

Landauer Beiträge zur
mathematikdidaktischen Forschung

RESEARCH

Kerstin Sitter

Geometrische Körper an inner- und außerschulischen Lernorten

Der Einfluss des Protokollierens auf
eine sichere Begriffsbildung



Springer Spektrum

Landauer Beiträge zur mathematikdidaktischen Forschung

Reihe herausgegeben von

Jürgen Roth , Landau, Deutschland

Stephanie Schuler, Landau, Deutschland

In der Reihe werden exzellente Forschungsarbeiten zur Didaktik der Mathematik an der Universität Koblenz-Landau publiziert. Sie umfassen das breite Spektrum der Forschungsarbeiten in der Didaktik der Mathematik am Standort Landau, das in der einen Dimension von empirischer Grundlagenforschung bis hin zur fachdidaktischen Entwicklungsforschung und in der anderen Dimension von der Unterrichtsforschung bis hin zur Hochschuldidaktischen Forschung reicht. Dabei wird das Lehren und Lernen von Mathematik vom Kindergarten über alle Schulstufen und Schulformen bis zur Hochschule und zur Lehrerbildung beleuchtet. In jedem Fall wird konzeptionelle Arbeit mit qualitativen und/oder quantitativen empirischen Studien verbunden. In der Reihe erscheinen neben Qualifikationsarbeiten auch Publikationen aus weiteren Landauer Forschungsprojekten.

Weitere Bände in der Reihe <http://www.springer.com/series/15787>

Kerstin Sitter

Geometrische Körper an inner- und außerschulischen Lernorten

Der Einfluss des Protokollierens auf
eine sichere Begriffsbildung

Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. Renate Rasch

 Springer Spektrum

Kerstin Sitter
Landau, Deutschland

Universität Koblenz-Landau, Campus Landau, 2019

Diese Arbeit ist zugleich eine Dissertation mit dem Originaltitel „Geometrische Körper an inner- und außerschulischen Lernorten und der Einfluss des Protokollierens auf eine sichere Begriffsbildung“ am Fachbereich 7: Natur- und Umweltwissenschaften der Universität Koblenz-Landau.

Landauer Beiträge zur mathematikdidaktischen Forschung
ISBN 978-3-658-27998-1 ISBN 978-3-658-27999-8 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-27999-8>

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

Springer Spektrum

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Springer Spektrum ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Geleitwort

In der vorliegenden Publikation stellt Kerstin Sitter eine Untersuchung zur Geometrie in der Grundschule vor. Anregungen und Ausgangsüberlegungen für die Arbeit wurden durch die Zusammenarbeit mit einer fachübergreifenden Forschergruppe an der Universität Koblenz-Landau, Campus Landau gewonnen. Ursprüngliches Ziel der Arbeitsgruppe war es, Ansätze für forschendes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht und im Mathematikunterricht zu entwickeln. Es mussten geeignete fachbezogene Inhalte festgelegt, Konzeptionen erarbeitet und mögliche Messinstrumente durchdacht werden. Um Ergebnisse fachübergreifend erfassen zu können, wurde als Form der selbstständigen Verschriftlichung von Arbeitsergebnissen durch die Schülerinnen und Schüler das Protokollieren gewählt. Auf der Grundlage eines kurzen Videos zu dem Inhalt, der im Fokus des jeweiligen Faches stand, sollten die Fähigkeiten im Protokollieren und damit im Zusammenhang stehende Leistungsbereiche gemessen werden.

Für Kerstin Sitter lag es nahe, den inhaltlichen Schwerpunkt ihres bisherigen wissenschaftlichen Arbeitens, den Geometrieunterricht in der Grundschule, weiter zu verfolgen. Es entstand die Idee, geometrische Körper an außerschulischen Lernorten forschend entdecken zu lassen. Dieses Thema war entsprechend der Lehrplanvorgaben insbesondere für das vierte Schuljahr geeignet. Obwohl davon ausgegangen werden kann, dass die Behandlung geometrischer Körper für Erkundungen an außerschulischen Lernorten besonders geeignet ist, konnte die Autorin nur wenige Anhaltspunkte in der Literatur finden und betrat somit didaktisches Neuland. Nach Konzepten für nachhaltiges Lernen musste gesucht und diese für die eigene Untersuchung adaptiert werden. In früheren Studien konnten Lernerfolge in der Sekundarstufe durch die Einbeziehung des Outdoorbereichs nachgewiesen werden. Allerdings fehlte die Nachhaltigkeit des erworbenen Wissens.

