie dabei genau beobachten müssen. Am Ende sollen die Schülerinnen und Schüler das Ergebnis festhalten und mit der Vermutung vergleichen.

Innerhalb dieser $N = 7$ Schulbücher wird in vier Schulbüchern der Umgang mit Variablen *angeregt* (siehe Tabelle 38). In diesen Schulbüchern wird in der Darstellung des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges darauf eingegangen, dass die Form eines

Gegenstandes Einfluss darauf haben kann, ob der Gegenstand schwimmt. Somit wird verdeutlicht, dass durch eine Veränderung zwei unterschiedliche Bedingungen vorhanden sind (unabhängige Variable) und diese Veränderung Auswirkungen auf Eigenschaften des Gegenstands haben kann (abhängige Variable). Im nächsten Schritt der Darstellung wird ein Zusammenhang zwischen der Beobachtung (abhängige Variable) und der Form (unabhängige Variable) formuliert.

Tabelle 38.

Hinweise zur Variablenkontrollstrategie in den Lehrwerken

Lehrwerk	Hinweise zum Experimentieren		Hinweise auf die Variablenkontrollstrategie	
	im Schulbuch	in der Handreichung	im Schulbuch	in der Handreichung
Das Auer Heimat- und Sachbuch 3	X	O	angeregt	O
Das Auer Heimat- und Sachbuch 4	X	O	angeregt	O
Mobile 3	X	O	O	O
Mobile 4	X	O	O	O
Kleeblatt 3	O	O	O	O
Kleeblatt 4	O	O	O	O
Erlebnisswelt 3/4	X	X	O	O
Piri Heimat- und Sachunterricht 3	X	O	angeregt	O
Piri Heimat- und Sachunterricht 4	X	O	angeregt	O

Anmerkung. X = vorhanden, O = nicht vorhanden

Zusammengefasst wird in $N = 7$ Schulbüchern auf das Experimentieren eingegangen und in $N = 4$ Schulbüchern zusätzlich die Verwendung der Variablenkontrollstrategie angeregt.

9.3.2. Nutzung der Variablenkontrollstrategie in den beschriebenen Experimenten

Die Analyse der Experimente orientiert sich an den Kategorien, die als *didaktisches Potential* in Bezug auf die Variablenkontrollstrategie unter Abschnitt 9.2.2 dargestellt wurden. Zu jeder Kategorie werden zunächst die Ergebnisse auf Experimentebene über

alle neun Schulbücher ($N = 72$) berichtet. Nachfolgend werden die Schulbücher der dritten und vierten Klasse im Vergleich betrachtet. Abschließend werden die Ergebnisse über alle Kategorien hinweg auf Schulbuchebene ($N = 9$) berichtet.

Überprüfbare Hypothesen: In der Kategorie *überprüfbare Hypothesen* wurde betrachtet, ob die einzelnen Experimente überprüfbare Hypothesen enthalten. Überprüfbare Hypothesen sind Hypothesen, die mit einem Zusammenhang formuliert werden (z. B. Je..., desto...; Wenn..., dann..).

In 2,80 Prozent ($N = 2$) der $N = 72$ Experimente wird eine überprüfbare Hypothese genannt, die im Anschluss untersucht wird (siehe Abbildung 36). In 16,70 Prozent der Fälle ($N = 12$) werden die Schülerinnen und Schüler angeregt, eine überprüfbare Hypothese aufzustellen. Die restlichen $N = 58$ Experimente (80,60 %) enthalten keine Hinweise auf eine überprüfbare Hypothese (siehe Abbildung 36).

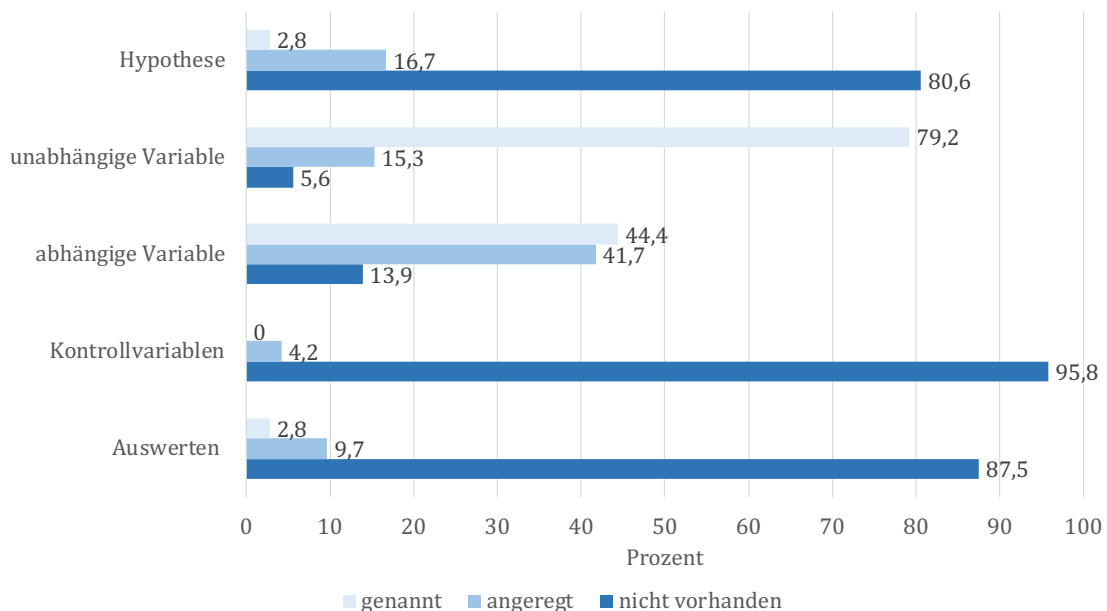


Abbildung 36. Didaktisches Potential der Experimente in Bezug auf die Variablenkontrollstrategie

Das Experiment *Feuer und Rauch* in dem Schulbuch von Egger et al. (2015) ist ein gutes Beispiel für das Anregen einer überprüfbaren Hypothese. Zu Beginn sollen die Schülerinnen und Schüler einen Pappbecher über ein Teelicht halten und beobachten, was geschieht. Anschließend erhalten sie folgenden Auftrag: „Fülle den zweiten Pappbecher zur Hälfte mit Wasser. Was wird geschehen, wenn du ihn über die Flamme hältst?“ (Egger et al., 2015, S. 98). Die Schülerinnen und Schüler können auf diese Frage z. B. folgendes antworten: „Wenn ich den Pappbecher mit Wasser über

die Flamme halte, raucht er nicht“. Die Hypothese überprüfen die Schülerinnen und Schüler anschließend und können dann im Vergleich mit dem ersten Versuch erkennen, dass die Variation der unabhängigen Variable (mit Wasser/ohne Wasser) Einfluss auf die abhängige Variable (Rauchentwicklung) hat.

Im Vergleich der Dritt- und Viertklassbücher zeigt sich, dass in 21,40 Prozent ($N = 6$) der Experimente in den Schulbüchern der vierten Klasse überprüfbare Hypothesen angeregt werden (siehe Tabelle 39). In den Schulbüchern der dritten Klasse werden diese in 7,70 Prozent ($N = 2$) der Experimente angeregt. Somit werden die Schülerinnen und Schüler in den Experimenten der Schulbücher für die vierte Jahrgangsstufe öfter angeregt, überprüfbare Hypothesen zu formulieren (siehe Tabelle 39). Die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen sind nicht signifikant, zeigen aber eine Richtung zu Gunsten der Schulbücher für die vierte Jahrgangsstufe.

Unabhängige Variable: In der Kategorie *Unabhängige Variable* wurden die Experimente hinsichtlich der Variation der unabhängigen Variable untersucht. In jedem Experiment wurde analysiert, ob die Variation der unabhängigen Variable *genannt*, *angeregt* oder *nicht vorhanden* ist.

Betrachtet über alle $N = 72$ Experimente hinweg, wird die unabhängige Variable in 79,20 Prozent der Fälle ($N = 57$) genannt (siehe Abbildung 36). In 15,30 Prozent ($N = 11$) der Fälle wird die Verwendung der unabhängigen Variable angeregt. Es wird nur in 5,60 Prozent ($N = 4$) der Fälle nicht auf die unabhängige Variable eingegangen. Unter diesen vier Experimenten ist beispielsweise ein Experiment enthalten, in dem die Schülerinnen und Schüler eine offene Forschungsfrage erhalten (z. B. „Wie kannst du eine Eichel oder eine Kastanie zum Keimen bringen? Probiere es aus und dokumentiere deine Keimungsversuche.“ (Höhn et al., 2015a, S. 18)) und diese selbstständig beantworten sollen.

Das Experiment *Untersuchungen des Waldbodens* ist gut geeignet, die Kategorie *unabhängige Variable* zu veranschaulichen, da es in mehreren Schulbüchern vorhanden ist. Die Schülerinnen und Schüler untersuchen bei diesem Experiment die Temperatur von schattigen und sonnigen Stellen im Wald.

In Egger et al. (2015) erhalten die Schülerinnen und Schüler folgenden Auftrag: „Sucht im Wald eine schattige und eine sonnige Stelle. Grenzt dort jeweils mit zwei Meterstäben ein Quadrat ab. Messt innerhalb der beiden Quadrate die Temperatur und schreibt sie auf. (...) Vergleicht eure Ergebnisse.“ (Egger et al., 2015, S. 37). Hier wird

im Bezug auf die Kategorie *unabhängige Variable* die Ausprägung *genannt* gewählt, da die Variation der unabhängigen Variable genannt wird.

In Blaufelder et al. (2015a) erhalten die Schülerinnen und Schüler folgenden Auftrag: „Lege deine Hand auf verschiedene Stellen des Waldbodens. Wie fühlt er sich an? (kalt/warm/feucht/trocken/hart/weich)“ (Blaufelder et al., 2015a, S. 52). Hier wird im Bezug auf die Kategorie *unabhängige Variable* die Ausprägung *angeregt* gewählt, da die Schülerinnen und Schüler verschiedene Stellen benutzen sollen, diese aber nicht näher erläutert werden.

Tabelle 39.

Vergleich zwischen den Schulbüchern für die dritte und vierte Jahrgangsstufe

Variable		Gesamt % (N = 72)	3. Klasse % (N = 26)	4. Klasse % (N = 28)	3 vs. 4
überprüfbare Hypothese	nicht vorhanden	80,60	84,60	78,60	$U = 342$ $p = 0,571$
	angeregt	16,70	7,70	21,40	$U = 314$ $p = 0,160$
	genannt	2,80	7,70	0	$U = 336$ $p = 0,138$
unabhängige Variable	nicht vorhanden	5,60	7,70	3,60	$U = 349$ $p = 0,513$
	angeregt	15,30	26,90	10,70	$U = 305$ $p = 0,129$
	genannt	79,20	65,40	85,70	$U = 290^t$ $p = 0,084$
abhängige Variable	nicht vorhanden	13,90	15,40	17,90	$U = 355$ $p = 0,809$
	angeregt	41,70	42,30	35,70	$U = 340$ $p = 0,368$
	genannt	44,40	42,30	46,40	$U = 349$ $p = 0,763$
Auswerten	nicht vorhanden	87,50	69,20	100	$U = 252^{**}$ $p = 0,002$
	angeregt	9,70	23,10	0	$U = 280^{**}$ $p = 0,008$
	genannt	2,80	7,70	0	$U = 336$ $p = 0,138$

Anmerkung. ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; ^t $p < 0,1$

Beim Vergleich zwischen den Schulbüchern der dritten und vierten Klasse zeigt sich, dass in der vierten Klasse in 85,70 Prozent der Fälle ($N = 24$) die unabhängige Variable genannt wird und in der dritten Klasse in 65,40 Prozent ($N = 17$) (siehe Tabelle 39). Ebenso zeigt sich, dass in den Experimenten der Schulbücher für die dritte Jahrgangsstufe die Verwendung der unabhängigen Variable öfter angeregt wird, während sie in den Experimenten der Schulbücher für die vierte Jahrgangsstufe öfter genannt wird (siehe Tabelle 39). Diese Ergebnisse sind nicht signifikant, zeigen aber eine Tendenz auf.

Abhängige Variable: Für die Kategorie *abhängige Variable* wurde bei allen Experimenten untersucht, ob den Schülerinnen und Schülern gesagt wird, welchen Faktor sie betrachten müssen.

Die abhängige Variable wird in 44,40 Prozent ($N = 32$) der $N = 72$ Experimente genannt und in 41,70 Prozent ($N = 30$) angeregt (siehe Abbildung 36). Folglich wird in fast allen Experimenten direkt oder indirekt auf die abhängige Variable hingewiesen.

Bezogen auf das Experiment *Untersuchungen des Waldbodens* wird in manchen Lehrwerken angegeben, dass die Proben hinsichtlich ihrer Farbe oder des Anteils an Pflanzenteil verglichen werden sollen. In diesem Fall wird die Kategorie *genannt* kodiert. Wenn die Schülerinnen und Schüler den Hinweis erhalten, sie sollen die beiden Bodenproben anhand verschiedener Faktoren überprüfen, wird *angeregt* kodiert.

Im Vergleich zwischen den Schulbüchern für die dritte und vierte Klasse wird deutlich, dass die abhängige Variable in den Experimenten der Schulbücher beider Jahrgangsstufen ähnlich häufig genannt wird (3. Klasse: 42,30 %; 4. Klasse: 46,40 %) (siehe Tabelle 39). In den Experimenten der Schulbücher der vierten Klasse wird die abhängige Variable in weiteren 35,70 Prozent ($N = 10$) der $N = 28$ Experimente angeregt und in 17,90 Prozent ($N = 5$) wird nicht auf sie eingegangen.

Kontrollvariable: In der Kategorie *Kontrollvariable* wurde überprüft, ob es in den einzelnen Experimenten Hinweise auf die Kontrolle von anderen Variablen außer der unabhängigen und abhängigen Variable gibt.

In keinem der $N = 72$ Experimente werden Kontrollvariablen genannt (siehe Abbildung 36). Nur in 4,20 Prozent ($N = 3$) der Fälle wird die Verwendung von Kontrollvariablen angeregt. Im Großteil der Experimente (95,80 %; $N = 69$) werden Kontrollvariablen in keiner Weise thematisiert. Aufgrund dieser geringen Anzahl werden keine weiteren Analysen berichtet.

Auswerten: Die Kategorie *Auswerten* wurde bei jedem Experiment betrachtet, indem untersucht wurde, ob Satzmuster zum Auswerten von kausalen Zusammenhängen (z. B. Wenn..., dann...) vorhanden sind.

Satzmuster zum Auswerten von kausalen Zusammenhängen sind in 2,8 Prozent ($N = 2$) der $N = 72$ Experimente genannt (siehe Abbildung 36). In 9,70 Prozent ($N = 7$) der Fälle wird die Verwendung von Formulierungen, die kausale Schlussfolgerungen unterstützen, angeregt. Im Großteil (87,50 %; $N = 63$) der $N = 72$ Experimente werden keine Hinweise oder Formulierungen für das Auswerten von kausalen Zusammenhängen angeboten.

Im Vergleich der Experimente für die dritte vs. vierte Jahrgangsstufe zeigt sich, dass in den $N = 26$ Experimenten für die dritte Jahrgangsstufe in 23,10 Prozent ($N = 6$) der Versuche Satzmuster angeregt und in 7,70 Prozent ($N = 2$) genannt werden (siehe Tabelle 39). In der vierten Klasse werden in 100 Prozent der $N = 28$ Experimente keine Satzmuster angeregt oder genannt. Der Unterschied zwischen den Schulbüchern der dritten vs. der vierten Jahrgangsstufe ist signifikant.

Auf Schulbbuchebene zeigt sich, dass die Schulbücher unterschiedlich viele Experimente enthalten (siehe Tabelle 40). So gibt es Bücher für eine Jahrgangsstufe, die nur $N = 3$ Experimente enthalten, und Bücher für eine Jahrgangsstufe, die $N = 12$ Experimente enthalten. In keinem der Schulbücher werden überprüfbare Hypothesen in über 50 Prozent der Experimente pro Buch angeregt noch genannt. In $N = 7$ Schulbüchern wird die unabhängige Variable in fast allen Experimenten genannt ($M = 88,17$ % der Experimente pro Schulbuch, $Min = 75$ %, $Max = 100$ %). In $N = 2$ Schulbüchern wird die unabhängige Variable nie genannt, ihre Verwendung wird in 66,70 Prozent der Experimente angeregt (siehe Tabelle 40). Die abhängige Variable wird in $N = 5$ Schulbüchern in mindestens der Hälfte der Experimente genannt. In allen Schulbüchern ($N = 9$) werden Kontrollvariablen oder Satzmuster zum Auswerten fast nie genannt oder angeregt. Lediglich in $N = 3$ Schulbüchern wird der Umgang mit Kontrollvariablen zumindest einmal angeregt. In $N = 5$ Schulbüchern wird das Verwenden von Satzmustern mindestens einmal entweder angeregt ($N = 3$) und/oder genannt ($N = 2$).

Im Bezug auf die Vielfalt der Experimente wird sichtbar, dass das Schulbuch *Erlebniswelt 3/4* bei fast allen Kategorien (Hypothese, UV, AV, KV, Auswerten) Experimente mit den drei Ausprägungen (nicht vorhanden/angeregt/genannt) enthält.

Tabelle 40.
Analysen auf Schulbuchebeine

		Auer 3	Auer 4	Mobile 3	Mobile 4	Kleeblatt 3	Kleeblatt 4	Erlebniswelt 3/4	Piri 3	Piri 4
	Anzahl Seiten	91	94	112	130	108	120	174	91	94
	Anzahl naturwissen- schaftl.-techn. Seiten	40	26	58	37	43	30	64	40	26
	Anzahl Versuche	9	15	29	21	32	16	44	9	15
	Anzahl Experimente	3	4	10	12	10	8	18	3	4
Hypothese	nicht vorhanden	67 %	75 %	80 %	92 %	100 %	63 %	78 %	67 %	75 %
	angeregt	0 %	25 %	20 %	8 %	0 %	37 %	22 %	0 %	25 %
	genannt	33 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	33 %	0 %
UV	nicht vorhanden	33 %	0 %	0 %	8 %	0 %	0 %	6 %	33 %	0 %
	angeregt	67 %	0 %	10 %	8 %	20 %	25 %	6 %	67 %	0 %
	genannt	0 %	100 %	90 %	84 %	80 %	75 %	89 %	0 %	100 %
AV	nicht vorhanden	33 %	25 %	10 %	8 %	10 %	25 %	6 %	33 %	25 %
	angeregt	67 %	25 %	40 %	58 %	30 %	13 %	50 %	67 %	25 %
	genannt	0 %	50 %	50 %	34 %	60 %	63 %	44 %	0 %	50 %
KV	nicht vorhanden	100 %	100 %	90 %	92 %	100 %	100 %	94 %	100 %	100 %
	angeregt	0 %	0 %	10 %	8 %	0 %	0 %	6 %	0 %	0 %
	genannt	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Auswerten	nicht vorhanden	67 %	100 %	80 %	100 %	60 %	100 %	94 %	67 %	100 %
	angeregt	0 %	0 %	20 %	0 %	40 %	0 %	6 %	0 %	0 %
	genannt	33 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	33 %	0 %

Im Gegensatz dazu enthalten die Schulbücher *Auer 3*, *Auer 4*, *Kleeblatt 3*, *Kleeblatt 4*, *Piri 3* und *Piri 4* weniger Experimente mit verschiedenen Ausprägungen (nicht vorhanden/angeregt/genannt) in den Kategorien (Hypothese, UV, AV, KV, Auswerten).

Insgesamt lässt sich sagen, dass in den $N = 72$ Experimenten am häufigsten die unabhängige Variable genannt wird. Die abhängige Variable wird in fast allen Fällen entweder genannt oder angeregt (87 %). In fast keinem Experiment werden hingegen Kontrollvariablen thematisiert und Satzmuster zum Auswerten von kausalen Zusammenhängen gegeben. Im Vergleich der Schulbücher für die dritte und vierte Jahrgangsstufe zeigt sich, dass in den Schulbüchern der vierten Jahrgangsstufe vermehrt überprüfbare Hypothesen angeregt werden. In den Schulbüchern für die Schülerinnen und Schüler der dritten Jahrgangsstufe wird die Verwendung von Satzmustern für die Auswertung signifikant öfter angeregt als in den Schulbüchern für die vierte Jahrgangsstufe. Für die unabhängige Variable zeigt sich, dass sie in den Schulbüchern für die dritte Jahrgangsstufe öfter angeregt und in den Schulbüchern für die vierte Jahrgangsstufe öfter genannt wird.

