

# Inhaltsverzeichnis

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

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

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

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

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

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