Geometrische Körper gehören angesichts ihrer Komplexität nicht unbedingt zu den leicht verständlichen Inhalten des Geometrieunterrichts. Insbesondere durch die Dreidimensionalität muss von den Lernenden vielfach räumliches Vorstellungsvermögen eingebracht werden. Hinzu kommt, dass Zusammenhänge zwischen geometrischen Körpern und Körpergruppen für Grundschul Kinder nicht so ohne weiteres einsehbar sind. Die Autorin kann zeigen, dass es durchaus möglich ist, das Verständnis für Begriffshierarchien bei geometrischen Körpern auch schon in der Grundschule anzubahnen. Um Zusammenhänge zwischen den Körperformen zu verstehen, sollten beispielsweise spätestens im vierten Schuljahr die Oberbegriffe Säulen bzw. Prismen in den Geometrieunterricht eingebunden werden.

Durch den gezielten Einsatz elementarer Grundhandlungen, dem Identifizieren und Realisieren sowie der Sprachhandlungen Beschreiben und Begründen gelingt es der Autorin eine nachhaltige Begriffsbildung zu erreichen, wie die Untersuchungsergebnisse eindrucksvoll belegen. Als Anhaltspunkt und Richtschnur wird das Niveaustufen-Modell von Pierre und Dina van Hiele genutzt. Auf dieser Basis gelingt es, Beschreibungs- und Begründungs-Niveaus festzulegen.

Die besonderen Vorteile des Entdeckens geometrischer Körper und ihrer Eigenschaften an außerschulischen Lernorten werden überzeugend herausgearbeitet. Vereinfachende Abbildungen in den Schulbüchern führen häufig dazu, dass Abstraktionsprozesse unterbleiben. Grundlage für Entdeckungen in der Umwelt sind dann ausschließlich Idealkörper. Die Autorin kann durch ihre Untersuchung belegen, dass durch das bewusste Aufnehmen von Bauwerken und räumlichen Anordnungen in der Umgebung der Kinder auf Besonderheiten, Abweichungen von Prototypen und funktionale Zusammenhänge zielgerichtet aufmerksam gemacht werden kann.

Durch die Aktivitäten an den außerschulischen Lernorten kann an das Protokollieren besonders einsichtig herangeführt werden. Um die Entdeckungen im Freien an den Gebäuden und Bauwerken festzuhalten, machte es für die Lernenden Sinn, Protokolle zu erstellen. Durch Körperskizzen und entsprechende Beschriftungen wurde das Erlebte ins Klassenzimmer getragen und dort weiter ausgearbeitet und besprochen. Aus den Aktivitäten am außerschulischen Lernort ergibt sich auch ein Zugang zum Zeichnen räumlicher Darstellungen bzw. geometrischer Körper. Kerstin Sitter gelang es, die Kinder zu motivieren, Fähigkeiten im räumlichen Zeichnen anzustreben und ihre Skizzen nach den Vorbildern im von der Autorin entworfenen Körperlexikon zu vervollkommen.

Kerstin Sitter konzipierte die Untersuchung im Prä-Post-Follow-up-Test-Design mit zwei Experimental- und einer Kontrollgruppe. Mit dem Prätest konnten gleiche Ausgangsbedingungen der drei Gruppen nachgewiesen werden. Zur Feststellung der geometrischen Leistungsentwicklung wurde von der Autorin ein Geometrietest entwickelt. Mit einem Video-Item wurde die Entwicklung der Protokollierfähigkeit erfasst. Die Konzipierung der Untersuchung erforderte immer wieder wissenschaftliche Eigeninitiative, da trotz des Studiums zahlreicher Quellen, für eine derartige Untersuchung im Bereich Geometrie nur wenig Erprobtes genutzt werden konnte. Neben den durch Zählprozesse erfassbaren Ergebnissen, wurde es mehrfach notwendig auf der Grundlage der Schülerdokumente mit aufwändigen Inhaltsanalysen zu arbeiten, die durch Rater abgesichert wurden. Die Überlegenheit der Experimentalgruppe, die die Gelegenheit erhielt, außerschulische Lernorte in Verbindung mit dem Protokollieren zum Entdecken geometrischer Körper zu nutzen, konnte durch die Ergebnisse der Untersuchung überzeugend belegt werden.

Ausgehend von der von der Autorin konzipierten und durchgeführten Untersuchung im Geometrieunterricht der Grundschule entstand eine spannende, äußerst interessante, lesenswerte Publikation.

Renate Rasch, Landau & Erfurt im Mai 2019

Zusammenfassung

Im Zentrum der vorliegenden Arbeit steht der Einbezug der außerschulischen Lernumgebung in den Geometrieunterricht der Grundschule. Auf der Basis eines Prä-Post-Test-Kontrollgruppendesigns wurde untersucht, ob und inwiefern die Nutzung und Einbeziehung außerschulischer Lernorte in Verbindung mit dem Protokollieren den Lernerfolg von Viertklässlern bei der Bearbeitung geometrischer Inhalte zu Körpern beeinflussen kann. Eine weitere Schwerpunktsetzung wurde auf die Erfassung und Analyse von Protokollierfähigkeiten gelegt.