9.4. Diskussion

Ziel der Studie 3 ist es, die Verwendung der Variablenkontrollstrategie in Schulbüchern zu betrachten. In diesem Teilkapitel werden die Ergebnisse aus Abschnitt 9.3 in Bezug auf die in Abschnitt 9.1 formulierten Fragestellungen interpretiert und diskutiert. Dazu werden jeweils die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst und diskutiert. Anschließend werden die Limitationen der Studie 3 berichtet und ein Ausblick gegeben.

9.4.1. Hinweise zur Variablenkontrollstrategie in den allgemeinen Teilen

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse zur Analyse der allgemeinen Teile der Lehrwerke kurz zusammengefasst und anschließend diskutiert.

Auf der Ebene der Schulbücher wird in sieben Schulbüchern auf das Experimentieren eingegangen und in vier Schulbüchern zusätzlich die Verwendung der Variablenkontrollstrategie angeregt. In den Handreichungen für die Lehrkräfte wird nur in einer Handreichung auf das Experimentieren eingegangen. Die Befunde der Studie 3

zeigen, dass in den Handreichungen und Schulbüchern kaum allgemeine Hinweise zum Umgang mit Variablen und der Variablenkontrollstrategie gegeben werden. Die Befunde stützen die Ergebnisse von Emereole (2009), dass nur ein Fünftel der Lehrkräfte eine Definition der Variablenkontrollstrategie geben konnte. Die Handreichungen für die Lehrkräfte schöpfen ihr Potential für die Weiterbildung der Lehrkräfte in Bezug auf die Variablenkontrollstrategie nicht aus, obwohl sie für die Unterrichtsplanung oft eingesetzt werden (Beerenwinkel et al., 2007; Daus et al., 2004).

Fast alle Schulbücher enthalten allgemeine Hinweise zum Experimentieren anhand des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges. Diese Hinweise können ein Beginn sein, das Experimentieren zu fördern. Ohne weitere Erklärungen besteht bei unsicheren Lehrkräften aber die Gefahr, dass sich die praktizistische Überzeugung der Lehrkräfte im Grundschulbereich weiter verstärkt, da bei den allgemeinen Hinweisen das *handelnde Tun* der Schülerinnen und Schüler im Fokus steht (Dunker, 2016; Hartinger et al., 2006). So zeigten Möller et al. (2006), dass sich bei Lehrkräften, die sich Fortbildungsinhalte im Selbststudium aneigneten, die praktizistischen Vorstellungen verstärken. Um allen Lehrkräften die Variablenkontrollstrategie gezielt näher zu bringen, sollten die Schulbücher den Lehrkräften das nötige fachmethodische und fachdidaktische Wissen vermitteln. Aus diesem Grund wären Hinweise zu geeigneten Instruktions- und Vermittlungsstrategien (Schwichow et al., 2016) ebenso sinnvoll wie Hinweise zu den typischen Vorstellungen und Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler (Arnold et al., 2014; Hammann et al., 2008; Hammann & Mayer, 2012).

Auch auf der Seite der Schülerinnen und Schüler bildet der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg die Grundlage für das systematische Experimentieren. Naturwissenschaftlich ausgebildete Lehrkräfte können diesen passend und zielgruppengerecht einsetzen, sodass die Schülerinnen und Schüler nicht nach einem Ablauf experimentieren, was meist zu einem Lernen auf einem niedrigen kognitiven Niveau führt (Lipowsky, 2002). Naturwissenschaftlich unsichere Lehrkräfte benötigen dafür noch mehr Unterstützung durch das Schulbuch oder die Handreichungen für die Lehrkräfte.

Insgesamt enthalten weder die Handreichungen noch die Schulbücher Hinweise darauf, wie Lehrkräfte die Variablenkontrollstrategie vermitteln können oder was die typischen Vorstellungen und Schwierigkeiten der Kinder beim Experimentieren sind. Dieser Befund unterstreicht die Forderung von Beerenwinkel et al. (2007), die typischen Vorstellungen und Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler verstärkt in Schulbücher zu integrieren.

9.4.2. Nutzung der Variablenkontrollstrategie in den beschriebenen Experimenten

In diesem Abschnitt wird diskutiert, wie die systematische Variation von Variablen in den Experimenten der Schulbücher angewandt wird. Dabei werden zuerst die Ergebnisse über alle Experimente hinweg diskutiert sowie anschließend ein Vergleich zwischen den Jahrgangsstufen erläutert.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die unabhängige Variable und die abhängige Variable in beinahe allen Experimenten genannt oder angeregt werden. Kontrollvariablen und Satzmuster zum Auswerten von kausalen Zusammenhängen werden in fast keinem Experiment thematisiert. Überprüfbare Hypothesen werden ebenso in fast keinem Experiment genannt oder angeregt. Da die Schulbücher die Lernenden nicht anregen, überprüfbare Hypothesen zu formulieren, wäre es möglich, dass die Schülerinnen und Schüler häufig ohne Hypothesen experimentieren. Dieser Befund bestärkt die Hinweise von Hilfert-Rüppell et al. (2013), die zeigen, dass Lernende oft ohne Hypothese experimentieren. Ebenso unterstreicht der Befund der vorliegenden Studie das Ergebnis von Kizil und Kattmann (2014), die in den Biologieschulbüchern für das Gymnasium in Niedersachsen keine direkten Aufforderungen an die Schülerinnen und Schüler fanden, Hypothesen aufzustellen. Dass überprüfbare Hypothesen weder in Schulbüchern für die Grundschule noch in Schulbüchern für das Gymnasium genannt oder angeregt werden, ist für das Lernen der Schülerinnen und Schüler problematisch, da laut Yip (2001) auch Naturwissenschaftslehrkräfte häufig ein mangelndes Verständnis über die Rolle der Hypothesen im Erkenntnisprozess besitzen. Falls den Lehrkräften dieses Verständnis fehlt, benötigen sie Unterstützung durch die Schulbücher, um den Schülerinnen und Schülern ein adäquates Verständnis vermitteln zu können. Diese Unterstützung können die Schulbücher nicht leisten.

Im Bezug auf die drei unterschiedlichen Variablen bei der Variablenkontrollstrategie heben die Befunde dieser Studie die Bedeutung der Kontrollvariablen hervor. Kontrollvariablen werden in fast keinem Experiment der Schulbücher thematisiert. Dieser Befund steht im Einklang mit den Befunden von Bullock und Ziegler (1999) und Arnold et al. (2014). Beide Studien zeigen, dass Kontrollvariablen bei der Planung von Experimenten meistens nicht beachtet werden und nur ein Viertel der Schülerinnen und Schüler im Alter von 16 bis 19 Jahren Kontrollvariablen beim Planen von Experimenten beachten (Arnold et al., 2014). Mittels entsprechend gestalteter Schulbücher

wäre es möglich, den Schülerinnen und Schülern den Umgang mit Kontrollvariablen bereits in der Grundschule näher zu bringen. Dazu sollten Kontrollvariablen häufiger in Experimenten genannt und angeregt werden. Unabhängige sowie abhängige Variable werden hingegen in fast allen Experimenten genannt oder angeregt. Die Ergebnisse der Studie machen sichtbar, dass in den Schulbüchern das *basic* Experiment (Variation der unabhängigen Variable, Messen der abhängigen Variable, Kontrollvariablen werden nicht beachtet) gefördert wird. Dies könnte daran liegen, dass die betrachteten Schulbücher Schulbücher für die Grundschule sind. Laut Edelsbrunner (2017) und Sodian und Mayer (2013) können aber bereits Grundschul Kinder die Variablenkontrollstrategie sowie den Umgang mit Kontrollvariablen erlernen.

Germann und Aram (1996) berichten in ihrer Studie, dass Lernende Probleme haben, sich beim Auswerten der Experimente auf ihre Hypothesen zu beziehen. Die Ergebnisse dieser Studie unterstützen diesen Befund, da die Lernenden in den Schulbüchern sehr selten Satzmuster zum Auswerten von kausalen Schlüssen erhalten. Das Entwickeln von Hypothesen und das Auswerten von kausalen Schlüssen wird durch die Bücher wenig gefördert. Dies entspricht dem Ergebnis von Dunker (2016), dass das *handelnde Tun* der Schülerinnen und Schüler im Mittelpunkt steht.

Im Vergleich der Schulbücher für die dritte und vierte Jahrgangsstufe wird sichtbar, dass die Schulbücher der vierten Jahrgangsstufe die Schülerinnen und Schüler vermehrt zum Formulieren von überprüfbaren Hypothesen anregen. In den Experimenten der Schulbücher der dritten Jahrgangsstufe werden die Schülerinnen und Schüler tendenziell öfter dazu angeregt, sich die unabhängige Variable in einem Experiment zu überlegen. In den Experimenten der Schulbücher für die vierte Jahrgangsstufe wird die unabhängige Variable den Schülerinnen und Schülern tendenziell öfter vorgegeben. Dieser Effekt ist überraschend, da die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler bezüglich der Variablenkontrollstrategie in der dritten Klasse niedriger sind als in der vierten Klasse (Edelsbrunner, 2017; Sodian & Mayer, 2013). Somit wäre zu erwarten, dass die Schulbücher für die dritten Klassen die unabhängige Variable öfter nennen als die Schulbücher der vierten Jahrgangsstufe. In der vierten Jahrgangsstufe könnte dann die unabhängige Variable in mehreren Experimenten nur angeregt werden. So würden die Schülerinnen und Schüler Schritt für Schritt an den Umgang mit Variablen herangeführt, ohne sie zu überfordern. Ein weiterer Befund dieser Studie ist, dass in den Schulbüchern für die Schülerinnen und Schüler der dritten Jahrgangsstufe die Verwendung von

Satzmustern für die Auswertung signifikant öfter angeregt wird als in den Schulbüchern für die vierte Jahrgangsstufe. Die Schulbücher für die vierte Jahrgangsstufe enthalten keine Satzmuster für das Auswerten von kausalen Schlüssen.

Auf Schulbuchebebene zeigt sich, dass manche Schulbücher eine große Vielfalt aufweisen (z. B. Erlebniswelt 3/4). Diese Schulbücher enthalten Experimente, in denen die fünf Kategorien mal genannt, angeregt oder nicht vorhanden sind. Diese Vielfalt ermöglicht naturwissenschaftlich-sicheren Lehrkräfte Experimente einzusetzen, in denen die Schülerinnen und Schüler selbst Variablen nennen und verändern müssen. Die Schülerinnen und Schüler werden damit zu höheren Denkprozessen angeregt, da sie neues Wissen generieren müssen (Wirth et al., 2008; Kaiser et al., 2018). Ebenso geben Experimente, in denen Kategorien genannt werden, eher naturwissenschaftlich unsicheren Lehrkräften sowie Schülerinnen und Schülern Sicherheit. Anhand dieser Experimente können die Schülerinnen und Schüler den Umgang mit Variablen lernen sowie die Unterscheidung zwischen konfundierten und unkonfundierten Experimenten erlernen. Dies erfordert nach Taylor und Dana (2003) eine geringere Fähigkeit als das eigene Planen. Schulbücher, die eine große Vielfalt aufweisen, bieten somit gute Möglichkeiten für alle Lehrkräfte, den Schülerinnen und Schülern die Variablenkontrollstrategie näher zu bringen.

9.4.3. Limitationen

Eine Limitation der Studie 3 ist die Beschränkung der kodierten Bereiche auf Experimente. Durch diese Beschränkung wurde bereits eine Vorauswahl getroffen. Die Schülerinnen und Schüler könnten auch an Versuchen, zu deren Lösung keine Variation nötig ist, den Umgang mit Variablen lernen. Zusätzlich wurden nur die Schulbücher der dritten und vierten Jahrgangsstufen in einem Bundesland kodiert. In einer folgenden Studie könnten für jedes Bundesland exemplarisch Schulbücher von der ersten bis zur vierten Klasse betrachtet werden, um zu überprüfen, wie die Variablenkontrollstrategie in der Grundschule vermittelt wird. Ebenso ist unklar, wie und wie oft die Lehrkräfte die Bücher in ihrem Schulalltag einsetzen und welche weiteren Materialien die Lehrkräfte verwenden. Die Ergebnisse von Daus et al. (2004) und Beerenwinkel et al. (2007) deuten zwar darauf hin, dass Schulbücher insgesamt oft für die Unterrichtsplanung eingesetzt werden, beziehen sich aber nicht auf den Grundschulbereich.

9.4.4. Zusammenfassung und Ausblick

Ingesamt lässt sich feststellen, dass die Schulbücher und Handreichungen für die Lehrkräfte ihr didaktisches Potential hinsichtlich der Variablenkontrollstrategie – ähnlich wie in der Studie von Lankes et al. (2011) beschrieben – nicht ausschöpfen. Die Schulbücher sind gut dazu geeignet, den Schülerinnen und Schülern den Umgang mit der unabhängigen und abhängigen Variable beizubringen. Sie sind weniger gut geeignet, den Schülerinnen und Schülern das Formulieren von überprüfbaren Hypothesen näher zu bringen oder den Umgang mit Kontrollvariablen zu üben. Für die Weiterentwicklung der Schulbücher wäre zu wünschen, dass die Handreichungen für die Lehrkräfte Hinweise zu den typischen Schülerinnen- und Schülerfehlern und -vorstellungen beim Experimentieren enthalten sowie effektive Methoden zum Vermitteln der Variablenkontrollstrategie nennen. In den Schulbüchern könnte die Variablenkontrollstrategie den Schülerinnen und Schülern anhand eines Beispiels näher gebracht werden sowie der Umgang mit Kontrollvariablen thematisiert werden. In den einzelnen Experimenten sollte das Formulieren von überprüfbaren Hypothesen sowie das Auswerten und Interpretieren von Experimenten mehr Raum bekommen. In einer weiteren Studie könnten Ideen zur Weiterentwicklung der Schulbücher geplant und anschließend in der Praxis getestet werden.

10. Gesamtdiskussion

In der vorliegenden Arbeit wird der Einsatz der Variablenkontrollstrategie im Kontext der Grundschule aus drei Perspektiven betrachtet. Dazu wurden drei Studien durchgeführt, im Rahmen derer einmal die Schülerinnen und Schüler, einmal die Lehrkräfte und einmal die Schulbücher der Untersuchungsgegenstand waren. Das Ziel dabei ist, verschiedene Einflussfaktoren auf den Unterricht zu betrachten und ein möglichst differenziertes Bild über die Variablenkontrollstrategie in der Grundschule zu erhalten. Zu diesem Zweck wurden quantitative und qualitative Forschungsmethoden kombiniert.

Im ersten Abschnitt dieses zusammenfassenden Kapitels werden die zentralen Befunde der drei Studien übergreifend diskutiert. Im Anschluss daran werden Limitationen des ganzen Untersuchungsdesigns dargestellt, ein Ausblick auf weitere Forschungsfragen gegeben und Schlussfolgerungen für die pädagogische Praxis erläutert. Abschließend wird ein Fazit aus den drei Studien gezogen.

10.1. Übergreifende Diskussion der zentralen Befunde

Die Befunde der Studien heben hervor, dass Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte in der Grundschule Wissen über die Variablenkontrollstrategie besitzen. Sie unterstreichen somit die Annahme von Buchanan und Sobel (2011) und Koerber et al. (2015), dass wissenschaftliches Denken vor der Phase der formalen Operationen möglich ist und widersprechen der Annahme von Piaget und Inhelder (1958). Schülerinnen und Schüler der dritten und vierten Klassen verfügen bereits über ein ausgeprägtes implizites und beginnendes explizites Wissen bezüglich der Variablenkontrollstrategie ohne eine gezielte Förderung bezüglich der Variablenkontrollstrategie. (Angehende) Lehrkräfte besitzen ebenso ein solides Wissen sowie mittleres didaktisches Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie, welche mit Hilfe von Interventionen noch gesteigert werden können. In Schulbüchern wird solches Wissen selten aufgegriffen und gerade der Umgang mit Kontrollvariablen kaum thematisiert. Die Befunde der Schulbuchanalyse unterstreichen im Bereich der Variablenkontrollstrategie den Bericht von Beerenwinkel

(2006) zum Umgang mit Schülerinnen- und Schülervorstellungen sowie den Bericht von Lankes et al. (2011) zum Einsatz von Experimenten, dass Schulbücher ihr didaktisches Potential nicht ausschöpfen.

Über die Studien hinweg wird deutlich, dass besonders das Entwickeln von naturwissenschaftlichen Hypothesen sowie das Unterscheiden zwischen überprüfbar und nicht überprüfbar Hypothesen für die Schülerinnen und Schüler schwierig ist. Studie 1 macht sichtbar, dass die Schülerinnen und Schüler Probleme haben, naturwissenschaftliche Hypothesen zu entwickeln und überprüfbar Hypothesen auszuwählen. Diese Befunde unterstreichen das Ergebnis von Hilfert-Rüppell et al. (2013). Die Autorinnen und Autoren zeigen, dass auch Studierende noch häufig ohne Hypothesen experimentieren (Hilfert-Rüppell et al., 2013). Die Analyse der Schulbücher für die Grundschule hebt hervor, dass auch diese kaum Aufforderungen an die Schülerinnen und Schüler enthalten, überprüfbar Hypothesen zu formulieren. Kizil und Kattmann (2014) finden in den Schulbüchern für Gymnasien in Niedersachsen ebenso kaum Aufforderungen an die Schülerinnen und Schüler, überprüfbar Hypothesen zu formulieren. Die Befunde der vorliegenden Studien im Bereich der Grundschule und die Befunde der Literatur im Bereich der Sekundarstufe beziehungsweise der Studierenden legen nahe, dass das Entwickeln von naturwissenschaftlichen Hypothesen sowie das Unterscheiden zwischen überprüfbar und nicht überprüfbar Hypothesen für Lernende aller Altersgruppen schwierig ist und Schulbücher aller Altersstufen das Entwickeln von naturwissenschaftlichen Hypothesen selten fordern. Da laut Yip (2001) auch Lehrkräfte kein angemessenes Verständnis bezüglich Hypothesen besitzen, sollten diese in Schulbüchern und Interventionen gesondert betrachtet werden.

Dass der Umgang mit Kontrollvariablen den Schülerinnen und Schülern wie auch den Lehrkräften Schwierigkeiten bereitet, machen Studie 1 und Studie 2 deutlich. So wird durch die Begründungen der Kinder in Studie 1 sichtbar, dass Schülerinnen und Schüler Probleme haben, ihre Entscheidungen mit Variablen zu begründen. Die Analyse der Itemschwierigkeiten in Studie 2 hebt hervor, dass der Umgang mit Kontrollvariablen auch den angehenden Lehrkräften schwer fällt. Durch die Analyse der Schulbücher wird sichtbar, dass Kontrollvariablen in den Schulbüchern für die dritte und vierte Jahrgangsstufe keine Rolle spielen. Die Befunde decken sich mit denen von Arnold et al. (2014) sowie Hilfert-Rüppell et al. (2013), die in ihren Studien deutlich machen, dass Schülerinnen und Schüler der Oberstufe sowie Studierende selten Kontrollvariablen

beachten. Mit Hilfe der Ergebnisse dieser Studien konnte der Befund von Hilfert-Rüppell et al. (2013) für Studierende repliziert sowie für Grundschul Kinder belegt werden.

Die Befragungen der Schülerinnen und Schüler (Studie 1) sowie der Studierenden (Studie 2) zeigen, dass beide Gruppen bei Aufgaben Schwierigkeiten haben, in denen Schlüsse aus konfundierten Experimenten gezogen werden sollen. In beiden Studien weisen diese Items hohe Itemschwierigkeiten auf oder wurden wegen zu niedriger Trennschärfe ausgeschlossen. Die in den vorliegenden Studien untersuchten Lernenden (Schülerinnen und Schüler wie auch Studierende) treffen häufig Aussagen über die Ursache von Wirkungen, die anhand der dargestellten Experimente nicht möglich sind. Sie haben in beiden Altersgruppen Probleme damit, anzuerkennen, dass aus dem dargestellten Experiment keine Schlussfolgerung gezogen werden kann. Diese Befunde ergänzen die Befunde von De Jong und Van Joolingen (1998), die zeigen, dass Lernende häufig Aussagen über die Ursache von Wirkungen treffen, die anhand der gewonnenen Daten nicht möglich sind. Durch den Umgang mit konfundierten Experimenten kann den Lernenden deutlich gemacht werden, dass das Design eines Experiments genau geprüft werden muss, um kausale Aussagen treffen zu können. Dabei können laut Schwichow et al. (2016) kognitive Konflikte unterstützen. Durch die Beschäftigung mit konfundierten Experimenten können bei den Lernenden Fähigkeiten wie analytisches Denken, systematisches Vorgehen und das Hinterfragen von Sachverhalten gefördert werden.

Durch die Ergebnisse der Schulbuchstudie (Studie 3) können möglicherweise auch Probleme der Schülerinnen und Schüler erklärt werden, welche in Studie 1 sichtbar werden. Den Schülerinnen und Schülern könnte das selbstständige Planen so schwer fallen, da sie es sehr selten machen müssen. In fast allen Experimenten der Schulbücher werden den Schülerinnen und Schülern unabhängige und abhängige Variable genannt. Sie können das Experiment somit einfach durchführen und müssen nicht über die relevanten Variablen nachdenken. Laut Taylor und Dana (2003) erfordert aber das eigene Planen von unkonfundierten Experimenten eine höhere Fähigkeit als das Erkennen von unkonfundierten Experimenten. Die Schülerinnen und Schüler erhalten somit durch die Schulbücher selten die Möglichkeit, diese Fähigkeit zu trainieren sowie ein angemessenes Verständnis der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zu erlangen.

Übergreifend über die Befragungen der Schülerinnen und Schüler (Studie 1) sowie der Studierenden (Studie 2) wird sichtbar, dass naturwissenschaftliche Fortbil-

dungen beziehungsweise Interventionen das Wissen von Lehrkräften verändern und darüber auch Einfluss auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler haben können. In den dritten Klassen der Studie 1 zeigt sich, dass Schülerinnen und Schüler, deren Lehrkräfte an der naturwissenschaftlichen Fortbildung teilgenommen haben, tendenziell mehr implizites Wissen über die Variablenkontrollstrategie besitzen als Schülerinnen und Schüler, deren Lehrkräfte nicht an dieser naturwissenschaftlichen Fortbildung teilgenommen haben. Dieser Befund bestätigt die Annahme von Bohrmann et al. (2016), dass der Ausbildungs- beziehungsweise Fortbildungshintergrund der Lehrkräfte einen Einfluss auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler haben kann. Die Ergebnisse der Interventionsstudie (Studie 2) machen sichtbar, dass mittels einer Intervention das fachmethodische Wissen und das didaktische Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie angehender Lehrkräfte gesteigert werden können. Laut Kleickmann et al. (2016) haben auch Unterrichtsmaterialien das Potential, für Lehrkräfte eine Fortbildungsmöglichkeit darzustellen. Die Analyse der Schulbücher für den Heimat- und Sachunterricht macht klar, dass sie ihr didaktisches Potential zur Vermittlung der Variablenkontrollstrategie an die Lehrkräfte nicht ausschöpfen.

10.2. Limitationen und Ausblick

Eine Einschränkung des gesamten Untersuchungsdesigns ist, dass man die Ergebnisse der drei Studien nicht in einem direkten Zusammenhang zueinander setzen kann, da die Daten unabhängig voneinander gesammelt wurden. Da keine Daten zu den Lehrkräften und Schulbüchern der Schülerinnen und Schüler der Studie 1 zur Verfügung stehen, kann nicht betrachtet werden, welchen Einfluss die Unterrichtsgestaltung der Lehrkräfte und die Schulbücher auf die Schülerinnen und Schüler haben.

Eine weitere Limitation der Studien ist, dass die Lehrkräfte der Studie 2 wie auch die Klassen, deren Lehrkräfte an der naturwissenschaftlichen Fortbildung teilgenommen haben, in Studie 1 eine Positivauswahl darstellen. Die Lehrkräfte haben alle freiwillig an einer naturwissenschaftlichen Fortbildung teilgenommen und wahrscheinlich ein höheres naturwissenschaftliches Interesse sowie ein positiveres naturwissenschaftliches Selbstkonzept als der Durchschnitt der Sachunterrichtslehrkräfte in der Grundschule.

Ausgehend von diesen Limitationen könnten weitere Studien durchgeführt werden. So wäre es wünschenswert, dass die drei Studien enger ineinander verzahnt werden. Dazu könnten die Studien 1 und 2 verbunden werden und Effekte der Intervention auf

die Lehrkraft sowie vermittelt über den Unterricht auf die Schülerinnen und Schüler untersucht werden, wie es in Studien der Unterrichtsforschung häufig der Fall ist. Die angehenden Lehrkräfte könnten Experimentiersituationen gestalten, in denen sie ihr Wissen zur Variablenkontrollstrategie anwenden. Diese Experimentiersituationen könnten videografiert werden, sodass deren Wirkung auf die Schülerinnen und Schüler betrachtet werden kann. Die Effekte könnten mit Hilfe von Mehrebenenanalysen betrachtet werden. Dabei können Effekte auf der Ebene der Klasse ebenso wie auf der Ebene der einzelnen Schülerinnen und Schüler untersucht werden.

Zudem könnten die Studien 1 und 3 oder 2 und 3 verbunden werden. Auf Seiten der Lehrkräfte könnte z. B. die Häufigkeit der Nutzung der Schulbücher betrachtet werden. Auf der Seite der Schülerinnen und Schüler könnte ein klassisches Schulbuch mit dem Schwerpunkt Variablenkontrollstrategie überarbeitet werden. In einem Kontrollgruppendesign könnte anschließend die Wirkung des überarbeiteten Buches auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler im Vergleich mit dem klassischen Schulbuch betrachtet werden.

Für die pädagogische Praxis zeigt sich, dass Schülerinnen und Schüler bereits in der Grundschule mit der Variablenkontrollstrategie in Kontakt kommen können. Lehrkräfte und Unterrichtsmaterialien sollten die Schülerinnen und Schüler langsam an das systematische Vorgehen beim Experimentieren heranzuführen und dabei unterstützen. Angehende Grundschullehrkräfte sollten in der ersten und zweiten Phase der Ausbildung naturwissenschaftliche Inhalte und Vorgehensweisen kennenlernen, damit sie ein angemessenes fachmethodisches und fachdidaktisches Wissen bezüglich der Variablenkontrollstrategie erreichen können. Für Lehrkräfte im Dienst könnten Fortbildungen zum Umgang mit der Variablenkontrollstrategie angeboten werden.

10.3. Fazit

Die vorliegende Arbeit gibt Hinweise darauf, wie die Variablenkontrollstrategie in der Grundschule eingesetzt wird. Schülerinnen und Schüler können sie bereits in der dritten und vierten Klasse anwenden und Lehrkräfte besitzen meist ein solides fachmethodisches Wissen in Bezug auf die Variablenkontrollstrategie.

Schülerinnen und Schüler kommen beim naturwissenschaftlichen Experimentieren mit verschiedenen Variablen in Kontakt. Damit die Schülerinnen und Schüler den Einfluss einzelner Variablen betrachten können, betrachten sie die einzelnen Merkmale

von Gegenständen und überlegen, wie sie verschiedene Ausprägungen dieser Merkmale herbeiführen und andere Merkmale messen können. Dabei wird den Schülerinnen und Schülern bewusst, dass eine Variable einen Einfluss auf eine andere Variable haben kann. Mit dieser Bewusstheit können die Kinder die Variablenkontrollstrategie erlernen und einsetzen.

Können die Schülerinnen und Schüler die Variablenkontrollstrategie anwenden, so können sie auch das beschriebene Vorgehen in Quellen wie z. B. zur Wirkung von gesättigten Fettsäuren in Kokosöl bewerten und entscheiden, welcher Quelle sie vertrauen können. Die Variablenkontrollstrategie ist für die Schülerinnen und Schüler eine Grundlage, um Sachverhalte kritisch zu betrachten und sich eine eigene Meinung zu bilden. Sie unterstützt die Schülerinnen und Schüler somit nicht nur bei der Entscheidungsfindung im naturwissenschaftlichen Bereich, sondern auch bei Themen in ihrem Alltag. Die Variablenkontrollstrategie als eine Strategie naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden dient als Modell, damit die Schülerinnen und Schüler Fähigkeiten wie systematisches und analytisches Vorgehen erlernen können.

Da die Schülerinnen und Schüler bereits in der Grundschule die nötigen Fähigkeiten besitzen, die Variablenkontrollstrategie zu erlernen und die Variablenkontrollstrategie eine wichtige Grundlage für ein angemessenes Verständnis der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung darstellt, ist die Grundschule der ideale Ort dafür, diese Kompetenzen zu erlernen. Das nötige fachmethodische und fachdidaktische Wissen sollte den Studierenden in Lehrveranstaltungen vermittelt werden. Lehrkräfte im Dienst können durch Fortbildungen zum fachmethodischen und fachdidaktischen Wissen bezüglich der Variablenkontrollstrategie unterstützt werden (z. B. anhand des vorliegenden Lehrbuchtextes). Handreichungen zu den Schulbüchern könnten hier eine weitere Hilfestellung für die Lehrkräfte sein und überarbeitete Schulbücher könnten Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler unterstützen.

Literaturverzeichnis

- Abd-El-Khalick, F. & BouJaoude, S. (1997). An exploratory study of the knowledge base for science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(7), 673–699.
- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D. & Tuan, H. lin. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397–419.
- Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S. 1105–1149). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Aiello-Nicosia, M., Sperandeo-Mineo, R. & Valenza, M. (1984). The relationship between science process abilities of teachers and science achievement of students: An experimental study. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(8), 853–858.
- Appleton, K. (2007). Elementary Science Teaching. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S. 493–535). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Arnold, J. (2015). *Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim forschenden Lernen: Eine Interventionsstudie zur Förderung des wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe*. Berlin: Logos.
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2013). Wissenschaftliches Denken beim Experimentieren – Kompetenzdiagnose in der Sekundarstufe II. In D. Krüger, A. U. zu Belzen, P. Schmiemann, A. Möller & D. Elster (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 11* (S. 7–20). Berlin: Universität Druckerei.
- Arnold, J. C., Kremer, K. & Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36(16), 2719–2749.

- Atkinson, R. K., Renkl, A. & Merrill, M. M. (2003). Transitioning From Studying Examples to Solving Problems: Effects of Self-Explanation Prompts and Fading Worked-Out Steps. *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 774–783.
- Aufschnaiter, C. von, Erduran, S., Osborne, J. & Simon, S. (2007). Arguing to learn and learning to argue: Case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 101–131.
- Aufschnaiter, C. von & Prechtel, H. (2018). Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 87–104). Berlin: Springer.
- Ball, D. L., Lubienski, S. T. & Mewborn, D. S. (2001). Research on teaching mathematics: The unsolved problem of teachers' mathematical knowledge. In V. Richardson (Hrsg.), *Handbook of research on teaching* (Bd. 4, S. 433–456). Washington: American Educational Research Association.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman.
- Bardy, K. B. (2015). *Kompetenzorientierung in Schulbüchern für die Naturwissenschaften: Eine Analyse am Beispiel der Schweiz*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Barzel, B. & Selter, C. (2015). Die DZLM-Gestaltungsprinzipien für Fortbildungen. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 36(2), 259–284.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29-53). Münster: Waxmann.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M. & Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133–180.

- Baumgardt, I. & Kaiser, A. (2015). Lehrer- und Lehrerinnenbildung. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller & S. Wittkowske (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (Bd. 2, S. 73-82). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Baxter, J. A. & Lederman, N. G. (1999). Assessment and measurement of pedagogical content knowledge. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Hrsg.), *Examining pedagogical content knowledge* (S. 147–161). New York: Kluwer Academic Publishers.
- Beaumont-Walters, Y. & Soyibo, K. (2001). An Analysis of High School Students' Performance on Five Integrated Science Process Skills. *Research in Science & Technological Education*, 19(2), 133–145.
- Beerenwinkel, A. (2006). *Fostering conceptual change in chemistry classes using expository texts*. Bergische Universität Wuppertal. Verfügbar unter <http://elpub.bib.uni-wuppertal.de/edocs/dokumente/fbg/paedagogik/diss2006/beerenwinkel/dg0602.pdf>.
- Beerenwinkel, A. & Parchmann, I. (2010). Ansätze zur Berücksichtigung von Lernervorstellungen in Lehrtexten und Schulbüchern zum kontextorientierten Lernen. *Beiträge zur Lehrerinnen-und Lehrerbildung*, 28(1), 62–72.
- Beerenwinkel, A., Parchmann, I. & Gräsel, C. (2007). Chemieschulbücher in der Unterrichtsplanung - Welche Bedeutung haben Schülervorstellungen? *CHEMKON*, 14(1), 7–14.
- Bergin, D. A. (1999). Influences on classroom interest. *Educational Psychologist*, 34(2), 87–98.
- Besser, M., Leiss, D. & Klieme, E. (2015). Wirkung von Lehrerfortbildungen auf Expertise von Lehrkräften zu formativem Assessment im kompetenzorientierten Mathematikunterricht. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 47(2), 110–122.
- Besser, M., Leiß, D., Rakoczy, K. & Schütze, B. (2015). Die Wirkung von Interesse und Selbstwirksamkeit auf den Aufbau fachdidaktischen Wissens von Mathematiklehr-

- kräften im Rahmen von Lehrerfortbildungen. *Journal für LehrerInnenbildung*, 15(4), 39-47.
- Blaufelder, R., Brey, L., Kimberger, R., Kröner, R., Pollaka, A. & Weinzierl, C. (2015a). *Kleeblatt. Das Heimat- und Sachbuch 3. Schülerband. Bayern*. Braunschweig: Westermann Gruppe.
- Blaufelder, R., Brey, L., Kimberger, R., Kröner, R., Pollaka, A. & Weinzierl, C. (2015b). *Kleeblatt. Das Heimat- und Sachbuch 4. Schülerband. Bayern*. Braunschweig: Westermann Gruppe.
- Blömeke, S. (2004). Erste Phase an Universitäten und Pädagogischen Hochschulen. In S. Blömeke, P. Reinhold, G. Tulodziecki & J. H. Wildt (Hrsg.), *Handbuch Lehrerbildung* (S. 262-274). Bad Heilbrunn/ Braunschweig: Julius Klinkhardt/ Westermann.
- Blömeke, S., Kaiser, G., Schwarz, B., Lehmann, R., Seeber, S., Müller, C. & Felbrich, A. (2008). Entwicklung des fachbezogenen Wissens in der Lehrerausbildung. In S. Blömeke, G. Kaiser & R. Lehmann (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare: Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung* (S. 135–169). Münster: Waxmann.
- 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 A. Hartinger, T. Goll & H. Giest (Hrsg.), *Sachunterricht – zwischen Kompetenzorientierung, Persönlichkeitsentwicklung, Lebenswelt und Fachbezug* (S. 99-106). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Bölsterli Bardy, K., Rehm, M. & Wilhelm, M. (2010). Die Bedeutung von Schulbüchern im kompetenzorientierten Unterricht – am Beispiel des Naturwissenschaftsunterrichts. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 28(1), 138–146.
- Bonawitz, E. B., Schijndel, T. J. van, Friel, D. & Schulz, L. (2012). Children balance theories and evidence in exploration, explanation, and learning. *Cognitive Psychology*, 64(4), 215–234.

- Borowski, A., Kirschner, S., Liedtke, S. & Fischer, H. E. (2011). Vergleich des Fachwissens von Studierenden, Referendaren und Lehrenden in der Physik. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(10), 1–9.
- Bos, W., Lankes, E.-M., Prenzel, M., Schwippert, K., Valtin, R., Voss, A. & Walther, G. (Hrsg.). (2005). *IGLU: Skalenhandbuch zur Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Münster: Waxmann Verlag.
- Brandt, A., Möller, J. & Kohse-Höinghaus, K. (2008). Was bewirken außerschulische Experimentierlabors? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22(1), 5–12.
- Bräuning, K. & Nührenbörger, M. (2010). Teachers' reflections of their own mathematics teaching processes. An analytical tool for interpreting teachers' reflections. In V. Durrand-Gurrier, S. Soury-Lavergne & F. Arzarello (Hrsg.), *Proceedings of the Sixth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (S. 934-943). Lyon: Institut National De Recherche Pédagogique.
- Bromme, R. (1992). *Der Lehrer als Experte: Zur Psychologie des professionellen Wissens*. Bern: Huber.
- Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Pädagogische Psychologie, Bd. 3 Psychologie des Unterrichts und der Schule* (S. 177–212). Göttingen: Hogrefe.
- Brovelli, D., Bölsterli, K., Rehm, M. & Wilhelm, M. (2013). Erfassen professioneller Kompetenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht: Ein Vignettentest mit authentisch komplexen Unterrichtssituationen und offenem Antwortformat. *Unterrichtswissenschaft*, 41(4), 306-329.
- Bruehl, R. (2015). *Wie Wissenschaft Wissen schafft*. Konstanz: UVK Verlagsgesellschaft.
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U., Tsai, Y.-M. & Neubrand, M. (2006). Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Mathematiklehrkräften und ihrer Ausbildung sowie beruflichen Fortbildung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 521–544.

- Buchanan, D. W. & Sobel, D. M. (2011). Mechanism-Based Causal Reasoning in Young Children. *Child Development*, 82(6), 2053–2066.
- Budke, A. & Meyer, M. (2015). Fachlich argumentieren lernen - Die Bedeutung der Argumentation in den unterschiedlichen Schulfächern. In A. Budke, M. Kuckuck, M. Meyer, F. Schäbitz, K. Schlüter & G. Weiss (Hrsg.), *Fachlich argumentieren lernen. Didaktische Forschungen zur Argumentation in den Unterrichtsfächern* (S. 9-28). Münster: Waxmann Verlag.
- Bullock, M., Sodian, B. & Koerber, S. (2009). Doing Experiments and Understanding Science. Development of Scientific Reasoning from Childhood to Adulthood. In W. Schneider & M. Bullock (Hrsg.), *Human Development from Early Childhood to Early Adulthood: Findings from a 20 Year Longitudinal Study* (S. 173-197). New York: Taylor & Francis Group.
- Bullock, M. & Ziegler, A. (1999). Scientific reasoning: Developmental and individual differences. In F. E. Weinert & W. Schneider (Hrsg.), *Individual development from 3 to 12: Findings from the Munich Longitudinal Study* (S. 38–54). New York: Cambridge University Press.
- Caprara, G. V., Barbaranelli, C., Steca, P. & Malone, P. S. (2006). Teachers' self-efficacy beliefs as determinants of job satisfaction and students' academic achievement: A study at the school level. *Journal of School Psychology*, 44(6), 473–490.
- 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.
- Chi, M. T. H. (2009). Active-Constructive-Interactive: A Conceptual Framework for Differentiating Learning Activities. *Topics in Cognitive Science*, 1(1), 73–105.
- Chi, M. T. H., Adams, J., Bogusch, E. B., Bruchok, C., Kang, S., Lancaster, M., Levy, R., Li, N., McEldoon, K. L., Stump, G. S., Wylie, R., Xu, D. & Yaghmourian, D. L. (2018). Translating the ICAP Theory of Cognitive Engagement Into Practice. *Cognitive Science*, 42(6), 1777–1832.
- Chi, M. T. H. & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243.