Den Ergebnissen zufolge hatte der Einbezug der außerschulischen Lernumgebung in Verbindung mit dem Protokollieren einen positiven Effekt auf die Geometrieleistungen der Viertklässler. Nicht nur, wie vielfach im Zusammenhang mit außerschulischen Lernorten nachgewiesen, kurzfristig positive Effekte wurden erzielt, das Wissen und Können zu Körpern konnte auch langfristig aufrechterhalten werden. Als besonders wirksam und effektiv konnte dabei das gewählte Unterrichtskonzept, das eine adäquate Vernetzung schulischen und außerschulischen Lernens vorsah und von Anfang an ein bedeutungsvolles, beziehungsreiches Begriffslernen zu Körpern ermöglichte, gedeutet werden. Auch in Bezug auf die Entwicklung der Protokollierfähigkeit zeigte sich über den Interventionszeitraum hinweg eine positive Leistungssteigerung. Durch gezielte Protokollieranlässe ließen sich Fähigkeiten im Protokollieren nachhaltig steigern. Prompts, die als zusätzliche lernförderliche Maßnahmen im Protokollierprozess eingesetzt wurden, hatten bei den Viertklässlern hingegen keinen eindeutig positiven Einfluss. Zum Teil wurden sogar eher hemmende Effekte hinsichtlich der Entwicklung der Protokollierfähigkeit sowie Geometrieleistungen deutlich.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
I Theoretischer Teil	3
1 Geometrie in der Grundschule	5
1.1 Zur Situation des Geometrieunterrichts in der Grundschule	5
1.1.1 Fachdidaktische Einschätzungen	6
1.1.2 Empirische Studien	7
1.1.2.1 Studien aus Lehrersicht	8
1.1.2.2 Studien zur Mathematiklehrausbildung und Lehrerprofessionalität	11
1.1.2.3 Studien mit Blick auf Schülerleistungen	14
1.2 Inhalte und Anforderungen an die Geometrie in der Grundschule	20
1.2.1 Bildungsstandards und Rahmenpläne	21
1.2.1.1 Inhaltsbezogene Kompetenzen	21
1.2.1.2 Allgemeine (prozessbezogene) mathematische Kompetenzen ...	24
1.2.2 Fachbezogene Betrachtung ausgewählter geometrischer Körper	26
1.3 Lerntheoretische Grundlagen	35
1.3.1 Bilden geometrischer Begriffe und Wissenserwerb	35
1.3.1.1 Begriffe und Begriffsbildung im Alltag	35
1.3.1.2 Arten geometrischer Begriffe	38
1.3.1.3 Wege zur Einführung geometrischer Begriffe in der Grundschule	41
1.3.1.4 Stufenmodelle für den Begriffsbildungsprozess	47
1.3.2 Zeichnen räumlicher Figuren	51
1.3.2.1 Projektionsarten	51
1.3.2.2 Entwicklung des räumlichen Zeichnens	55
1.3.2.3 Grundlegendes Wissen für das Zeichnen von räumlichen Figuren	58
1.3.3 Entwickeln räumlicher Fähigkeiten	61
1.3.3.1 Visuelle Wahrnehmung	61
1.3.3.2 Räumliches Vorstellungsvermögen	62
2 Außerschulische Lernorte	67
2.1 Begriffliche Klärung	68
2.2 Chancen und Herausforderungen außerschulischer Lernorte	73
2.3 Didaktisch-methodische Planungsüberlegungen	75
2.4 Erkenntnisse aus Forschungen zu außerschulischen Lernorten	77
3 Protokolle als Werkzeug für nachhaltigen Erkenntnisgewinn	83
3.1 Begriffliche Klärung	83
3.2 Bedeutung des Protokollierens für den Lernprozess	84