- Christoph, S., Schwichow, M. & Härtig, H. (2015). Hands-On versus Multiple-Choice Experimentiertests zu Variablenkontrollstrategien. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014* (S. 660-662). Kiel: IPN.
- Clark, D. B. & Sampson, V. (2008). Assessing dialogic argumentation in online environments to relate structure, grounds, and conceptual quality. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 293–321.
- Coe, R., Aloisi, C., Higgins, S. & Major, L. E. (2014). *What makes great teaching? Review of the underpinning research*. Verfügbar unter <http://dro.dur.ac.uk/13747/1/13747.pdf>.
- Connell, M. W., Sheridan, K. & Gardner, H. (2003). On abilities and domains. In R. J. Sternberg & E. L. Grigorenko (Hrsg.), *The psychology of abilities, competencies, and expertise* (S. 126-155). New York: Cambridge University Press.
- Cook, C., Goodman, N. D. & Schulz, L. E. (2011). Where science starts: Spontaneous experiments in preschoolers' exploratory play. *Cognition*, 120(3), 341–349.
- Croker, S. & Buchanan, H. (2011). Scientific reasoning in a real-world context: The effect of prior belief and outcome on children's hypothesis-testing strategies. *British Journal of Developmental Psychology*, 29(3), 409–424.
- Daschner, P. (2004). Dritte Phase an Einrichtungen der Lehrerfortbildung. In S. Blömeke, P. Reinhold, G. Tulodziecki & J. Wildt (Hrsg.), *Handbuch Lehrerbildung* (S. 290-301). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Daus, J., Pietzner, V., Höner, K., Scheuer, R., Melle, I., Neu, C., Schmidt, S. & Bader, H. J. (2004). Untersuchung des Fortbildungsverhaltens und der Fortbildungswünsche von Chemielehrerinnen und Chemielehrern. *CHEMKON*, 11(2), 79–85.
- Davis, E. A., Petish, D. & Smithey, J. (2006). Challenges New Science Teachers Face. *Review of Educational Research*, 76(4), 607–651.
- Deckelmann, N., Dreher, T., Kramer, M., Rutke, U. & Toledo, E. (2015). *Mobile Heimat- und Sachunterricht 3. Schülerband. Bayern*. Braunschweig: Westermann Gruppe.

- De Jong, T. & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of educational research*, 68(2), 179–201.
- Depaepe, F., Torbeyns, J., Vermeersch, N., Janssens, D., Janssen, R., Kelchtermans, G., Verschaffel, L. & Dooren, W. V. (2015). Teachers' content and pedagogical content knowledge on rational numbers: A comparison of prospective elementary and lower secondary school teachers. *Teaching and Teacher Education*, 47, 82–92.
- Desimone, L. M. (2009). Improving Impact Studies of Teachers' Professional Development: Toward Better Conceptualizations and Measures. *Educational Researcher*, 38(3), 181–199.
- Doering, N. & Bortz, J. (2015). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften (Springer-Lehrbuch)*. Berlin: Springer.
- Dollny, S. (2011). *Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften* (Bd. 127). Berlin: Logos.
- Drechsler, B. & Gerlach, S. (2001). Naturwissenschaftliche Bildung im Sachunterricht: Problembereich bei Grundschullehrkräften. In J. Kahlert & E. Inckemann (Hrsg.), *Wissen, Können und Verstehen. Über die Herstellung ihrer Zusammenhänge im Sachunterricht* (S. 215-225). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Dreher, T., Kramer, M., Kümpel, N., Rutke, U. & Toledo, E. (2015). *Mobile Heimat- und Sachunterricht 4. Schülerband. Bayern*. Braunschweig: Westermann Gruppe.
- Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287–312.
- Dunbar, K. & Fugelsang, J. (2005). Scientific thinking and reasoning. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Hrsg.), *The Cambridge handbook of thinking and reasoning* (S. 705-725). Cambridge: Cambridge University Press New York.
- Dunker, N. (2016). Überzeugungen von Sachunterrichtslehrkräften zum Experimentieren im Unterricht. In H. Giest, T. Goll & A. Hartinger (Hrsg.), *Sachunterricht – zwischen Kompetenzorientierung, Persönlichkeitsentwicklung, Lebenswelt und Fachbezug* (S. 107-115). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

- Duschl, R. A. & Osborne, J. (2002). Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. *Studies in Science Education*, 38(1), 39–72.
- Edelsbrunner, P. A. (2017). *Domain-General and Domain-Specific Scientific Thinking in Childhood: Measurement and Educational Interplay*. ETH Zurich.
- Egger, U., Elseberg, F., Feldbauer, C., Hallitzky, M., Kollmaier, M., Prifling, A. & Valdix, K. (2015). *ErlebnisWelt 3./4. Jahrgangsstufe Neuauflage. Schülerbuch*. München: Oldenburg Schulbuchverlag.
- Emden, M. (2011). *Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens: Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I*. Berlin: Logos.
- Emereole, H. U. (2009). Learners' and teachers' conceptual knowledge of science processes: The case of Botswana. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(5), 1033–1056.
- Engelmann, K., Neuhaus, B. J. & Fischer, F. (2016). Fostering scientific reasoning in education – meta-analytic evidence from intervention studies. *Educational Research and Evaluation*, 22(5-6), 333–349.
- Falkenhausen, E. von. (1988). *Wissenschaftspropädeutik im Biologieunterricht*. Köln: Aulis-Verlag Deubner.
- Fiebig, J. & Merkens, H. (2012). Übersicht zum Studium des Lehramts an Grundschulen an deutschen Universitäten und Pädagogischen Hochschulen im Sachunterricht mit den Schwerpunkten Naturwissenschaft und Technik und in Mathematik. In H. Merkens (Hrsg.), *Berichte aus der Arbeit des Arbeitsbereichs Empirische Erziehungswissenschaft der Freien Universität Berlin: Bd. 50. Technikinteresse von Grundschullehrkräften* (S. 13-37). Berlin.
- Field, A. (2017). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. Los Angeles: SAGE Publications Ltd.
- Fischer, F., Kollar, I., Ufer, S., Sodian, B., Hussmann, H., Pekrun, R., Neuhaus, B., Dorner, B., Pankofer, S., Fischer, M., Strijbos, J.-W., Heene, M. & Eberle, J.

- (2014). Scientific Reasoning and Argumentation: Advancing an Interdisciplinary Research Agenda in Education. *Frontline Learning Research*, 2(3), 28-45.
- Fischer, H.-J. (2012). Rechenschaftsbericht des Ersten Vorsitzenden der GDSU auf der Mitgliederversammlung am 02. März 2012 in Berlin. In *GDSU-Info*. Potsdam: Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts e.V. Verfügbar unter http://www.gdsu.de/wb/media/INFO/info_52.pdf.
- Förtsch, C., Werner, S., Kotzebue, L. von & Neuhaus, B. J. (2016). Effects of biology teachers' professional knowledge and cognitive activation on students' achievement. *International Journal of Science Education*, 38(17), 2642–2666.
- Förtsch, S., Förtsch, C., Kotzebue, L. von & Neuhaus, B. (2018). Effects of Teachers' Professional Knowledge and Their Use of Three-Dimensional Physical Models in Biology Lessons on Students' Achievement. *Education Sciences*, 8(3), 118.
- Franke, M. L., Carpenter, T. P., Levi, L. & Fennema, E. (2001). Capturing teachers' generative change: A follow-up study of professional development in mathematics. *American educational research journal*, 38(3), 653–689.
- Fried, S. & Trefzger, T. (2017). Eine qualitative Untersuchung zur Anwendung von physikdidaktischem Wissen im Lehr-Lern-Labor. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016* (S. 492-495). Regensburg: Universität Regensburg.
- Fuchs, E., Niehaus, I. & Stoletzki, A. (2014). *Das Schulbuch in der Forschung: Analysen und Empfehlungen für die Bildungspraxis*. Göttingen: V&R Academic.
- Funke, J. (2003). *Problemlösendes Denken*. Stuttgart: Kohlhammer Verlag.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329.
- Fussangel, K., Rürup, M. & Gräsel, C. (2015). Lehrerfortbildung als Unterstützungssystem. In H. Altrichter & K. M. Merki (Hrsg.), *Handbuch Neue Steuerung im Schulsystem* (S. 361–384). Wiesbaden: Springer Fachmedien.

- Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B. F. & Yoon, K. S. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers. *American educational research journal*, 38(4), 915–945.
- GDSU, G. f. D. d. S. (Hrsg.). (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Germann, P. J. & Aram, R. J. (1996). Student performances on the science processes of recording data, analyzing data, drawing conclusions, and providing evidence. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(7), 773–798.
- Gersten, R., Dimino, J., Jayanthi, M., Kim, J. S. & Santoro, L. E. (2010). Teacher Study Group. *American Educational Research Journal*, 47(3), 694–739.
- Gess-Newsome, J. (1999a). Expanding questions and extending implications: A response to the paper set. *Science Education*, 83(3), 385–391.
- Gess-Newsome, J. (1999b). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Hrsg.), *Examining pedagogical content knowledge* (S. 3–17). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gläser, E. & Schomaker, C. (2014). Zur aktuellen Situation sachunterrichtsbezogener Studiengänge in den Bundesländern. In Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (Hrsg.), *Die Didaktik des Sachunterrichts und ihre Fachgesellschaft GDSU e. V.* (S. 43–48). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Gopnik, A. (2012). Scientific Thinking in Young Children: Theoretical Advances, Empirical Research, and Policy Implications. *Science*, 337(6102), 1623–1627.
- Gopnik, A. & Sobel, D. M. (2000). Detecting Blickets: How Young Children Use Information about Novel Causal Powers in Categorization and Induction. *Child Development*, 71(5), 1205–1222.
- Gott, R. & Duggan, S. (2007). A framework for practical work in science and scientific literacy through argumentation. *Research in Science & Technological Education*, 25(3), 271–291.
- Gramzow, Y. (2015). *Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion*. Berlin: Logos.

- Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 7–30.
- Grasshoff, G., Nickelsen, K. & Casties, R. (2000). *Zur Theorie des Experiments*. Bern: Studies in the History and Philosophy of Science.
- Grossman, P. L., Wilson, S. M. & Shulman, L. S. (1989). Teachers of substance: Subject matter knowledge for teaching. In M. C. Reynolds (Hrsg.), *Knowledge base for the beginning teacher* (S. 23-36). Pergamon.
- Großschedl, J., Harms, U., Kleickmann, T. & Glowinski, I. (2015). Preservice Biology Teachers' Professional Knowledge: Structure and Learning Opportunities. *Journal of Science Teacher Education*, 26(3), 291–318.
- Großschedl, J., Mahler, D., Kleickmann, T. & Harms, U. (2014). Content-related knowledge of biology teachers from secondary schools: Structure and learning opportunities. *International Journal of Science Education*, 36(14), 2335–2366.
- Hammann, M. (2007). Das Scientific Discovery as Dual Search-Modell. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudierende und Doktoranden* (S. 187–196). Berlin Heidelberg: Springer.
- Hammann, M. & Mayer, J. (2012). Was lernen Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren? *Biologie in unserer Zeit*, 42(5), 284–285.
- Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M. & Grimm, T. (2008). Assessing pupils' skills in experimentation. *Journal of Biological Education*, 42(2), 66–72.
- Hartig, J., Frey, A. & Jude, N. (2012). Validität. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 143–171). Berlin: Springer.
- Hartinger, A., Kleickmann, T. & Hawelka, B. (2006). Der Einfluss von Lehrervorstellungen zum Lernen und Lehren auf die Gestaltung des Unterrichts und auf motivationale Schülervariablen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(1), 110–126.
- Hartmann, S., Mathesius, S., Stiller, J., Straube, P., Krüger, D. & Belzen, A. Upmeyer zu. (2015). Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung

- als Teil des Professionswissens zukünftiger Lehrkräfte: Das Projekt Ko-WADiS. In B. Koch-Priewe, A. Köker, J. Seifried & E. Wuttke (Hrsg.), *Kompetenzerwerb an Hochschulen: Modellierung und Messung. Zur Professionalisierung angehender Lehrerinnen und Lehrer sowie frühpädagogischer Fachkräfte* (S. 39–58). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Harwood, W. S. (2004). A New Model for Inquiry - Is the Scientific Method Dead? *Journal of College Science Teaching*, 33(7), 29-33.
- Hattie, J. (2008). *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. New York: Routledge.
- Heinze, C. (2005). Das Schulbuch zwischen Lehrplan und Unterrichtspraxis. Zur Einführung in den Themenband. In E. Matthes & C. Heinze (Hrsg.), *Das Schulbuch zwischen Lehrplan und Unterrichtspraxis* (S. 9-17). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität*. Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.
- Hempel, C. (1977). *Aspekte wissenschaftlicher Erklärung (Grundlagen der Kommunikation und Kognition/Foundations of Communication and Cognition)*. Berlin: De Gruyter.
- Heran-Dörr, E. (2006). *Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zur Förderung der physikdidaktischen Kompetenz von Sachunterrichtslehrkräften*. München: Ludwig-Maximilians-Universität München. Verfügbar unter https://edoc.ub.uni-muenchen.de/5878/1/Heran-Doerr_Eva.pdf.
- Hidi, S. & Renninger, K. A. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111–127.
- Hidi, S., Renninger, K. A. & Krapp, A. (2004). Interest, a motivational variable that combines affective and cognitive functioning. In D. Y. Dai & R. J. Sternberg (Hrsg.), *Motivation, emotion, and cognition: Integrative perspectives on intellectual functioning and development* (S. 89–115). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.

- Hilfert-Rüppell, D., Looß, M., Klingenberg, K., Eghtessad, A., Höner, K., Müller, R., Strahl, A. & Pietzner, V. (2013). Scientific reasoning of prospective science teachers in designing a biological experiment. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 6(2), 135-154.
- Hmelo-Silver, C. E. (2006). Design principles for scaffolding technology-based inquiry. In A. M. O'Donnell, C. E. Hmelo-Silver & G. Erkens (Hrsg.), *Collaborative learning, reasoning, and technology* (S. 147-170). New York: Routledge.
- Hoesli, M. (2012). *Phänomenal - Urknall. Lehrmittelnutzung und Zufriedenheit*. mathesis, Pädagogische Hochschule Zentralschweiz Luzern.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M. & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791–806.
- Höhn, R., Kühnert, S., Laur, C., Maltzahn, K. von, Otten, M., Rathjen, U. & Schmidt, C. (2015a). *Das Auer Heimat- und Sachbuch. Schülerbuch 3. Schuljahr. Ausgabe für Bayern*. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- Höhn, R., Kühnert, S., Laur, C., Maltzahn, K. von, Otten, M., Rathjen, U. & Schmidt, C. (2015b). *Piri Heimat- und Sachbuch. Schülerbuch 3. Schuljahr. Ausgabe für Bayern*. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- Höhn, R., Kühnert, S., Laur, C., Maltzahn, K. von, Otten, M., Rathjen, U. & Schmidt, C. (2016a). *Das Auer Heimat- und Sachbuch. Schülerbuch 4. Schuljahr. Ausgabe für Bayern*. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- Höhn, R., Kühnert, S., Laur, C., Maltzahn, K. von, Otten, M., Rathjen, U. & Schmidt, C. (2016b). *Piri Heimat- und Sachbuch. Schülerbuch 4. Schuljahr. Ausgabe für Bayern*. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- Holzberger, D., Philipp, A. & Kunter, M. (2013). How teachers' self-efficacy is related to instructional quality: A longitudinal analysis. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 774–786.
- Hossiep, R., Schulte, M., Frieg, P. & Schardien, P. (2010). Wie gut misst der Studentenpisa-Test? In S. Trepte & M. Verbeet (Hrsg.), *Allgemeinbildung in Deutschland* (S. 71–86). Wiesbaden: Springer.

- IPN. (2013). Erfassung professionellen Wissens von Lehramtstudierenden - das Projekt KiL. *IPN Blätter*.
- Jimenez-Aleixandre, M. P. & Erduran, S. (2008). Argumentation in Science Education: An Overview. In S. Eduran & M. P. Jimenez-Aleixandre (Hrsg.), *Argumentation in Science Education* (S. 3-27). Berlin: Springer.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Rodríguez, A. B. & Duschl, R. A. (2000). “Doing the lesson” or “doing science”: Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757–792.
- Jones, M. G. & Carter, G. (2007). Science teacher attitudes and beliefs. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S. 1067–1104). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Jüttner, M., Boone, W., Park, S. & Neuhaus, B. J. (2013). Development and use of a test instrument to measure biology teachers’ content knowledge (CK) and pedagogical content knowledge (PCK). *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 25(1), 45–67.
- Jüttner, M. & Neuhaus, B. J. (2013a). Das Professionswissen von Biologielehrkräften – Ein Vergleich zwischen Biologielehrkräften, Biologen und Pädagogen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 31–49.
- Jüttner, M. & Neuhaus, B. J. (2013b). Validation of a Paper-and-Pencil Test Instrument Measuring Biology Teachers’ Pedagogical Content Knowledge by Using Think-Aloud Interviews. *Journal of Education and Training Studies*, 1(2), 113-125.
- Kaiser, I., Mayer, J. & Malai, D. (2018). Self-Generation in the Context of Inquiry-Based Learning. *Frontiers in Psychology*, 9, 1-16.
- Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16(1), 135–150.
- 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* (Tech. Rep.). Essen: Universität

Duisburg-Essen. Verfügbar unter https://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-36697/Dokumentation_der_Erhebungsinstrumente_im_Projekt_PLUS_2013_final2.pdf.

- Keys, C. W. & Bryan, L. A. (2001). Co-constructing inquiry-based science with teachers: Essential research for lasting reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(6), 631–645.
- Kim, H. & Song, J. (2006). The Features of Peer Argumentation in Middle School Students' Scientific Inquiry. *Research in Science Education*, 36(3), 211–233.
- Kind, P. M., Kind, V., Hofstein, A. & Wilson, J. (2011). Peer Argumentation in the School Science Laboratory — Exploring effects of task features. *International Journal of Science Education*, 33(18), 2527–2558.
- 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.
- Kirschner, S. (2013). *Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften*. Berlin: Logos.
- Kizil, A. & Kattmann, U. (2014). Über den Effekt zur Erkenntnis. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 67(5), 307–312.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1–48.
- Klahr, D., Fay, A. L. & Dunbar, K. (1993). Heuristics for scientific experimentation: A developmental study. *Cognitive psychology*, 25(1), 111–146.
- Kleickmann, T. (2008). *Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis*. Münster: Universität Münster. Verfügbar unter <https://d-nb.info/992474906/34>.