3.3	Einsatz von Protokollierhilfen	86
II	Empirischer Teil	89
4	Zielsetzung, Fragestellungen und Hypothesen	91
4.1	Ziele der Interventionsstudie	91
4.2	Forschungsfragen und Hypothesen	92
5	Methode	97
5.1	Unterrichtskonzept	97
5.1.1	Unterrichtsphasen	97
5.1.2	Unterrichtsbeispiele	102
5.1.3	Körperlexikon	107
5.2	Untersuchungsdesign	108
5.3	Messinstrumente	111
5.3.1	Test zur Erfassung geometrischen Wissens und Könnens	111
5.3.2	Video-Item zu Erfassung der Protokollierfähigkeit	116
5.4	Durchführung der Untersuchung	122
5.5	Probandengruppe	123
5.6	Statistische Methoden	124
6	Ergebnisse	127
6.1	Vor-Analyse zur Vergleichbarkeit der Stichproben	127
6.2	Analyse der abhängigen Variablen	129
6.2.1	Forschungsfrage 1: Effekt der Interventionsmaßnahme auf die Geometrieleistungen	129
6.2.2	Forschungsfrage 2: Effekt der Interventionsmaßnahme auf die Protokollierfähigkeit	139
6.2.3	Forschungsfrage 3: Effekt der Protokollierhilfen auf die Entwicklung der Protokollierfähigkeit	141
6.2.4	Forschungsfrage 4: Effekt der Protokollierhilfen auf die Geometrieleistungen	144
6.2.5	Forschungsfrage 5: Einfluss der Qualität der Protokolle auf die Geometrieleistungen	147
7	Diskussion	149
7.1	Forschungsfrage 1: Effekt der Interventionsmaßnahme auf die Geometrieleistungen	149
7.2	Forschungsfrage 2: Effekt der Interventionsmaßnahme auf die Protokollierfähigkeit	154
7.3	Forschungsfrage 3: Effekt der Protokollierhilfen auf die Entwicklung der Protokollierfähigkeit	156
7.4	Forschungsfrage 4: Effekt der Protokollierhilfen auf die Geometrieleistungen	157
7.5	Forschungsfrage 5: Einfluss der Qualität der Protokolle auf die Geometrieleistungen	158

Inhaltsverzeichnis	XI
7.6 Praktische Implikationen und Ausblick	159
Literatur	163
Anhang	191

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.1. Inhaltsbezogene Kompetenzen der Leitidee „Raum und Form“	22
Tabelle 1.2. Allgemeine (prozessbezogene) mathematische Kompetenzen	24
Tabelle 1.3. Arten geometrischer Begriffe nach Franke und Reinhold	39
Tabelle 5.1. Die Testaufgaben im Überblick	112
Tabelle 5.2. Auszug Kodierplan zur Auswertung der Testhefte	114
Tabelle 5.3. Reliabilitäten Leistungstest (Cronbachs Alpha für standardisierte Items)	116
Tabelle 5.4. Gegensätzliche Merkmalspaare am Beispiel zweier Videoprotokolle	119
Tabelle 5.5. Kategorien und beinhaltete Aspekte der Auswertung	121
Tabelle 5.6. Übersicht über die Verteilung der Probanden in den Versuchsgruppen	124
Tabelle 6.1. Deskriptive Ergebnisse der drei experimentellen Bedingungen in den Geometrieleistungen sowie der Protokollierfähigkeit zum Messzeitpunkt 1	128
Tabelle 6.2. Deskriptive Ergebnisse der Mädchen und Jungen in den Geometrieleistungen sowie der Protokollierfähigkeit zum Messzeitpunkt 1	128
Tabelle 6.3. Deskriptive Ergebnisse der drei experimentellen Bedingungen in den Geometrieleistungen zu allen Messzeitpunkten	130
Tabelle 6.4. Deskriptive Ergebnisse der drei experimentellen Bedingungen beim Identifizieren zu allen Messzeitpunkten	132
Tabelle 6.5. Deskriptive Ergebnisse der drei experimentellen Bedingungen beim Realisieren zu allen Messzeitpunkten	133
Tabelle 6.6. Deskriptive Ergebnisse der drei experimentellen Bedingungen beim Beschreiben zu allen Messzeitpunkten	135
Tabelle 6.7. Deskriptive Ergebnisse der drei experimentellen Bedingungen beim Begründen zu allen Messzeitpunkten	137
Tabelle 6.8. Deskriptive Ergebnisse der drei experimentellen Bedingungen in der Protokollierfähigkeit zu allen Messzeitpunkten	140
Tabelle 6.9. Deskriptive Ergebnisse der Lernenden mit und ohne Protokollierhilfen in der Protokollierfähigkeit zu allen Messzeitpunkten	142
Tabelle 6.10. Deskriptive Ergebnisse der Lernenden mit und ohne Protokollierhilfen in der Protokollierfähigkeit zu allen Messzeitpunkten – gesplittet nach EG 1 und EG 2	143

Tabelle 6.11. Deskriptive Ergebnisse der Lernenden mit und ohne Protokollierhilfen in den Geometrieleistungen zu allen Messzeitpunkten	145
Tabelle 6.12. Deskriptive Ergebnisse der Lernenden mit und ohne Protokollierhilfen in den Geometrieleistungen zu allen Messzeitpunkten – gesplittet nach EG 1 und EG 2	146
Tabelle 6.13. Korrelationen zwischen Protokollierfähigkeit und Geometrieleistungen zu allen Messzeitpunkten	147