- Kleickmann, T. (2015). Professionelle Kompetenz von Primarschullehrkräften im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 8(1), 7–22.
- Kleickmann, T., Großschedl, J., Harms, U., Heinze, A., Herzog, S., Hohenstein, F., Köller, O., Kröger, J., Lindmeier, A., Loch, C. et al.. (2014). Professionswissen von Lehramtsstudierenden der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer-Testentwicklung im Rahmen des Projekts KiL. *Unterrichtswissenschaft*, 42(3), 280–288.
- Kleickmann, T. & Möller, K. (2007). Können Lehrerfortbildungen einen Beitrag zur Förderung naturwissenschaftlichen Verständnisses bei Schülerinnen und Schülern leisten? In K. Möller, P. H. C. Beinbrech, A. Hein, T. Kleickmann & R. Schages (Hrsg.), *Qualität von Grundschulunterricht entwickeln, erfassen und bewerten* (S. 167-170). Bonn: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kleickmann, T., Richter, D., Kunter, M., Elsner, J., Besser, M., Krauss, S. & Baumert, J. (2013). Teachers' Content Knowledge and Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Teacher Education*, 64(1), 90–106.
- Kleickmann, T., Tröbst, S., Jonen, A., Vehmeyer, J. & Möller, K. (2016). The effects of expert scaffolding in elementary science professional development on teachers' beliefs and motivations, instructional practices, and student achievement. *Journal of Educational Psychology*, 108(1), 21-42.
- Klos, S. (2009). *Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht: Der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts*. Berlin: Logos.
- Kluwe, R. H. (2006). Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung. In B. Zimolong & U. Konradt (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie. Ingenieurpsychologie. Wirtschafts-, Organisations- und Arbeitspsychologie*. Göttingen: Hogrefe.
- Koehler, K. (2015). Welche Erkenntnismethoden sind für den Biologieunterricht relevant? In U. Spörhase-Eichmann & W. Ruppert (Hrsg.), *Biologie-Didaktik - Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 130-151). Berlin: Cornelsen.
- Koerber, S., Mayer, D., Osterhaus, C., Schwippert, K. & Sodian, B. (2015). The

- Development of Scientific Thinking in Elementary School: A Comprehensive Inventory. *Child Development*, 86(1), 327–336.
- Koerber, S., Sodian, B., Thoermer, C. & Nett, U. (2005). Scientific Reasoning in Young Children: Preschoolers' Ability to Evaluate Covariation Evidence. *Swiss Journal of Psychology*, 64(3), 141–152.
- König, J., Kaiser, G. & Felbrich, A. (2012). Spiegelt sich pädagogisches Wissen in den Kompetenzselbsteinschätzungen angehender Lehrkräfte? Zum Zusammenhang von Wissen und Überzeugungen am Ende der Lehrerausbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 58(4), 476–491.
- Kotzebue, L. von & Nerdel, C. (2012). Professionswissen von Biologielehrkräften zum Umgang mit Diagrammen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 181–200.
- Kotzebue, L. von & Nerdel, C. (2015). Modellierung und Analyse des Professionswissens zur Diagrammkompetenz bei angehenden Biologielehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 18(4), 687–712.
- Kotzebue, L. von & Neuhaus, B. J. (2016). Was macht einen guten Unterricht und einen guten Lehrer aus? Trends der Unterrichtsqualitäts- und Lehrerprofessionalitätsforschung. In A. Sandmann & P. Schmiemann (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung: Schwerpunkte und Forschungsstände* (S. 117-142). Berlin: Logos.
- Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung. Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 38(5), 747–770.
- Krapp, A. (2010). Interesse. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 311-323). Weinheim: Beltz.
- Krauss, S., Blum, W., Brunner, M., Neubrand, M., Baumert, J., Kunter, M., Besser, M. & Elsner, J. (2011). Konzeptualisierung und Testkonstruktion zum fachbezogenen Professionswissen von Mathematiklehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 135–161). Münster: Waxmann.

- Kröger, J., Euler, M., Neumann, K., Härtig, H. & Petersen, S. (2013). Messung professioneller Kompetenz im Fach Physik. In S. Bernholdt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012* (S. 533–535). Kiel: IPN.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96(4), 674–689.
- Kuhn, D. (1991). *The Skills of Argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kuhn, D. (2000). Metacognitive Development. *Current Directions in Psychological Science*, 9(5), 178–181.
- Kuhn, D. (2014). What is scientific thinking and how does it develop? In U. Goswami (Hrsg.), *The Wiley-Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development* (S. 497 - 523). Malden: Wiley-Blackwall.
- Kuhn, D. & Dean, D. (2005). Is Developing Scientific Thinking All About Learning to Control Variables? *Psychological Science*, 16(11), 866–870.
- Kuhn, D. & Pearsall, S. (2000). Developmental Origins of Scientific Thinking. *Journal of Cognition and Development*, 1(1), 113–129.
- Kuhn, N., Lankes, E.-M. & Steffensky, M. (2012). Vorstellungen von pädagogischen Fachkräften zum Lernen von Naturwissenschaften. In H. Giest, E. Heran-Dörr & C. Archie (Hrsg.), *Lernen und Lehren im Sachunterricht. Das Verhältnis von Konstruktion und Instruktion*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Kultusministerkonferenz. (2005a). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz - Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. München: Luchterhand.
- Kultusministerkonferenz. (2005b). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz - Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. München: Luchterhand.
- Kultusministerkonferenz. (2005c). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz - Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. München: Luchterhand.

- Kultusministerkonferenz. (2014). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Berlin: Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. Verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf.
- Kultusministerkonferenz. (2017). *Sachstand in der Lehrerbildung*. Verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Bildung/AllgBildung/2017-03-07__Sachstand_LB_o_EW.pdf.
- Kultusministerkonferenz. (2019). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. Berlin: Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. Verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf.
- Kunina-Habenicht, O., Lohse-Bossenz, H., Kunter, M., Dicke, T., Förster, D., Gößling, J., Schulze-Stocker, F., Schmeck, A., Baumert, J., Leutner, D. & Terhart, E. (2012). Welche bildungswissenschaftlichen Inhalte sind wichtig in der Lehrerbildung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(4), 649–682.
- Künsting, J., Thillmann, H., Wirth, J., Fischer, H. E. & Leutner, D. (2008). Strategisches Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 55(1), 1–15.
- Kunter, M. (2011). Motivation als Teil der professionellen Kompetenz - Forschungsbefunde zum Enthusiasmus von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (Bd. 1, S. 259–275). Münster: Waxmann.
- Kunter, M. & Pohlmann, B. (2009). Lehrer. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 261–282). Berlin: Springer.
- Kunter, M., Tsai, Y.-M., Klusmann, U., Brunner, M., Krauss, S. & Baumert, J. (2008).

- Students' and mathematics teachers' perceptions of teacher enthusiasm and instruction. *Learning and Instruction*, 18(5), 468–482.
- Lange, K. (2010). *Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftsbezogenem fachspezifisch-pädagogischem Wissen von Grundschullehrkräften und Fortschritten im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bei Grundschülerinnen und -schülern*. Westfälische Wilhelms-Universität Münster. Verfügbar unter <https://d-nb.info/1011948885/34>.
- Lange, K., Kleickmann, T., Tröbst, S. & Möller, K. (2012). Fachdidaktisches Wissen von Lehrkräften und multiple Ziele im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(1), 55–75.
- Lange, K., Ohle, A., Kleickmann, T., Kauertz, A., Möller, K. & Fischer, H. (2015). Zur Bedeutung von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen für Lernfortschritte von Grundschülerinnen und Grundschülern im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 8(1), 23–38.
- Lankes, E.-M., Steffensky, M. & Carstensen, C. (2011). Das didaktische Potential von Materialien zum Experimentieren mit Kindern im Vorschulalter. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 4(1), 86-98.
- Lawson, A. E. (2002). Sound and faulty arguments generated by preservice biology teachers when testing hypotheses involving unobservable entities. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 237–252.
- Lazonder, A. W. & Kamp, E. (2012). Bit by bit or all at once? Splitting up the inquiry task to promote children's scientific reasoning. *Learning and Instruction*, 22(6), 458–464.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S. 831-879). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Lederman, N. G., Lederman, J. S. & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 138-147.

- Legare, C. H. (2012). Exploring explanation: Explaining inconsistent evidence informs exploratory, hypothesis-testing behavior in young children. *Child development*, 83(1), 173–185.
- Leuchter, M., Reusser, K., Pauli, C. & Klieme, E. (2008). Zusammenhänge zwischen unterrichtsbezogenen Kognitionen und Handlungen von Lehrpersonen. In M. Gläser-Zikuda & J. Seifried (Hrsg.), *Lehrerexpertise. Analyse und Bedeutung unterrichtlichen Handelns* (S. 165–185). Münster: Waxmann.
- Lewalter, D. & Willems, A. S. (2009). Die Bedeutung des motivationsrelevanten Erlebens und des individuellen Fachinteresses für das situationale Interesse im Mathematikunterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 56(4), 243-257.
- Lienert, G. & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse*. Weinheim: Beltz.
- Linn, M. C. & Eylon, B.-S. (2006). Science Education: Integrating Views of Learning and Instruction. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Hrsg.), *Handbook of educational psychology* (S. 511-544). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Lipowsky, F. (2002). Zur Qualität offener Lernsituationen im Spiegel empirischer Forschung–Auf die Mikroebene kommt es an. In U. Drews & W. Wallrabenstein (Hrsg.), *Freiarbeit in der Grundschule. Offener Unterricht in Theorie, Forschung und Praxis* (S. 126–159). Frankfurt am Main: Grundschulverband - Arbeitskreis Grundschule.
- Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an: Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. *Zeitschrift für Pädagogik* (51. Beiheft), 47-71.
- Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf–Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In F. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders & J. Mayr (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen - Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (Bd. 1, S. 51–72). Münster: Waxmann.
- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2012). Lehrerinnen und Lehrer als Lerner–Wann gelingt der Rollentausch? Merkmale und Wirkungen wirksamer Lehrerfortbildungen. *Schulpädagogik heute*, 3(5), 1–17.

- Ludwig, T. (2017). *Argumentieren beim Experimentieren in der Physik - Die Bedeutung personaler und situationaler Faktoren*. Humboldt Universität Berlin. Verfügbar unter <https://edoc.hu-berlin.de/bitstream/handle/18452/19085/ludwig.pdf?sequence=6&isAllowed=y>.
- Lunetta, V. N., Hofstein, A. & Clough, M. P. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice. In S. K. Abell & N. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (Bd. 2, S. 393-442). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Hrsg.), *Examining pedagogical content knowledge* (S. 95–132). Dodrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Masnick, A. M. & Morris, B. J. (2008). Investigating the development of data evaluation: The role of data characteristics. *Child development*, 79(4), 1032–1048.
- Mayer, D. (2012). *Die Modellierung des wissenschaftlichen Denkens im Grundschulalter. Zusammenhänge zu kognitiven Fähigkeiten und motivationalen Orientierungen*. Ludwig-Maximilians-Universität München. Verfügbar unter https://edoc.ub.uni-muenchen.de/14497/1/Mayer_Daniela.pdf.
- Mayer, J. (2004). Qualitätsentwicklung im Biologieunterricht. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 57(2), 92-99.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudierende und Doktoranden* (S. 177–186). Berlin Heidelberg: Springer.
- Mayer, J., Grube, C. & Möller, A. (2008). Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In U. Harms & A. Sandmann (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (S. 63-79). Studienverlag.
- Mayer, J. & Ziemek, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren. *Unterricht Biologie*, 30, 4-12.

- Mercier, H., Boudry, M., Paglieri, F. & Trouche, E. (2017). Natural-Born Arguers: Teaching How to Make the Best of Our Reasoning Abilities. *Educational Psychologist*, 52(1), 1–16.
- Meschede, N., Fiebranz, A., Möller, K. & Steffensky, M. (2017). Teachers' professional vision, pedagogical content knowledge and beliefs: On its relation and differences between pre-service and in-service teachers. *Teaching and teacher education*, 66, 158–170.
- Möller, K. (2002). Anspruchsvolles Lernen in der Grundschule - am Beispiel naturwissenschaftlich-technischer Inhalte. *Pädagogische Rundschau*, 56(4), 411-435.
- Möller, K. (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule — Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? In H. Merkens (Hrsg.), *Lehrerbildung: IGLU und die Folgen* (S. 65–84). Wiesbaden: Springer.
- Möller, K., Hardy, I., Jonen, A., Kleickmann, T. & Blumberg, E. (2006). Naturwissenschaften in der Primarstufe. Zur Förderung konzeptuellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule* (S. 161-193). Münster: Waxmann.
- Möller, K., Kleickmann, T. & Lange, K. (2013). Naturwissenschaftliches Lernen im Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe. In H. E. Fischer & E. Sumfleth (Hrsg.), *nwu-essen. 10 Jahre Essener Forschung zum naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 57 - 120). Berlin: Logos.
- Möller, K., Kleickmann, T. & Tröbst, S. (2009). Die forschungsgeleitete Entwicklung von Unterrichtsmaterialien für die frühe naturwissenschaftliche Bildung. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 27(3), 415-423.
- Möller, K., Vehmeyer, J., Stadelhofer, B. & Tröbst, S. (2008). *Lernen mit der Klasse(n)kiste «Schwimmen und Sinken» im Sachunterricht der Grundschule. Ergebnisse einer Befragung von Grundschullehrkräften [Evaluationsbericht im Auftrag der Deutschen Telekom Stiftung]*. Münster: Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Seminar für Didaktik des Sachunterrichts.

- Morris, B. J., Croker, S., Masnick, A. M. & Zimmerman, C. (2012). The Emergence of Scientific Reasoning. In H. Kloos (Hrsg.), *Current Topics in Children's Learning and Cognition* (S. 61 - 82). Rijeka: Intech.
- Narciss, S. (2005). *Informatives tutorielles Feedback: Ableitung und empirische Überprüfung von Entwicklungs- und Evaluationsprinzipien auf der Basis instruktionspsychologischer Erkenntnisse*. Münster: Waxmann Verlag.
- Naylor, S., Keogh, B. & Downing, B. (2006). Argumentation and Primary Science. *Research in Science Education*, 37(1), 17–39.
- Nehring, A. (2014). *Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie. Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung*. Berlin: Logos.
- NGSS, L. S. (2013). *Next Generation Science Standards: For states, by states*. Washington DC: National Academies Press.
- Njoo, M. & Jong, T. D. (1993). Exploratory learning with a computer simulation for control theory: Learning processes and instructional support. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(8), 821–844.
- Nuissl, E. (2018). Weiterbildung/Erwachsenenbildung. In R. Tippelt & B. Schmidt-Hertha (Hrsg.), *Handbuch Bildungsforschung* (S. 485-504). Wiesbaden: Springer.
- Oelkers, J. & Reusser, K. (2008). *Expertise: Qualität entwickeln, Standards sichern, mit Differenz umgehen*. Berlin: BMBF, Referat Bildungsforschung.
- Ohle, A., Fischer, H. E. & Kauertz, A. (2011). Der Einfluss des physikalischen Fachwissens von Primarstufenlehrkräften auf Unterrichtsgestaltung und Schülerleistung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 357–389.
- Olszewski, J. (2010). *The Impact of physics teachers' pedagogical content knowledge on teacher actions and student outcomes* (Bd. 109). Berlin: Logos.
- Osborne, J. (2010). Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse. *Science*, 328(5977), 463–466.
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of educational research*, 62(3), 307–332.

- Park, S. & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in science Education*, 38(3), 261–284.
- Parker, P. D., Marsh, H. W., Ciarrochi, J., Marshall, S. & Abduljabbar, A. S. (2014). Juxtaposing math self-efficacy and self-concept as predictors of long-term achievement outcomes. *Educational Psychology*, 34(1), 29–48.
- Patrick, H., Turner, J. C., Meyer, D. K. & Midgley, C. (2003). How Teachers Establish Psychological Environments During the First Days of School: Associations With Avoidance in Mathematics. *Teachers College Record*, 105(8), 1521-1558.
- Pawelzik, J., Todorova, M., Leuchter, M. & Möller, K. (2016). „Ich fühle mich sicherer im Unterrichten naturwissenschaftlicher Themen im Sachunterricht“ – Wirkungen eines Praktikums. In A. Hartinger, T. Goll & H. Giest (Hrsg.), *Sachunterricht – zwischen Kompetenzorientierung, Persönlichkeitsentwicklung, Lebenswelt und Fachbezug* (S. 140-148). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Peschel, M. (2007). Wer unterrichtet unsere Kinder? SUN - Sachunterricht in Nordrhein-Westfalen. In K. Möller, P. Hanke, C. Beinbrech, A. Hein, T. Kleickmann & R. Schages (Hrsg.), *Jahrbuch Grundschulforschung: Qualität von Grundschulunterricht. Entwickeln, erfassen und bewerten* (S. 171–174). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Peschel, M. (2018). SelfPro: Entwicklung von Professionsverständnissen und Selbstkonzepten angehender Lehrkräfte beim Offenen Experimentieren. In S. Miller, B. Holler-Nowitzki, B. Kottmann, S. Lesemann, B. Letmathe-Henkel, N. Meyer, R. Schroeder & K. Velten (Hrsg.), *Profession und Disziplin* (S. 191–196). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Petrik, A. (2007). Kompetenzentwicklung durch Argumentation–ein Modell zur Analyse politischer Lernprozesse. *Domänenspezifische Diagnostik. Wissenschaftliche Beiträge für die politische Bildung*, 92–117.
- Phillips, K. A. & Germann, P. J. (2002). The Inquiry “I”: A Tool for Learning Scientific Inquiry. *The American Biology Teacher*, 64(7), 512–520.

- Piaget, J. & Inhelder, B. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence: An essay on the construction of formal operational structures*. Abingdon: Routledge.
- Piekny, J. & Maehler, C. (2012). Scientific reasoning in early and middle childhood: The development of domain-general evidence evaluation, experimentation, and hypothesis generation skills. *British Journal of Developmental Psychology*, 31(2), 153–179.
- Popper, K. R. (2005). *Logik der Forschung*. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Puntambekar, S. & Hubscher, 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.
- Rabe, T., Meinhardt, C. & Krey, O. (2012). Entwicklung eines Instruments zur Erhebung von Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 293-315.
- Reinold, M. (2015). *Lehrerfortbildungen zur Förderung prozessbezogener Kompetenzen. Eine Analyse der Effekte auf den Wirkungsebenen Akzeptanz und Überzeugungen*. Wiesbaden: Springer.
- Richardson, V. (1996). The role of attitudes and beliefs in learning to teach. In J. Sikula (Hrsg.), *Handbook of research on teacher education* (Bd. 2, S. 102–119). New York: Macmillan.
- Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Berlin: Logos.
- Riese, J., Gramzow, Y. & Reinhold, P. (2017). Die Messung fachdidaktischen Wissens bei Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 99–112.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 167–187.

- Riese, J. & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *15*(1), 111–143.
- Rotgans, J. I. & Schmidt, H. G. (2017). Interest development: Arousing situational interest affects the growth trajectory of individual interest. *Contemporary Educational Psychology*, *49*, 175–184.
- Roth, K. J., Garnier, H. E., Chen, C., Lemmens, M., Schwille, K. & Wickler, N. I. (2011). Videobased lesson analysis: Effective science PD for teacher and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, *48*(2), 117–148.
- Ruffman, T., Perner, J., Olson, D. R. & Doherty, M. (1993). Reflecting on Scientific Thinking: Children's Understanding of the Hypothesis-Evidence Relation. *Child Development*, *64*(6), 1617–1636.
- Ryu, S. & Sandoval, W. A. (2012). Improvements to elementary children's epistemic understanding from sustained argumentation. *Science Education*, *96*(3), 488–526.
- Sacks, F. M., Lichtenstein, A. H., Wu, J. H., Appel, L. J., Creager, M. A., Kris-Etherton, P. M., Miller, M., Rimm, E. B., Rudel, L. L., Robinson, J. G., Stone, N. J. & Horn, L. V. V. (2017). Dietary Fats and Cardiovascular Disease: A Presidential Advisory From the American Heart Association. *Circulation*, *136*(3).
- Sadler, P. M., Sonnert, G., Coyle, H. P., Cook-Smith, N. & Miller, J. L. (2013). The Influence of Teachers' Knowledge on Student Learning in Middle School Physical Science Classrooms. *American Educational Research Journal*, *50*(5), 1020–1049.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(5), 513–536.
- Saffran, A. (2016). *Elementary School Children's Judgments of Covariation Data: Development and Influences of Task Characteristics*. München: Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Sampson, V. & Clark, D. B. (2008). Assessment of the ways students generate arguments in science education: Current perspectives and recommendations for future directions. *Science Education*, *92*(3), 447–472.

- Sandfuchs, U. (2010). Schulbücher und Unterrichtsqualität - historische und aktuelle Reflexionen. In E. Fuchs, J. Kahlert & U. Sandfuchs (Hrsg.), *Schulbuch konkret* (S. 11-24). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Sandoval, W. A., Sodian, B., Koerber, S. & Wong, J. (2014). Developing Children's Early Competencies to Engage With Science. *Educational Psychologist*, 49(2), 139–152.
- Saye, J. W. & Brush, T. (2002). Scaffolding critical reasoning about history and social issues in multimedia-supported learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 77–96.
- Schauble, L., Glaser, R., Duschl, R. A., Schulze, S. & John, J. (1995). Students' understanding of the objectives and procedures of experimentation in the science classroom. *The journal of the Learning Sciences*, 4(2), 131–166.
- Schmidt, M. (2014). *Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften: Zusammenhangsanalyse zur Wirkung von Ausbildungshintergrund und Unterrichtserfahrung auf das fachspezifische Professionswissen im Unterrichtsinhalt „Verbrennung“*. Berlin: Logos.
- Schmidt-Weigand, F., Franke-Braun, G. & Hänze, M. (2008). Erhöhen gestufte Lernhilfen die Effektivität von Lösungsbeispielen? Eine Studie zur kooperativen Bearbeitung von Aufgaben in den Naturwissenschaften. *Unterrichtswissenschaft*, 36(4), 365–384.
- Schnell, R., Hill, P. B. & Esser, E. (2013). *Methoden der empirischen Sozialforschung*. München: Oldenburg Verlag.
- Schulz, A. & Wirtz, M. (2012). Analyse kausaler Zusammenhänge als Ziel des Experimentierens. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel & A. Schulz (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 39-56). Münster: Waxmann.
- Schulz, A., Wirtz, M. & Starauschek, E. (2012). Das Experiment in den Naturwissenschaften. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel & A. Schulz (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 15-38). Münster: Waxmann.