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1. Umfang der belegten mathematischen Inhaltsgebiete (in Prozent) nach Ausbildungsgang nach König, Blömeke und Kaiser	12
Abbildung 1.2. Jahrgangsstufendifferenz auf Subkompetenzebene der Bildungsstandards nach Winkleman und Robitzsch	18
Abbildung 1.3. Gesamtverteilung der Kompetenzstufen für Rheinland-Pfalz (2014) nach Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur Rheinland-Pfalz	19
Abbildung 1.4. Typische Abbildungen aus Schulbüchern nach Fuchs und Käpnick sowie Rincken, Hönisch und Träger	24
Abbildung 1.5. Eher untypische Abbildungen aus Schulbüchern nach Fuchs und Käpnick sowie Becherer und Schulz	24
Abbildung 1.6. Übersicht über geometrische Begriffe, wie sie am Beispiel des Würfels entwickelt werden können nach Merschmeyer-Brüwer	27
Abbildung 1.7. Beispiele für Prismen (gerade und schief) nach Merschmeyer-Brüwer	29
Abbildung 1.8. Klasseninklusionen zwischen den Mengen Würfel, Quader und Prismen nach Merschmeyer-Brüwer	30
Abbildung 1.9. Beispiele für Parallelflech oder Spat nach Merschmeyer-Brüwer	30
Abbildung 1.10. Beispiele für Zylinder (mit Kreis oder anderen ebenen, geschlossenen Kurven als Grundflächen bzw. gerade und schiefe)	31
Abbildung 1.11. Platonische Körper nach Merschmeyer-Brüwer	33
Abbildung 1.12. Hypothetische Gedächtnisstruktur einer Hierarchie auf drei Ebenen für das Beispiel <i>Kanarienvogel</i> nach J. R. Anderson	37
Abbildung 1.13. Begriffshierarchie in der Gruppe der Prismen nach DIFF	40
Abbildung 1.14. Begriffshierarchie Körper mit und ohne Spitze nach Kusch und Glocke	41
Abbildung 1.15. Darstellung eines Würfels in a) Zentralperspektive und b) Eckperspektive nach Janaszek sowie Helmerich und Lengnink	52
Abbildung 1.16. Dreitafelprojektion am Beispiel eines Würfelgebäudes nach Lorenz	53
Abbildung 1.17. Kavalier- und Militärperspektive im Vergleich am Beispiel des Zylinders und des Kegels nach DIFF	54
Abbildung 1.18. Kugeldarstellung in senkrechter und schiefer Parallelprojektion nach Graf und Barner	54

Abbildung 1.19. Musterbilder zur Veranschaulichung der Entwicklungsstadien nach Lewis	55
Abbildung 1.20. Schemata bei Kinderzeichnungen zu Quadern, Zylindern, Pyramiden und Würfeln nach Mitchelmore	56
Abbildung 1.21. Verschiedene, den Schülerinnen und Schülern Favrats präsentierte Zylinderformen	57
Abbildung 1.22. Schrittfolge (Strichfolge) zum Zeichnen eines Würfels nach Phillips, Inhall und Lander	60
Abbildung 1.23. Faktoren des räumlichen Vorstellungsvermögens nach P. H. Maier	64
Abbildung 2.1. Mischmodell zur Systematisierung der Lernorttypen nach Dühlmeier	70
Abbildung 2.2. Outdoor Education-Windrosenmodell nach von Au	72
Abbildung 2.3. Verlaufsstruktur des außerschulischen Lernens nach Brühne	76
Abbildung 2.4. Handlungsmöglichkeiten am Lernort in Anlehnung an Dühlmeier	77
Abbildung 5.1. Vier-Phasen-Unterrichtsmodell nach Bezold	98
Abbildung 5.2. Bildausschnitte aus dem vorangestellten Video-Item (Prä- und Follow-up-Test)	102
Abbildung 5.3. Beispielgebäude mit pyramidenförmigem Dach und quaderförmiger Grundform	103
Abbildung 5.4. Beispielprotokoll I	104
Abbildung 5.5. Beispielgebäude komplexe Grundform	105
Abbildung 5.6. Beispielprotokoll II	106
Abbildung 5.7. Schrittfolge Würfel	108
Abbildung 5.8. Untersuchungsdesign im Überblick	108
Abbildung 5.9. Erweitertes Untersuchungsdesign der Experimentalgruppen im Hinblick auf Protokollierhilfen	110
Abbildung 5.10. Bildausschnitte aus dem Video-Item (Post-Test)	117
Abbildung 5.11. Koordination der Datenerhebung	123
Abbildung 6.1. Mittlerer Testscore der Geometrieleistungen der drei experimentellen Bedingungen zu den drei Messzeitpunkten	130
Abbildung 6.2. Mittlerer Testscore beim Identifizieren der drei experimentellen Bedingungen zu den drei Messzeitpunkten	133