- Schulz, L. (2012). The origins of inquiry: inductive inference and exploration in early childhood. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(7), 382–389.
- Schulz, L., Kushnir, T. & Gopnik, A. (2007). Learning from doing: Intervention and causal inference. *Causal learning: Psychology, philosophy, and computation*, 67–85.
- Schulz, L. E. & Gopnik, A. (2004). Causal learning across domains. *Developmental Psychology*, 40(2), 162–176.
- Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. *Zeitschrift für Pädagogik Beiheft*, 44, 28–53.
- Schwichow, M., Christoph, S., Boone, W. J. & Härtig, H. (2016). The impact of sub-skills and item content on students' skills with regard to the control-of-variables strategy. *International Journal of Science Education*, 38(2), 216–237.
- Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T. & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review*, 39(1), 37–63.
- Schwichow, M. & Härtig, H. (2013). Überprüfung eines Modells zur Entwicklung experimenteller Kompetenz. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012* (S. 593-595). Kiel: IPN.
- Schwichow, M. & Nehring, A. (2018). Variablenkontrolle beim Experimentieren in Biologie, Chemie und Physik: Höhere Kompetenzausprägungen bei der Anwendung der Variablenkontrollstrategie durch höheres Fachwissen? Empirische Belege aus zwei Studien. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 217–233.
- Schwichow, M., Zimmerman, C., Croker, S. & Härtig, H. (2016). What students learn from hands-on activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(7), 980–1002.
- Schworm, S. & Renkl, A. (2007). Learning argumentation skills through the use of prompts for self-explaining examples. *Journal of Educational Psychology*, 99(2), 285–296.

- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4–14.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard educational review*, 57(1), 1–23.
- Siler, S. & Klahr, D. (2012). Detecting, classifying and remediating: Children’s explicit and implicit misconceptions about experimental design. In R. W. Proctor & E. J. Capaldi (Hrsg.), *Psychology of science: Implicit and explicit processes* (S. 137-180). Oxford: Oxford University Press.
- Silvia, P. J., Henson, R. A. & Templin, J. L. (2009). Are the sources of interest the same for everyone? Using multilevel mixture models to explore individual differences in appraisal structures. *Cognition & Emotion*, 23(7), 1389–1406.
- Sodian, B. (2001). Wissenschaftliches Denken. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (2 Aufl., S. 789-794). Weinheim: Beltz.
- Sodian, B. & Mayer, D. (2013). Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens im Vor- und Grundschulalter. In M. Stamm & D. Edelmann (Hrsg.), *Handbuch frühkindliche Bildungsforschung* (S. 617–631). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Sodian, B., Thoermer, C., Kircher, E., Grygier, P. & Günther, J. (2002). Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. *Zeitschrift für Pädagogik Beiheft*, 45, 192–206.
- Sodian, B., Zaitchik, D. & Carey, S. (1991). Young children’s differentiation of hypothetical beliefs from evidence. *Child development*, 62(4), 753–766.
- Staeck, L. (2009). *Zeitgemäßer Biologieunterricht - Eine Didaktik für die neue Schulbiologie*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Staub, F. C. & Stern, E. (2002). The nature of teachers’ pedagogical content beliefs matters for students’ achievement gains: Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. *Journal of educational psychology*, 94(2), 344-355.
- Stein, G. (2003). Vom medien-kritischen Umgang mit Schulbüchern: mehr als nur „eine didaktische Innovation“. In E. Matthes & C. Heinze (Hrsg.), *Didaktische Innovationen im Schulbuch* (S. 233-254). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

- Stiller, J., Straube, P., Mathesius, S., Hartmann, S., Tiemann, R., Nordmeier, V., Krüger, D. & Belzen, A. Upmeier zu. (2014). Fachmethodische Kompetenzen im Lehramtsstudium - das Projekt Ko-WADiS. In S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in München 2013* (S. 156-158). Kiel: IPN.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. & Paas, F. G. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review*, 10(3), 251–296.
- Taylor, J. A. & Dana, T. M. (2003). Secondary school physics teachers' conceptions of scientific evidence: An exploratory case study. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(8), 721–736.
- Temiz, B. K., Taşar, M. F. & Tan, M. (2006). Development and validation of a multiple format test of science process skills. *International Education Journal*, 7(7), 1007–1027.
- Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S., Leutner, D., Neuhaus, B., Sandmann, A., Sumfleth, E., Thillmann, H. & Wirth, J. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 7–28.
- Tepner, O. & Dollny, S. (2014). Entwicklung eines Testverfahrens zur Analyse fachdidaktischen Wissens. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 311–323). Berlin: Springer.
- Terhart, E. (2000). *Perspektiven der Lehrerbildung in Deutschland*. Weinheim: Beltz.
- Toulmin, S. (1996). *Der Gebrauch von Argumenten*. Weinheim: Beltz.
- Tröbst, S., Kleickmann, T., Heinze, A., Bernholt, A., Rink, R. & Kunter, M. (2018). Teacher knowledge experiment: Testing mechanisms underlying the formation of preservice elementary school teachers' pedagogical content knowledge concerning fractions and fractional arithmetic. *Journal of Educational Psychology*, 110(8), 1049–1065.

- Tschannen-Moran, M., Hoy, A. W. & Hoy, W. K. (1998). Teacher Efficacy: Its Meaning and Measure. *Review of Educational Research*, 68(2), 202–248.
- Vogt, H., Belzen, A. U. zu, Bonato, M. & Hesse, M. (1999). Einfluß von Biologieunterricht auf die Entwicklung von Interessen und Einstellungen bei Schülern einer sechsten Jahrgangsstufe eines Gymnasiums. In R. Duit & J. Mayer (Hrsg.), *Studien zur naturwissenschaftsdidaktischen Lern- und Interessenforschung* (S. 131-149). Kiel: IPN.
- Vorholzer, A. (2016). *Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes*. Berlin: Logos.
- Voss, T., Kleickmann, T., Kunter, M. & Hachfeld, A. (2011). Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (Bd. 1, S. 235-258). Münster: Waxmann.
- Wahl, D. (2001). Nachhaltige Wege vom Wissen zum Handeln. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 19(2), 157–174.
- Watson, J. R., Swain, J. R. L. & McRobbie, C. (2004). Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26(1), 25–45.
- Weinberger, A. & Fischer, F. (2006). A framework to analyze argumentative knowledge construction in computer-supported collaborative learning. *Computers & Education*, 46(1), 71–95.
- Weinert, F. E. (2001). *Leistungsmessungen in Schulen*. Weinheim: Beltz.
- Weiß, R. H. (2006). *CFT 20-R. Grundintelligenztest Skala 2*. Göttingen: Hogrefe.
- Wellington, J. & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Buckingham: McGraw-Hill Education.
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2012). Beobachten, Vergleichen und Experimentieren: Wege der Erkenntnisgewinnung. In U. H. und F. X. Bogner (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (S. 99-115). Innsbruck: Studienverlag.

- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie - Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 315-345.
- Wiater, W. (2005). Lehrplan und Schulbuch - Reflexionen über zwei Instrumente des Staates zur Steuerung des Bildungswesens. In E. Matthes & C. Heinze (Hrsg.), *Das Schulbuch zwischen Lehrplan und Unterrichtspraxis* (S. 41-63). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Wirth, J., Thillmann, H., Künsting, J., Fischer, H. E. & Leutner, D. (2008). Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht. Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(3), 361–375.
- Wirtz, M. & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität*. Göttingen: Hogrefe.
- Woitkowski, D. (2015). *Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung: Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung* (Bd. 185). Berlin: Logos.
- Woolfolk, A. (2014). *Pädagogische Psychologie*. Hallbergmoos: Pearson.
- Wuttke, E. (2005). *Unterrichtskommunikation und Wissenserwerb: Zum Einfluss von Kommunikation auf den Prozess der Wissensgenerierung*. Frankfurt am Main: Peter Lang GmbH, Internationaler Verlag der Wissenschaften.
- Yip, D. Y. (2001). Assessing and developing the concept of assumptions in science teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 10(2), 173–179.
- Yoon, K. S., Duncan, T., Lee, S. W.-Y., Scarloss, B. & Shapley, K. (2007). *Reviewing the evidence on how teacher professional development affects student achievement*. Washington, DC: U.S. Department of Education, Institute of Education Sciences, National Center for Education Evaluation and Regional Assistance, Regional Educational Laboratory Southwest. Verfügbar unter https://ies.ed.gov/ncee/edlabs/regions/southwest/pdf/REL_2007033.pdf.
- Zadeh, M. V. & Peschel, M. (2018). SelfPro - Entwicklung von Selbstkonzepten beim Offenen Experimentieren. In U. Franz, H. Giest, A. Hartinger, A. Heinrich-Dönges

& B. Reinhoffer (Hrsg.), *Handeln im Sachunterricht* (S. 183-190). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

Zimmerman, C. (2000). The Development of Scientific Reasoning Skills. *Developmental Review*, 20(1), 99–149.

Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172–223.

Zimmerman, C. & Glaser, R. (2001). *Testing Positive versus Negative Claims: A Preliminary Investigation of the Role of Cover Story on the Assessment of Experimental Design Skills*. (Tech. Rep.). CSE Technical Report. Verfügbar unter <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED462412.pdf>.

Zwahr, A. (2006). *Brockhaus. Enzyklopädie in 30 Bänden* (Bd. 28). Leipzig: Brockhaus.

Abbildungsverzeichnis

1.	Überblick über die drei Studien der Dissertation	5
2.	Das hypothetisch-deduktive Verfahren angelehnt an Arnold (2015) . . .	7
3.	Rahmenkonzept wissenschaftsmethodischer Kompetenzen nach Mayer (2007)	13
4.	Das Modell der professionellen Handlungskompetenz nach Riese (2009, S. 26)	38
5.	Visualisierung eines eindimensionalen Modells nach Riese (2009)	46
6.	Visualisierung eines dreidimensionalen Modells nach Tepner et al. (2012)	46
7.	Erweitertes Angebots- und Nutzungsmodell zur Erklärung der Wirksam- keit von Fortbildungen nach Lipowsky (2010)	71
8.	Ablauf der Studie 1	91
9.	Beispielaufgabe für die Erfassung <i>Hypothesen bilden - Hypothesen for- mulieren</i>	94
10.	Beispielaufgabe für die Erfassung <i>Hypothesen bilden - überprüfbare Hy- pothesen auswählen</i>	94
11.	Beispielaufgabe für die Erfassung <i>Untersuchungen planen - Experimente selbstständig planen</i>	95
12.	Beispielaufgabe für die Erfassung <i>Untersuchungen planen - Experiment auswählen</i> nach Schwichow et al. (2016b)	96
13.	Beispielaufgabe für die Erfassung <i>Daten auswerten und interpretieren - Daten auswerten</i> nach Saffran (2016)	96
14.	Beispielaufgabe für die Erfassung <i>Daten auswerten und interpretieren - Daten interpretieren</i>	97
15.	Beispielaufgabe für die Erfassung <i>Begründen</i>	103

16.	Die Leistungen der Experimental- und Kontrollgruppe in der dritten Jahrgangsstufe	112
17.	Prozentuale Häufigkeiten des Planens mit Bezug zur VKS bei den Items zum selbstständigen Planen	113
18.	Die Leistungen der Skala <i>Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen</i> der Experimental- und Kontrollgruppe in der dritten Jahrgangsstufe	115
19.	Verteilung der Begründungen der Schülerinnen und Schüler auf die verschiedenen Kategorien $N = 1209$	117
20.	Das Vorgehen der Schülerinnen und Schüler $N = 1734$	121
21.	Ablauf der Interventionsstudie	136
22.	Beispielaufgabe für die Teilkompetenz <i>Entwickeln von naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Hypothesen</i> nach Vorholzer (2016)	141
23.	Beispielaufgabe für die Teilkompetenz <i>Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen</i> aus Vorholzer (2016, S. 174)	141
24.	Beispielaufgabe für die Teilkompetenz <i>Auswerten und Interpretieren von Daten</i> aus Vorholzer (2016, S. 170)	142
25.	Beispielaufgabe für die Facette <i>Wissen über Instruktions- und Vermittlungsstrategien - Modelle</i>	146
26.	Beispielaufgabe für die Facette <i>Wissen über Instruktions- und Vermittlungsstrategien - Experimente</i>	146
27.	Beispielaufgabe für die Facette <i>Wissen über Schüler und Schülerkognitionen - Experiment</i>	147
28.	Beispielaufgabe für die Facette <i>Wissen über Schüler und Schülerkognitionen - methodischer Fehler</i>	147
29.	Beispielaufgabe für die Facette <i>Wissen über Instruktions- und Vermittlungsstrategien - Experimente</i> mit möglichen Antworten	148
30.	Die Unterschiede im fachmethodischen Wissen zwischen Studierenden und Lehrkräften	158
31.	Die berichteten Lernaktivitäten der Interventionsgruppen	160
32.	Die empfundene kognitive Belastung der Interventionsgruppen	161
33.	Das situationale Interesse der Interventionsgruppen	162

34.	Das fachmethodische Wissen der Studierenden vor und nach der Intervention	163
35.	Das Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie der Studierenden vor und nach der Intervention	164
36.	Didaktisches Potential der Experimente in Bezug auf die Variablenkontrollstrategie	185

Tabellenverzeichnis

1.	Übersicht über Studien zur Erhebung des Professionswissens	40
2.	Übersicht über Studien zur Erhebung des fachdidaktischen Wissens . .	47
3.	Inhaltliche Verteilung der Items auf die Teilkompetenzen	98
4.	Kategorien der offenen Items zur Teilkompetenz Planen von naturwis- senschaftlichen Untersuchungen	99
5.	Schwierigkeit und Trennschärfe aller 17 Items zur Erfassung der Experi- mentierfähigkeit	100
6.	Schwierigkeit und Trennschärfe der 15 Items des finalen Testinstruments zur Erfassung der Experimentierfähigkeit	101
7.	Skala Experimentierfähigkeit	102
8.	Schwierigkeit und Trennschärfe der 6 Items zur Erfassung der Skala Begründen	105
9.	Skala Begründen	106
10.	Die Kategorien der Aufgaben der Skala <i>Begründen</i>	107
11.	Deskriptive Statistiken der Experimentierfähigkeit	109
12.	Werte der robusten Ancova zur Experimentierfähigkeit	109
13.	Leistungswerte der einzelnen Klassen	110
14.	Deskriptive Statistiken der Experimentalgruppe (EG) und Kontrollgrup- pe (KG) für die dritte und vierte Jahrgangsstufe	111
15.	Vergleich der Experimentierfähigkeit der Experimentalgruppe (EG) und Kontrollgruppe (KG) in der vierten Klasse	111
16.	Deskriptive Statistik der Teilskala <i>Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen</i>	113
17.	Deskriptive Statistiken der Teilskala <i>Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen</i> pro Gruppe	114

18.	Vergleich der Teilskala <i>Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen</i> zwischen der dritten und vierten Klasse	114
19.	Vergleich der Teilskala <i>Planen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen</i> zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe in der vierten Klasse	116
20.	Anteil der Begründungen mit Bezug zur Variablenkontrollstrategie pro Item	118
21.	Unterschiede zwischen dritter und vierter Klasse in der Art der Begründungen	119
22.	Deskriptive Statistiken zu den Arten der Begründungen für Experimental- und Kontrollgruppe	119
23.	Übersicht über den Zusammenhang zwischen Planen/Auswählen und Begründen	122
24.	Kennwerte der Skalen Einflussfaktoren während des Lernprozess	139
25.	Inhaltliche Verteilung der Items auf die Teilkompetenzen	143
26.	Schwierigkeit und Trennschärfe der Items zum fachmethodischen Wissen	144
27.	Anzahl der Items pro Facette und Inhaltsbereich	148
28.	Kategoriensystem zu den Antworten der Lehrkräfte	149
29.	Schwierigkeit und Trennschärfe aller 28 Items der Skala fachdidaktisches Wissen	151
30.	Schwierigkeit und Trennschärfe der 21 Items der finalen Skala fachdidaktisches Wissen	152
31.	Kennwerte der Skalen der Kontrollvariablen	154
32.	Werte der Kontrollvariablen für die Lehrkräfte und Studierenden	155
33.	Werte der Kontrollvariablen pro Gruppe	156
34.	Deskriptive Statistiken der Wissenstests der Kontrollgruppe	157
35.	Mittelwerte und Standardabweichungen zum fachmethodischen Wissen und didaktischen Selbstkonzept bezüglich der Variablenkontrollstrategie vor und nach der Intervention	163
36.	Die analysierten Lehrwerke	177
37.	Kategorien der Analyse der einzelnen Experimente	181
38.	Hinweise zur Variablenkontrollstrategie in den Lehrwerken	184

39.	Vergleich zwischen den Schulbüchern für die dritte und vierte Jahrgangsstufe	187
40.	Analysen auf Schulbuchebeene	190

Anhang A.

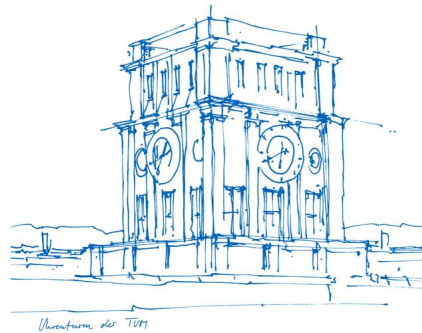
Materialien Sitzung 1

A.1. Präsentation Sitzung 1



Einfach probieren oder systematisch variieren? Die Variablenkontrollstrategie in der Grundschule

Heidi Haslbeck
Technische Universität München
TUM School of Education
Lehrstuhl für Schulpädagogik



Gliederung

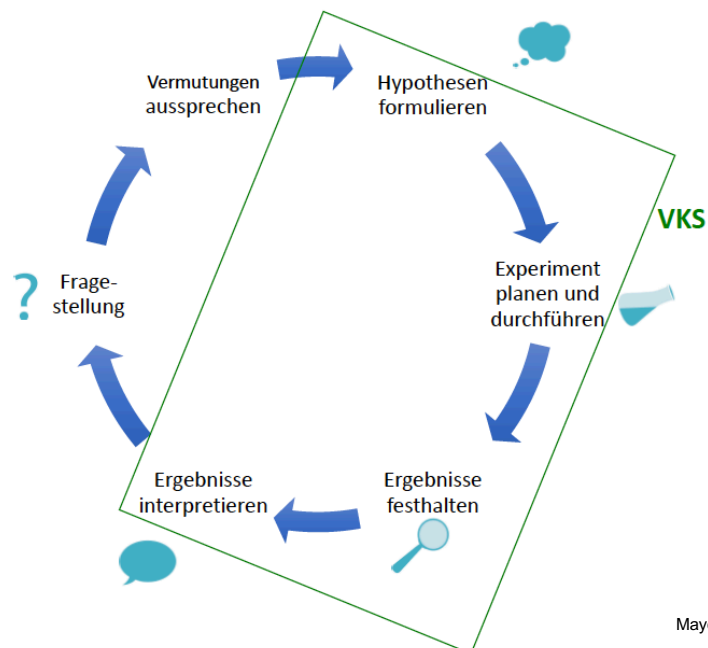
1. Experimente im Sachunterricht
2. Der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg
3. Die Variablenkontrollstrategie (VKS)

1. Experimente im Sachunterricht

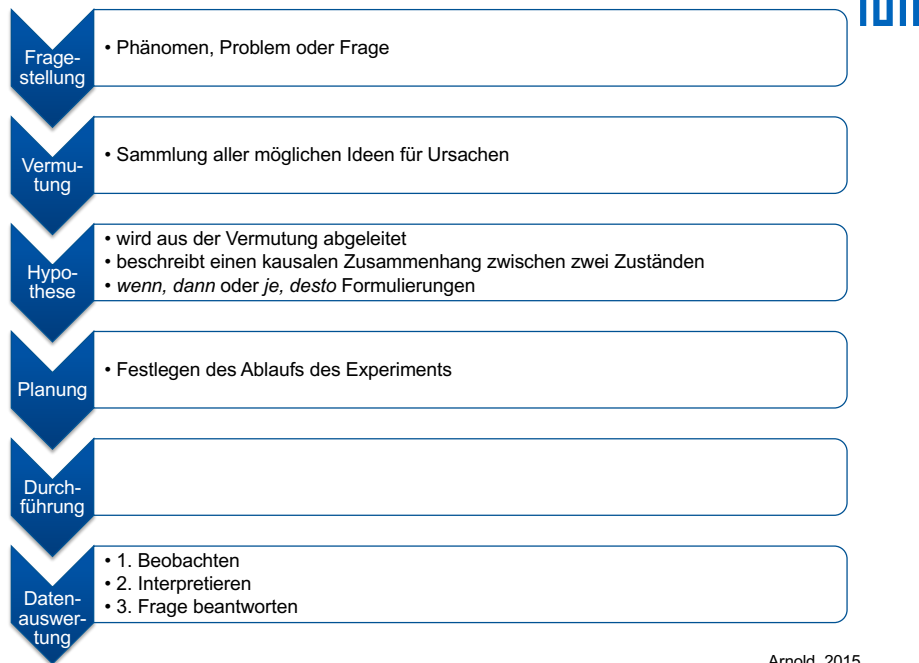
- Naturwissenschaftliche Untersuchungsmethode, die herangezogen wird, wenn man kausale Zusammenhänge untersuchen will
- Möglichkeit, naturwissenschaftliche Konzepte und naturwissenschaftliche Methoden zu lernen (Duit et al., 2007)
- fachgemäße Denk- und Arbeitsweise (Grube et al. 2007, Mayer 2007)
- Kinder erwerben neben kognitiven (Argumentieren, logische Verknüpfungen) und manuellen (Messen) Fähigkeiten auch affektive-emotionale Fertigkeiten (Mayer, 2005) z.B. Konzentration auf das Wesentliche, soziale Kompetenz, Interesse.
- Inhalt des Lehrplan PLUS: prozessbezogene Kompetenzen (fachgemäße Methodenkompetenz, eigenständige Wege zum Erschließen von Fragestellungen) & Gegenstandsbereich (Natur und Umwelt)

3

2. Der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess TUM



4



3. Die Variablenkontrollstrategie (VKS)

- TUM**
- Kausale Zusammenhänge: abhängige und unabhängige Variable
 - Messbare Merkmale
 - Störvariablen
 - Die VKS:
 - Variation der unabhängigen Variable
 - Messen der abhängigen Variable
 - Konstant halten aller anderen Variablen (Störvariablen)

(Chen & Klahr, 1999)
 - wichtiges Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts (NGSS Lead States, 2013; National Research Council, 2012, p. 5;)
 - Vermittlung ist ab Kindergartenalter möglich (Sodian & Mayer, 2013)
 - Schülerinnen und Schüler beherrschen die VKS häufig in der Oberstufe nicht (z.B. Silar & Klahr, 2012)



© Siemens Stiftung



Möglichkeiten des Experimentierens

	Fragestellung vorhanden	Fragestellung nicht vorhanden
Vorgehensweise vorgegeben	Laborieren	Versuche durchführen
Vorgehensweise nicht vorgegeben	Experimentieren	Explorieren / freies Entdecken

Grygier & Hartinger 2009, S.15



Beispiele

Biologie:

Fragestellung: Was benötigt ein Samen zum Keimen?

Vermutung: Der Samen benötigt Wasser und Licht.

Hypothese:

Versuchsaufbau nach der VKS:

Ansatz	Erde	Wasser	Licht	Beobachtung
1	+	+	+	
2	-	+	+	
3	+	-	+	
4	+	+	-	

8



Beispiele

Physik:

Fragestellung: Leitet Holz Strom?

Vermutung: Holz leitet den Strom nicht.

Hypothese:

Versuchsaufbau nach der VKS:



9



Beispiele

Chemie:

Fragestellung: Wo trocknet das T-Shirt am schnellsten?

Vermutung: Das T-Shirt trocknet in der Sonne schneller als im Schatten.

Hypothese: Wenn das T-Shirt in der Sonne liegt, dann trocknet es schneller als das T-Shirt im Schatten.

Versuchsaufbau nach der VKS:

Ansatz 1:



Ansatz 2:



10



Fragen???

?

Kontakt: Heidi Haslbeck, TUM School of Education, Lehrstuhl für Schulpädagogik
heidi.haslbeck@tum.de

11

A.2. Arbeitsblatt Experimentiergruppe (EG1)

EximU – Experimente im Unterricht
 Technische Universität München
 Lehrstuhl für Schulpädagogik
 Heidi Haslbeck/Prof. Dr. Eva-Maria Lankes



Arbeitsblatt: Experimentieren mit der Kellerassel

CODE: _ _ _ _ _

Frau Müller hat unter Ihren Blumentöpfen im Wintergarten Kellerasseln entdeckt. Kellerasseln gehören zu den Landasseln und damit in die Klasse der Krebse, die ihrerseits dem Stamm der Gliederfüßer (Arthropoda) zugeordnet werden. Sie sind schiefergrau bis gelbgrau gefärbt und können eine Größe zwischen 3 und 20 mm erreichen. Sie besitzt einen halbring-förmigen, gegliederten Rückenpanzer und haben eine Lebens-erwartung von zwei Jahren.

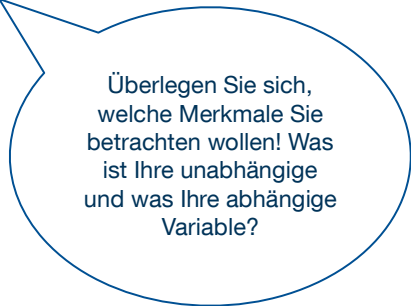
Frau Müller will herausfinden unter welchen Bedingungen Kellerasseln gerne leben, damit sie den Wintergarten so gestalten kann, dass die Asseln abwandern.

Fragestellung: Unter welchen Bedingungen leben Kellerasseln bevorzugt?

- Vorhandenes Material:
- Petrischalen
 - Kellerasseln
 - Schwarzes Tonpapier
 - Lineal, Tesafilm, Schere, Stift
 - Rotlicht
 - Filterpapier
 - Wasser

Welche Vermutungen haben Sie?

Formulieren Sie bitte eine mit dem Material überprüfbare Hypothese!



So erstellen Sie Ihren eigenen, persönlichen Code: 1. und 2. Buchstabe des Vornamens der Mutter, 1. und 2. Buchstabe des Vornamens des Vaters, Tag Ihrer Geburt. Beispiel: Die Mutter heißt Sonja, der Vater heißt Helmut, der Geburtstag ist der 08. Juni 1989. Der Code wäre dann: SOHE08

EximU – Experimente im Unterricht
Technische Universität München
Lehrstuhl für Schulpädagogik
Heidi Haslbeck/Prof. Dr. Eva-Maria Lankes



Arbeitsblatt: Experimentieren mit der Kellerrassel

Wie verändern Sie die unabhängige Variable? Wie messen Sie die abhängige Variable?

Planen Sie ein Experiment um Ihre Hypothese zu überprüfen! Beschreiben Sie dessen Aufbau.

Führen Sie das Experiment durch und notieren Sie Ihre Beobachtungen!

Stellen Sie nur Beobachtungen dar?

Welche Schlussfolgerungen sind aus diesem Experiment möglich? Wie könnten Sie Ihr Experiment optimieren?

Werten Sie Ihre Ergebnisse aus!

A.3. Lehrbuchtext Lesegruppe (EG2)

Experimentieren im Sachunterricht der Grundschule

Naturwissenschaften und Technik nehmen in der modernen Wissensgesellschaft eine zentrale Rolle ein und begegnen uns überall im privaten und beruflichen Alltag. Kinder gehen fragend durch die Welt und wollen ihre eigenen Entdeckungen machen. Nach Elternhaus und Kindergarten hat vor allem die Grundschule die Möglichkeit dieses Interesse aufzunehmen. Kinder können gemeinsam mit ihrer Lehrkraft die Welt entdecken und ihre Fragen beantworten. So können sie mittels Experimenten beispielsweise Antworten auf folgende Fragen finden: Wo lebt die Kellerassel am liebsten? Trocknet Wäsche mit Wind oder ohne Wind schneller? Wohin verschwindet das Wasser? Warum leuchtet die Lampe?

1. Der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg

Naturwissenschaftliche Bildung orientiert sich an dem Bildungskonzept der Scientific Literacy, welches die naturwissenschaftliche Grundbildung als ein multidimensionales Konstrukt sieht (Bybee, 2002). Durch frühes naturwissenschaftliches Lernen wird zum einen Wissen über naturwissenschaftliche Konzepte und Zusammenhänge (*naturwissenschaftliches Wissen*) aufgebaut, z.B. *über den bevorzugten Aufenthaltsort der Kellerassel*. Zum anderen wird Wissen über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen (*Wissen über Naturwis-*

enschaften) vermittelt und der Aufbau von Interesse und Motivation gefördert (Prenzel, Geiser, Langeheine, & Lobemeier, 2003). Naturwissenschaftliches Wissen wird meistens mittels des hypothetisch-deduktiven Verfahrens (dem sog. naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg) gewonnen. Das hypothetisch-deduktive Vorgehen unterscheidet sich vom induktiven Vorgehen dadurch, dass immer zu Beginn eine Hypothese aufgestellt wird, welche mit Experimenten überprüft bzw. belegt oder widerlegt wird. Beim induktiven Vorgehen wird aus einer Reihe bereits durchgeführter Experimente eine Regel oder Theorie geschlossen (Nerdel, 2017). Hypothesen des hypothetisch-deduktiven Vorgehens sind somit durch Experimente falsifizierbar.



Abbildung 1: Der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg

Der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess besteht in der Idealform aus mehreren Teilschritten. Ausgangspunkt ist immer eine Beobachtung oder ein Problem, aus der bzw. dem sich eine *wissenschaftliche Fragestellung* ergibt. Zuerst sammelt ein Wissenschaftler *Vermutungen* zur Beantwortung der Frage oder zur Lösung des Problems. Aus den Vermutungen leitet er *Hypothesen* ab, die so formuliert sein müssen, dass sie durch ein Experiment überprüft werden können. Erst im Anschluss daran kann der Forscher oder die Forscherin die Untersuchung planen und entscheiden, welche Methode am besten geeignet ist, um die Frage zu beantworten. Anschließend wird das Experiment durchgeführt, die Daten werden festgehalten und schließlich mit Fokus auf die eingangs aufgestellte Hypothese interpretiert. Am Beispiel der Kellerassel, einem heimischen Lebewesen aus dem täglichen Umfeld der Schülerinnen und Schüler, kann der Erkenntnisweg mit der Beobachtung beginnen, dass unter Blumentöpfen in einem Wintergarten viele Asseln leben. Die Besitzer des Wintergartens würden diesen Umstand gerne ändern und stellen sich die Frage, unter welchen Bedingungen die Kellerassel am liebsten lebt. Sie könnten vermuten, dass Kellerasseln es gerne dunkel, feucht und staubig haben. Sie möchten das überprüfen und stellen als erstes die folgende Hypothese auf: Wenn Asseln Licht ausgesetzt sind, dann flüchten sie. Anhand dieser Hypothese wird anschließend folgendes Experiment

Induktiv-Deduktiv	
Induktion (vom Besonderen zum Allgemeinen)	Schlussfolgerung von beobachteten Phänomenen auf eine allgemeinere Erkenntnis z.B. Naturgesetz (Meyer, 2015)
Deduktion (vom Allgemeinen zum Besonderen)	Überprüfung einer Hypothese mittels Experimenten; Hypothesen müssen mittels Experimenten falsifizierbar sein (Nerdel, 2017)

Kasten 1: Unterscheidung induktiv - deduktiv

geplant: 10 Kellerasseln werden in einer halb abgedunkelten Petrischale hellem Licht ausgesetzt. Nach circa 5 Minuten wird gezählt, wie viele Asseln sich im abgedunkelten Bereich aufhalten und wie viele im hellen. 9 Kellerasseln können im abgedunkelten Bereich abgezählt werden. Somit ist die zu Beginn aufgestellte Hypothese bestätigt.

Im wissenschaftlichen Forschungsprozess werden selten alle diese Schritte strikt durchlaufen, für den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler ist dieses strukturierte Vorgehen aber sinnvoll (Arnold, 2015). Die Schülerinnen und Schüler beobachten Phänomene, die sie nicht verstehen, stellen sich Fragen und beginnen, ihre Theorien und ihr Vorwissen in Frage zu stellen. Durch Hypothesen und naturwissenschaftliche Untersuchungen versuchen sie, diese Fragen zu klären. Im Rahmen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges kommen an vielen Stellen naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und Methoden zum Einsatz, die im folgenden Absatz beschrieben werden.

2. Die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen

Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen sind Denk- und Arbeitsmethoden, mit deren Hilfe man zu Erkenntnissen in einem Wissensgebiet gelangt. Sie werden als ein Teilbereich naturwissenschaftlicher Kompetenz angesehen.

In der Literatur (z.B. Gropengießer, 2013a; Killermann, Hiering & Starosta, 2016 ; Nerdel, 2017) werden die folgenden Arbeitsweisen übereinstimmend genannt:

- Beobachten: Beschreibung von Veränderungen in Raum und Zeit
 - o Vergleichen: Gegenüberstellung mind. zweier Vorgänge oder Objekte, die miteinander in Beziehung gesetzt werden.
- Untersuchen: Beobachtung mit Eingriff in das Beobachtungsobjekt z. B. Objekt wird zerschnitten.
- Experimentieren: Fokus auf dynamische Vorgänge mit einem gezielten Eingriff in die Bedingungen des Vorgangs. Unterteilbar in die Teilarbeitsweisen und -techniken (Nerdel, 2017):
 - o Vermuten & Prüfen
 - o Beobachten/ Messen
 - o Protokollieren
 - o Zeichnen/ Diagramme erstellen
 - o Modellieren/Mathematisieren.

In der aktuellen Forschung gibt es unter-

schiedliche Ansätze zur Unterteilung der fachgemäßen Arbeitsweisen. Killermann, Hiering und Starosta (2016) zählen: Betrachten, Beobachten, Untersuchen und Experimentieren zu den fachgemäßen Arbeitsweisen. Vergleichen und Ordnen werden als Unterarten des Beobachtens gesehen. Gropengießer (2013) unterscheidet nur zwischen Beobachten und Experimentieren. Er versteht das Untersuchen als Beobachten mit Eingriff in den Bau und das Vergleichen als eine auf der Beobachtung beruhenden Erkenntnismethode (Gropengießer, 2013). Die fachgemäßen Arbeitsweisen werden laut den Ergebnissen von PISA 2002 bisher im deutschen naturwissenschaftlichen Unterricht eher unsystematisch gefördert (Wüsten, 2010). Der naturwissenschaftliche Unterricht gibt Schülerinnen und Schülern einen Einblick in die Denk- und Arbeitsweisen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und vermittelt ihnen die dafür nötigen Voraussetzungen und Methoden. Durch das frühzeitige Erlernen und den regelmäßigen Einsatz der fachgemäßen Arbeitsweisen im Unterricht

- erwerben die Schülerinnen und Schüler fachliches Wissen (Nehring, Nowak, Tiemann, & Upmeyer zu Belzen, 2011),
- erlangen ein tieferes naturwissenschaftliches Verständnis,
- trainieren die Schülerinnen und Schüler allgemeine und auf viele Fächer übertragbare Fähigkeiten wie genaues

Beobachten, Vergleichen oder Messen (Duit, Gropengießer, & Stäudel, 2007),

- erproben die Schülerinnen und Schüler in welchen Darstellungsformen Ergebnisse präsentiert werden können und
- lernen sie, die Stimmigkeit naturwissenschaftlicher Aussagen selbstständig zu beurteilen.

Somit tragen die fachgemäßen Arbeitsweisen zur Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler in den Kompetenzbereichen Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung bei.

Durch die Einführung der Bildungsstandards und der Verortung der fachgemäßen Arbeitsweisen im Bereich der Erkenntnisgewinnung wurde explizit geäußert, dass das Erlernen der Arbeitsweisen im schulischen Alltag gefördert werden sollte. Im Rahmenmodell zur Beschreibung und Strukturierung von Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung enthalten die wissenschaftlichen Erkenntnismethoden neben den praktischen Arbeitstechniken und den Charakteristika der Naturwissenschaften eine eigene Dimension (Mayer, 2007).

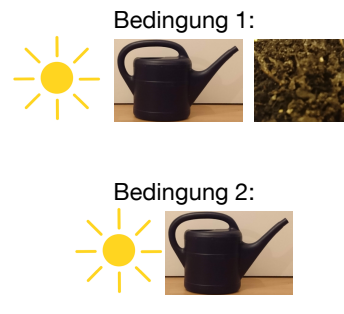
3. Das Experiment und die Variablenkontrolstrategie

Das Experimentieren spielt eine herausragende Rolle in den fachgemäßen Arbeitsweisen der Naturwissenschaften und gilt als Zentrum naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden. Denn Experimente vermitteln den Schülerinnen

und Schülern Erfahrungen, die zum Verstehen von Begriffen und Prinzipien nötig sind und machen die Bedeutung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse im Alltag deutlich.

Wissenschaftliches Arbeiten gemäß des wis-

Aufbau des klassischen Experiments am Beispiel der Kressekeimung:



Kasten 2: Aufbau eines klassischen Experiments am Beispiel der Kressekeimung. Bedingung 1 mit Erde, Bedingung 2 ohne Erde.

senschaftlichen Erkenntnisweges ist nach Duit et al. (2007) sehr gut zu erlernen.

Das Experimentieren erfordert das zielgerichtete Eingreifen in Abläufe oder Objekte. Durch kontrollierte, künstlich veränderte Bedingungen werden die Ursachen von kausalen Zusammenhängen deutlich und die Abhängigkeit bestimmter Abläufe aufgezeigt (Wellnitz & Mayer, 2008). Dies geschieht durch systematische Isolation, Variation und Kombination von einzelnen Faktoren. Wichtige Faktoren zum Überprüfen der Hypothesen sind sogenannte Variablen, d.h. Merkmale von Situationen oder Zuständen. Die abhängige Variable (AV) ist das Merkmal, bei dem eine Veränderung beobachtet werden soll. Im Falle der Kellerassel wäre das die Vorliebe der Kellerassel in Bezug auf ihren

Aufenthaltsort. Die unabhängige Variable (UV) wird gezielt verändert, um die Konsequenzen für die abhängige Variable zu erfassen. Die unabhängige Variable ist somit die zu prüfende Einflussgröße, welche die Veränderungen an der abhängigen Variable beeinflusst; diese Veränderungen werden gemessen.