Abbildung 6.3. Relative Häufigkeiten der erzielten Phasen des Skizzierens in Anlehnung an Lewis und Mitchelmore innerhalb der drei experimentellen Bedingungen zu den drei Messzeitpunkten	134
Abbildung 6.4. Mittlerer Testscore beim Realisieren der drei experimentellen Bedingungen zu den drei Messzeitpunkten	135
Abbildung 6.5. Mittlerer Testscore beim Beschreiben der drei experimentellen Bedingungen zu den drei Messzeitpunkten	136
Abbildung 6.6. Relative Häufigkeiten der erzielten Beschreibungsniveaus innerhalb der drei experimentellen Bedingungen zu den drei Messzeitpunkten	136
Abbildung 6.7. Relative Häufigkeiten der erzielten Begründungsniveaus innerhalb der drei experimentellen Bedingungen zu den drei Messzeitpunkten	138
Abbildung 6.8. Mittlerer Testscore beim Begründen der drei experimentellen Bedingungen zu den drei Messzeitpunkten	139
Abbildung 6.9. Mittlerer Testscore der Protokollierfähigkeit der drei experimentellen Bedingungen zu den drei Messzeitpunkten	140
Abbildung 6.10. Mittlerer Testscore der Protokollierfähigkeit der Lernenden mit und ohne Protokollierhilfen zu den drei Messzeitpunkten	142
Abbildung 6.11. Mittlerer Testscore der Protokollierfähigkeit der Lernenden mit und ohne Protokollierhilfen gesplittet nach Experimentalgruppen 1 und 2 zu den drei Messzeitpunkten	143
Abbildung 6.12. Mittlerer Testscore der Geometrieleistungen der Lernenden mit und ohne Protokollierhilfen zu den drei Messzeitpunkten	145
Abbildung 6.13. Mittlerer Testscore der Geometrieleistungen der Lernenden mit und ohne Protokollierhilfen gesplittet nach Experimentalgruppen 1 und 2 zu den drei Messzeitpunkten	146



Einleitung

Das Einbinden außerschulischer Lernorte in den Unterricht sowie deren Evaluation hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Der Reiz des besonderen Ortes übt eine große Faszination auf Kinder aus. Die Echtheit und Lebensnähe macht das Lernen für die Schülerinnen und Schüler subjektiv bedeutsam (Kohler, 2011, S. 168). Primärerfahrungen können gewonnen und Begriffen von Anfang an Sinn verliehen werden. Eine vertiefende Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Inhalten wird angeregt, wodurch das fachliche Lernen sowie die fachlichen Kompetenzen ergänzt und angereichert, aber auch umgeformt und unter neuen Perspektiven für das schulische Lernen relativiert werden können (Jürgens, 2018, S. 7). In Bezug auf die Wirksamkeit außerschulischer Lernprozesse hinsichtlich affektiver sowie kognitiver Persönlichkeitsmerkmale belegen bisherige Studien allerdings eher kurz- bis mittelfristig positive Effekte (Klaes, 2008b). Die Nachhaltigkeit außerschulischer Lernorte hängt in erheblichem Maße von den Rahmenbedingungen und Gestaltungsaspekten ab. Von grundlegender Bedeutung sind insbesondere ein konkreter Lehrplanbezug sowie eine adäquate Vernetzung schulischen und außerschulischen Lernens. Der Forschungsstand bezüglich mathematischer bzw. geometrischer Themen gilt dabei als vergleichsweise gering (Baar & Schönknecht, 2018, S. 168, Fägerstam & Samuelsson, 2012, S. 10). Zudem beschränken sich die Studien meist auf Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe. Welchen Einfluss der außerschulische Lernort auf den Lernerfolg jüngerer Schülerinnen und Schüler hat, bleibt offen. In diese Forschungslücke ist die vorliegende Untersuchung einzuordnen. Schwerpunkt der Interventionsstudie ist die Entwicklung von geometrischem Wissen und Können zu Körpern an außerschulischen Lernorten.