Die Variablenkontrollstrategie

1. Variation der unabhängigen Variable = UV (Stellgröße)
2. Messen der abhängigen Variable = AV (Messgröße)
3. Konstanthalten aller anderen Variablen (Störvariablen)

Kasten 3: Wichtige Faktoren der Variablenkontrollstrategie

Im Falle der Kellerassel wäre das, in Hinblick auf die zu prüfende Hypothese, die Helligkeit der Umgebung. Mögliche Störvariablen werden gezielt konstant gehalten, da ihr Einfluss momentan nicht im Interesse des Ansatzes ist und sie die abhängige Variable nicht beeinflussen sollen. Im Falle der Kellerassel wären das z.B. Feuchtigkeit oder Temperatur. Die Strategie, nur eine einzige Variable, nämlich eine unabhängige Variable zu variieren, wird als Variablenkontrollstrategie (VKS) bezeichnet. Die Notwendigkeit eines Kontrollansatzes sollte den Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren ebenso näher gebracht werden, wie die grundsätzliche Unsicherheit von Einzelbefunden (Gropengießer, 2013b). Am Beispiel der Kellerassel bedeutet das, dass man nur von einer

oder zwei Asseln, die sich lieber im Dunkeln aufhalten nicht davon ausgehen kann, dass dies auf alle Asseln zutrifft. Durch das Beherrschen der Variablenkontrollstrategie erlernt man zudem, fehlerhaft geplante Experimente zu erkennen und darauf basierende kausale Schlussfolgerungen in Frage zu stellen. Zieht man nochmals das Beispiel der Kellerassel heran, wäre dies der Fall, wenn ein feuchter, heller Ort mit einem dunklen, trockenen Ort verglichen würde. Wenn gleichzeitig mehr als ein Faktor verändert wird, hier die Faktoren Licht und Feuchtigkeit, ist es nicht möglich - eine kausale Schlussfolgerung zu ziehen - die Ursache für den Aufenthaltsort der Asseln zu bestimmen. Das klärende Experiment, welches alle Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens enthält, ist ein Weg, den Schülerinnen und Schülern Grundsätze naturwissenschaftlichen Arbeitens und Einblicke in die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zu vermitteln (Gropengießer, 2013b).

Mittels der dargestellten fachgemäßen Arbeitsweisen ist es den Schülerinnen und Schülern möglich, selbstständig aktiv am naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg teilzunehmen und ihre Kompetenzen zu erweitern. Die fachgemäßen Arbeitsweisen nehmen einen wichtigen Anteil bei der Vermittlung von Kompetenzen ein, weshalb ihre Anwendung explizit im Lehrplan gefordert wird. „Dazu wenden sie verschiedene, für die einzelnen fachwissenschaftlichen Perspektiven typische Vorgehensweisen an (z. B. Befragungen durchführen, Daten



sammeln, Vermutungen formulieren, Objekte und Quellen untersuchen, experimentieren, Räume erkunden, Modelle und Modellvorstellungen nutzen, Beobachtungen dokumentieren, auswerten). So erwerben die Kinder ein breites Repertoire an fachgemäßen Methodenkompetenzen.“ (Bayrisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst, 2014.)

4. Experimentieren im Grundschulunterricht

Naturwissenschaftliches Experimentieren im Grundschulunterricht unterscheidet sich allerdings von Experimenten, die Wissenschaftler durchführen darin, dass Experimente von Wissenschaftlern üblicherweise dazu dienen, neue Erkenntnisse zu gewinnen (u.a. Beck & Clausen, 2000). Im Gegensatz dazu wollen Lehrkräfte beim Experimentieren mit Kindern erreichen, dass diese für sich selbst neue Erkenntnisse gewinnen und nicht der Wissenschaftsbereich (Windt et al., 2014). Gemeinsam ist beiden Formen des Experimentierens jedoch, dass Erfahrungen gesammelt, Vermutungen überprüft und Fragen beantwortet werden. Experimente sind immer eine Methode zur Erkenntnisgewinnung und spielen auch im Alltag eine Rolle. Im Grundschulunterricht werden viele verschiedene Aktivitäten als Experiment bezeichnet. Dies ist nicht problematisch, jedoch sollten den Lehrkräften die Unterschiede klar sein und sie sich dessen bewusst sein, welche Lernziele sie mit der jeweiligen

Form erreichen wollen. Das kindliche Experimentieren lässt sich nach Grygier und Hartinger (2009) in folgende Formen unterteilen:

- Experimentieren: Es ist eine echte Fragestellung vorhanden und die Vorgehensweise muss noch geplant werden.
- Versuche durchführen: Es ist keine Fragestellung vorhanden, die Vorgehensweise ist vorgegeben.
- Explorieren: Es ist keine Fragestellung vorhanden und auch keine Vorgehensweise vorgegeben. Die Schülerinnen und Schüler dürfen frei erforschen.
- Laborieren: Es ist eine echte Fragestellung vorhanden und die Vorgehensweise wird den Schülerinnen und Schülern vorgegeben.

Tabelle 1: Die Formen des Experiments in der Grundschule

	Fragestellung vorhanden	Fragestellung nicht vorhanden
Vorgehensweise vorgegeben	Laborieren	Versuche durchführen
Vorgehensweise nicht vorgegeben	Experimentieren	Explorieren

Die beschriebene Unterscheidung ist nicht als ein festes System zu sehen, sondern mehr als eine Orientierung (Grygier & Hartinger, 2009). Alle vier Formen haben ihre Begründung im Grundschulunterricht und durch alle kann die Variablenkontrollstrategie mit verschiedenen Schwerpunkten gefördert werden.



Literatur:

Arnold, J. (2015). *Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim Forschenden Lernen: Eine Interventionsstudie zur Förderung des Wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe*. Berlin: Logos.

Bayrisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst: *LehrplanPLUS. Grundschule*. 2014.

Beck, G., & Claussen, C. (2000). Experimentieren im Sachunterricht. *Die Grundschulzeitschrift*, 139(2000), 10-11

Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy - Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 21-43). Opladen: Leske & Budrich.

Duit, R., Gropengießer, H., & Stäudel, L. (2007). *Naturwissenschaftliches Arbeiten*. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag.

Gropengießer, H. (2013a). Erkunden und Erkennen. In H. Gropengießer, U. Harms, & U. Kattmann, *Fachdidaktik Biologie* (S. 268-272). Hallbergmoos: Aulis Verlag.

Gropengießer, H. (2013b). Experimentieren. In H. Gropengießer, U. Harms, & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 284-293). Hallbergmoos: Aulis Verlag.

Hartinger, A., Grygier, P., Tretter, T. & Ziegler, F. (2013). *Lernumgebungen zum naturwissenschaftlichen Experimentieren*.

Killermann, W., Hiering, P., & Starosta, B. (2016). *Biologieunterricht heute - Eine moderne Fachdidaktik*. Donauwörth: Auer Verlag.

Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger, & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177-186). Berlin: Springer.

Nehring, A., Nowak, K. H., Tiemann, R., & Upmeyer zu Belzen, A. (2011). „VerE-Studie“ – Vernetzung der Erkenntnisgewinnung zwischen Chemie- und Biologieunterricht. *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*, 510-512.

Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik: Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule*. Springer-Verlag.

Prenzel, M., Geiser, H., Langeheine, R., & Lobemeier, K. (2003). Das naturwissenschaftliche Verständnis am Ende der Grundschule. *Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*, 143-187.

Wellnitz, N., & Mayer, J. (2008). Evaluation von Kompetenzstruktur und -niveaus zum Beobachten, Vergleichen, Ordnen und Experimentieren. In D. Krüger, A. Upmeyer zu Belzen, T. Riemeier, & K. Niebert (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 7* (S. 129-144). Hannover.

Windt, A., Scheuer, R., & Melle I. (2014). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Elementarbereich – Evaluation unterschiedlich stark angeleiteter Lernsituationen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 20.1: 69-85.

Wüsten, S. (2010). *Allgemeine und fachspezifische Merkmale der Unterrichtsqualität im Fach Biologie. Eine Video- und Interventionsstudie*. Berlin: Logos.

A.4. Arbeitsblatt Lesegruppe (EG2)

EximU – Experimente im Unterricht
Technische Universität München
Lehrstuhl für Schulpädagogik
Heidi Haslbeck/Prof. Dr. Eva-Maria Lankes



Arbeitsaufträge zum Text „Experimentieren im Sachunterricht der Grundschule“

CODE: _ _ _ _ _

1. Haben Sie alles verstanden? Was nicht? Machen Sie sich bitte zuerst alleine Notizen und klären Sie dann offene Fragen mit Ihrem Nachbarn.

2. Konnten Sie alle Fragen klären? Welche Fragen konnten Sie klären und welche nicht?

3. Benennen Sie die für Sie zentralen Begriffe des Textes und definieren Sie diese schriftlich! Machen Sie sich bitte zuerst alleine Notizen und besprechen Sie sich dann mit Ihrem Nachbarn.

So erstellen Sie Ihren eigenen, persönlichen Code: 1. und 2. Buchstabe des Vornamens der Mutter, 1. und 2. Buchstabe des Vornamens des Vaters, Tag Ihrer Geburt. Beispiel: Die Mutter heißt Sonja, der Vater heißt Helmut, der Geburtstag ist der 08. Juni 1989. Der Code wäre dann: SOHE08

EximU – Experimente im Unterricht
Technische Universität München
Lehrstuhl für Schulpädagogik
Heidi Haslbeck/Prof. Dr. Eva-Maria Lankes



Arbeitsaufträge zum Text „Experimentieren im Sachunterricht der Grundschule“

4. Was sind die für Sie wichtigsten Botschaften/Informationen des Textes? Wie passen Sie zu dem, was Sie schon wussten? Machen Sie sich bitte zuerst alleine Notizen und besprechen Sie sich dann mit Ihrem Nachbarn.

5. Formulieren Sie das Vorgehen bei der Variablenkontrollstrategie in Schritten. Gibt es Versuche/ Forschungsfragen, wo man damit nicht zum Ziel kommt? Wenn ja, welche fallen Ihnen ein?

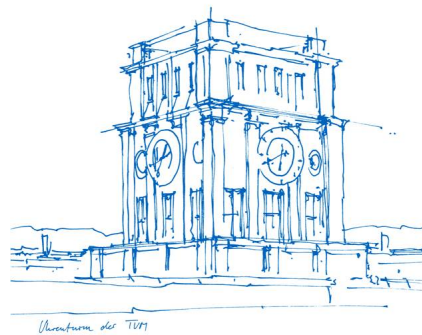
Anhang B.

Material Sitzung 2: Präsentation



Einfach probieren oder systematisch variieren? Die Variablenkontrollstrategie in der Grundschule

Heidi Haslbeck
Technische Universität München
TUM School of Education
Lehrstuhl für Schulpädagogik



Gliederung

1. Typische Schülerfehler beim Experimentieren
2. Nötiges Vorwissen für die Variablenkontrollstrategie
3. Vermittlung der Variablenkontrollstrategie



1. Typische Schülerfehler beim Experimentieren

Schülertypen beim Experimentieren: Ingenieurs-Modell und naturwissenschaftliches Modell

	„Ingenieurs-Modell“	„Naturwissenschaftliches-Modell“
Ziel	Ein gewünschtes interessantes Phänomen erzeugen	Ursache-Wirkungs-Beziehungen verstehen
Vorgehen I	Stark kontrastierende Ereignisse beobachten	Den Einfluss jeder potenziell bedeutenden Variablen untersuchen
Vorgehen II	Beachtung von Ergebnissen, welche die eigenen Erwartungen stützen	Beachtung aller Ergebnisse, um logische Schlussfolgerungen zu ziehen
Suche	Besondere Beachtung von Variablen, die für das Ergebnis wichtig sein könnten	Systematisches Testen von Hypothesen
Ende	Wenn das gewünschte Ergebnis erzeugt ist	Wenn die systematische Überprüfung aller Variablen abgeschlossen ist

Hammann, 2012

3



1. Typische Schülerfehler beim Experimentieren

Die Schülerinnen und Schüler ...

- lassen häufig einzelne Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges aus.
- variieren mehrere Variablen gleichzeitig.
- experimentieren meistens ohne Hypothese.
- zeigen Schwierigkeiten beim Rückbezug auf Hypothesen.
 - Sie sehen Experimente als Mittel, Hypothesen zu bestätigen nicht zu widerlegen.
- probieren häufig wahllos aus.
- machen häufig keinen Kontrollversuch.

Wahser & Sumfleth, 2008;
Hammann, Hoi Phan, Ehmer & Bayrhuber, 2006

4

2. Nötiges Vorwissen zur Variablenkontrollstrategie



- Merkmalsbegriff
- Unterscheidung zwischen messbaren und nicht messbaren Merkmalen
 - Messmethoden
- Kausales Verständnis: wenn – dann ; je – desto
z.B. Wenn Dinge mit Luft gefüllt sind, dann springen sie.

5

3. Vermittlung der Variablenkontrollstrategie



Wie kann die Variablenkontrollstrategie im Unterricht gefördert werden?

am Beispiel des Badehosenversuchs

1. Einstieg mittels eines kognitiven Konflikts (methodisch, inhaltlich)

kognitiver Konflikt: Konfrontation des Schülers mit den eigenen
Widersprüchen bezgl. eines Themenbereichs

(nach Gropengießer, Harms & Kattmann, 2013, S.202)

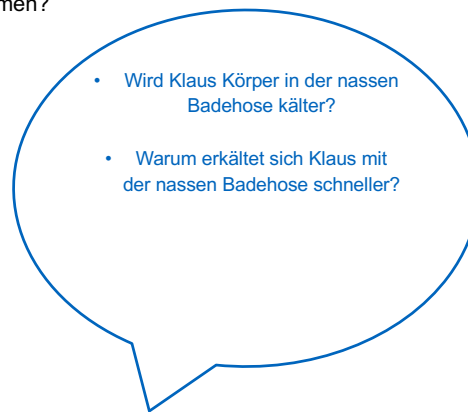
Klaus und Clara waren schwimmen. Klaus hat seine nasse Badehose noch an und Clara schon ihren trockenen Bikini. Clara: „Klaus zieh doch auch eine trockene Badehose an. Sonst muss dein Körper soviel Kraft aufbringen, damit du nicht frierst und dann wirst du krank.“ Klaus: „Warum sollte ich denn von einer nassen Badehose krank werden? Mein Körper wird doch nicht kälter.“

6



2. Fragestellungen:

- Ist die Fragestellung überprüfbar?
(zeitlich, aufwandstechnisch, experimentell)
- Führt die Fragestellung zu dem gewünschtem Versuch bzw. passen Versuch und Fragestellung zusammen?



7



3. Vermutungen:

- Welche Merkmale stecken in den Vermutungen? Wie können wir diese Merkmale überprüfen?
- Welches Merkmal wollen wir in dem Experiment untersuchen?

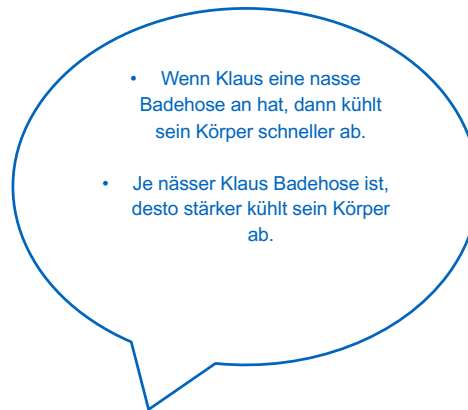


8



4. Hypothesen:

- Formulieren einer überprüfaren Hypothese mit unabhängiger und abhängiger Variable
- Wenn ..., dann
- Je..., desto

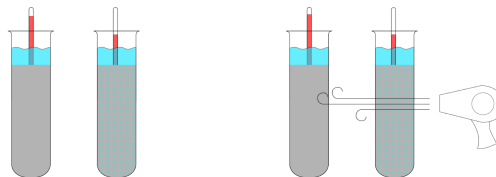


9



5. Planung und Durchführung

- Einsatz eines Vorführexperiments mit kognitiv herausfordernden Fragen
- Möglichkeiten der Unterstützung bei Schülerexperimenten
- Auswahl an verschiedenen Experimenten vorgeben (Sodian & Mayer, 2013)



- Schülerinnen und Schüler selbst planen lassen:
 - mit Einsatz von Unterstützungsfragen
 - Einsatz eines Flussdiagramms

Formulieren Sie bitte eine mit dem Material überprüfbare Hypothese!



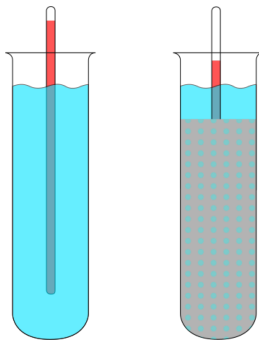
10



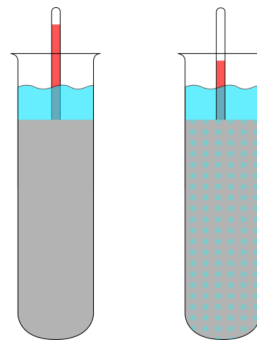
6. Auswertung

- Kontrast zwischen korrekt geplanten und fehlerhaften geplanten Experimenten aufzeigen

Ansatz 1:



Ansatz 2:



11



Arbeitsauftrag:

1. Sie wollen mit Ihrer Klasse das Thema Strom erarbeiten. Am Beispiel des Themenbereichs Leiter und Nichtleiter wollen Sie die Variablenkontrollstrategie trainieren.
2. Überlegen Sie mit Ihrem Partner und notieren Sie auf Ihr Arbeitsblatt,
 - welches Vorwissen die Schülerinnen und Schüler benötigen (methodisch und fachlich),
 - wie Sie in die Unterrichtseinheit einsteigen wollen,
 - welche Hypothese (mit UV und AV) Sie untersuchen wollen,
 - einen klassischen Schülerfehler zum Themenbereich und
 - wie Sie auf diesen Schülerfehler reagieren, damit der Schüler selbstständig den Fehler erkennen und selbstständig korrigieren kann.
3. Probieren Sie die Experimentiermaterialien aus und überlegen Sie anschließend, wie Sie das Schülerarbeitsblatt anpassen können, damit der Schwerpunkt auf der Variablenkontrollstrategie liegt.
4. Gestalten Sie das Arbeitsblatt nach Ihren Ideen um, damit die Variablenkontrollstrategie maximal gefördert werden kann.

12

Anhang C.

Instrument zur Erfassung des ICAP-Modells

EximU – Experimente im Unterricht
 Technische Universität München
 Lehrstuhl für Schulpädagogik
 Heidi Haslbeck/Prof. Dr. Eva-Maria Lankes



CODE: _____ Gruppe: Experimentieren Text

Zum Schluss noch ein paar Fragen, die uns helfen, die Aufgaben einzuschätzen.

Welche der folgenden Strategien haben Sie beim Bearbeiten der Aufgaben eingesetzt?

	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu
Ich habe mir während der Präsentation Notizen gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe Stellen im Text oder der Präsentation unterstrichen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mir eine Übersicht mit den Begriffen erstellt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe versucht Beziehungen zwischen der Variablenkontrollstrategie und mir bekannten Themen herzustellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe in Gedanken versucht, den Inhalt der Sitzung mit dem zu verbinden, was ich schon darüber weiß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mir konkrete Beispiele zu den Inhalten ausgedacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mit meinen Kommilitonen Beziehungen zwischen der Variablenkontrollstrategie und uns bekannten Themen hergestellt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mit meinen Kommilitonen die Vor- und Nachteile der Variablenkontrollstrategie verglichen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mit meinen Kommilitonen versucht, das Gelernte mit dem zu verbinden, was ich schon darüber weiß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mir mit meinen Kommilitonen konkrete Beispiele zu den Inhalten ausgedacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

So erstellen Sie Ihren eigenen, persönlichen Code: 1. und 2. Buchstabe des Vornamens der Mutter, 1. und 2. Buchstabe des Vornamens des Vaters, Tag Ihrer Geburt. Beispiel: Die Mutter heißt Sonja, der Vater heißt Helmut, der Geburtstag ist der 08. Juni 1989. Der Code wäre dann: SOHE08

Anhang D.

**Instrument zur Erfassung des didaktischen
Selbstkonzepts bezüglich der
Variablenkontrollstrategie**

Wie schätzen Sie sich selbst ein?

Kreuzen Sie in jeder Zeile ein Kästchen an.

	stimmt nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau
Ich kann den Kindern erklären, warum sie bei einem Experiment nur ein Merkmal und nicht mehrere gleichzeitig verändern sollen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich kann den Kindern erklären, warum man ein Merkmal konstant und nicht in unregelmäßigen Sprüngen verändern soll.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich kann den Kindern erklären, was passiert wenn man bei einem Experiment mehrere Merkmale verändert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich kann den Kindern erklären, warum man beim Experimentieren nur einen Faktor verändern sollte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich kann den Kindern erklären, wie sie die Wirkung eines einzelnen Merkmals durch ein Experiment feststellen können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich kann den Kindern den Unterschied zwischen der unabhängigen Variable und der abhängigen Variable erklären.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>