Inhalte zu geometrischen Körpern sind besonders eng mit einem Umweltbezug verbunden. Ob beim Spielen, auf dem Schulweg, in der Stadt oder in der Natur um uns herum, geometrische Körper lassen sich an zahlreichen außerschulischen Lernorten entdecken. Studien zeigen, dass das Wissen und Können zu Körpern oftmals gering ist und mit Unsicherheiten einhergeht. Ebene und räumliche Figuren werden bis zum Ende der Grundschulzeit häufig vertauscht, spezifische Kenntnisse fehlen. Die Defizite beziehen sich aber nicht nur auf das Faktenwissen. Beziehungen zwischen Figuren und ihren Eigenschaften werden selbst nach vier Jahren Geometrie oft kaum bis gar nicht von den Lernenden wahrgenommen (vgl. z. B. R. Rasch, 2011; R. Rasch & Sitter, 2016, S. 118 ff.). Im Zusammenhang mit der authentischen Lebenswirklichkeit der Kinder wird erwartet, dass eine nachhaltige Leistungssteigerung bei Viertklässlern erzielt werden kann. Ein sinnvolles, beziehungshaltiges sowie für die Lernenden subjektiv bedeutsames Begriffslernen soll ermöglicht werden (vgl. R. Rasch & Sitter, 2016; Winter, 1983b).

Als wichtiges Bindeglied zwischen außerschulischem und schulischem Lernen sowie als Werkzeug für einen nachhaltigen Erkenntnisgewinn werden in der vorliegenden Untersuchung Protokolle eingesetzt. In Anlehnung an Dörfler (2003, S. 82 f.) und andere kann davon ausgegangen werden, dass die Lernenden durch das Protokollieren zu tieferen Erkenntnissen kommen, auf die im späteren Unterricht immer wieder zurückgegriffen werden kann. Zudem wird angenommen, dass gezielte Protokollierhilfen die Lernenden im Protokollierprozess zusätzlich unterstützen können.

Basierend auf einem Prä-Post-Test-Kontrollgruppendesign soll untersucht werden, zu welchen Effekten die Nutzung und Einbeziehung außerschulischer Lernorte bei der Bearbeitung geometrischer Körper in Verbindung mit dem Protokollieren im Geometrieunterricht der Grundschule führt.

Folgende Fragestellungen sind hierbei von zentraler Bedeutung:

1. Welchen Einfluss hat der Einbezug der außerschulischen Lernumgebung in Verbindung mit dem Protokollieren auf die Geometrieleistungen von Viertklässlern?
2. Welchen Einfluss hat der Einbezug der außerschulischen Lernumgebung in Verbindung mit dem Protokollieren auf die Entwicklung der Protokollierfähigkeit von Viertklässlern?
3. Welchen Einfluss hat der Einsatz von Protokollierhilfen auf die Entwicklung der Protokollierfähigkeit von Viertklässlern?
4. Welchen Einfluss hat der Einsatz von Protokollierhilfen auf die Geometrieleistungen von Viertklässlern?
5. Welchen Einfluss hat die Qualität der Protokolle auf die Geometrieleistungen von Viertklässlern? Gibt es einen Zusammenhang zwischen Protokollierfähigkeit und Geometrieleistungen?

Um diese Fragen zu beantworten, sind zunächst theoretische Grundlagen erforderlich. Sie werden im ersten Teil der Arbeit, die aus insgesamt zwei Teilen besteht, dargestellt. Grundlagen zum Geometrielernen werden in Kapitel 1 geschaffen. Aktuelle Erkenntnisse zum Geometrieunterricht werden aufgezeigt und heutige Inhalte und Anforderungen an die Geometrie in der Grundschule vorgestellt. Eine Darstellung wichtiger Aspekte für das geometrische Lernen zu Körpern wie die Bildung von Begriffen, das Zeichnen räumlicher Figuren sowie das räumliche Vorstellungsvermögen schließt sich an. Im Zentrum von Kapitel 2 steht das außerschulische Lernen. Der Begriff wird näher eingegrenzt, Chancen und Herausforderungen, die mit dem außerschulischen Lernen verbunden sind, erläutert, wichtige didaktisch-methodische Planungsüberlegungen vorgestellt sowie Erkenntnisse aus Forschungen zu außerschulischen Lernorten aufgezeigt. Der Einsatz von Protokollen als Werkzeug für einen nachhaltigen Erkenntnisgewinn im Rahmen selbstständigkeitsorientierter außerschulischer Lernprozesse wird in Kapitel 3 thematisiert. Neben der Klärung des Begriffs Protokoll werden die Bedeutung des Protokollierens für den Lernprozess sowie mögliche Protokollierhilfen beleuchtet.

Im zweiten Teil der Arbeit wird die empirische Untersuchung dargestellt. Ausgehend von den theoretischen Grundlagen werden in Kapitel 4 die Forschungsfragen und Hypothesen dargestellt. Auf methodische Überlegungen und Entscheidungen wird in Kapitel 5 eingegangen. Das Unterrichtskonzept und das Untersuchungsdesign werden vorgestellt, die Messinstrumente und die Durchführung der Untersuchung veranschaulicht. Eine Charakterisierung der Stichprobe sowie ein Abschnitt der zur Auswertung verwendeten statistischen Methoden werden anschließend dargestellt. Im Kapitel 6 werden die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung präsentiert und in Kapitel 7 in Bezug auf die formulierten Hypothesen bewertet und diskutiert.

I Theoretischer Teil

Die vorliegende Arbeit besteht aus zwei Hauptbereichen, einem theoretischen und einem empirischen Teil. Im Erstgenannten wird in die theoretischen Grundlagen der Arbeit eingeführt. Die Geometrie und ihr Stellenwert in der Grundschule werden näher beleuchtet, die Ansprüche und Grundlagen für einen adäquaten Geometrieunterricht in Bezug zur inhaltlichen Schwerpunktsetzung, die Entwicklung geometrischen Wissens und Könnens zu Körpern, erarbeitet (Kapitel 1). Ein Kapitel zum außerschulischen Lernen schließt sich an (Kapitel 2), bevor der Einsatz von Protokollen als Werkzeug für einen nachhaltigen Erkenntnisgewinn betrachtet wird (Kapitel 3).



1 Geometrie in der Grundschule

Geometrische Themen haben inzwischen einen festen Platz im Mathematikunterricht der Grundschule. Spätestens seit der Implementierung der bundesweit geltenden Bildungsstandards KMK (2005) wird der Auseinandersetzung mit geometrischen Inhalten vom 1. Schuljahr an besondere Aufmerksamkeit und Bedeutung zugesprochen (Franke & Reinhold, 2016, S. xi & 5 ff.). Geometrie ist, wie Freudenthal (1973, S. 380) schon vor 46 Jahren feststellte, „eine der großen Gelegenheiten, die Wirklichkeit mathematisieren zu lernen. Es ist eine Gelegenheit, Entdeckungen zu machen! Gewiss, man kann auch das Zahlenreich erforschen, man kann rechnend denken lernen, aber Entdeckungen, die man mit Augen und Händen macht, sind überzeugender!“ Je mehr geometrisches Wissen die Kinder im Unterricht aktiv erwerben, desto bewusster können sie die Geometrie in der dreidimensionalen Welt um uns herum wahrnehmen und ihren praktischen Nutzen im Alltag erkennen (R. Rasch, in Druck).

Warum der Geometrieunterricht in der Grundschule trotz vielfältiger Bemühungen in den letzten Jahren nach wie vor nicht in der anzustrebenden Art und Weise etabliert ist und welche Konsequenzen sich daraus ergeben, wird in Abschnitt 1.1 näher erörtert. Dabei werden neben fachdidaktischen Einschätzungen von Anfang an ausgewählte empirische Studien sowie Erkenntnisse einer eigenen Befragung miteinander verbunden. Sie sollen einen aktuellen Einblick in die tatsächliche Unterrichtspraxis liefern und aufzeigen, was bei der Vermittlung geometrischer Inhalte in der Grundschule bereits gut gelingt, an welches Wissen und Können angeknüpft werden kann und wo gegebenenfalls aber auch Handlungsbedarf besteht. Einen Einblick in die gegenwärtigen Inhalte und Anforderungen an die Geometrie in der Grundschule gibt Abschnitt 1.2. In Abschnitt 1.3 werden die lerntheoretischen Grundlagen für die Bearbeitung geometrischer Körper erarbeitet, die für einen nachhaltigen Erkenntnisgewinn notwendig sind.

1.1 Zur Situation des Geometrieunterrichts in der Grundschule

Lange Zeit galt der Geometrieunterricht in der Grundschule als ein Nebenschauplatz, als „Stiefkind“ des Mathematikunterrichts. Heute zweifelt niemand mehr an der Notwendigkeit, geometrische Inhalte bereits ab Klasse 1 zu unterrichten (Franke, 2007, S. 5). Die Situation des Geometrieunterrichts in der Grundschule hat sich in den letzten Jahren spürbar verbessert. Durch die Einführung der Bildungsstandards KMK (2005) und ihre Implementierung in den Rahmenplänen einzelner Bundesländer wurde der Stellenwert der Geometrie in der Grundschulpraxis deutlich erhöht. Gleichrangig neben anderen Inhaltsbereichen kommt die Bedeutung der Geometrie heute insbesondere im inhaltsbezogenen Kompetenzbereich „Raum und Form“ deutlich zum Tragen (vgl. hierzu auch Abschnitt 1.2.1). Geometrische Inhalte wurden in der Vergangenheit zudem in zahlreichen Veröffentlichungen und Tagungen immer wieder betont und durch Ansätze in aktuellen Unterrichtswerken zahlreicher Schulbuchverlage an Lehrerinnen und Lehrer herangetragen. Die Lehrwerke und Zusatzmaterialien enthalten heute umfangreiche Aufgabenangebote sowie Vorschläge für geometrische Aktivitäten. (vgl. z. B.