

Perspektiven der Mathematikdidaktik

Gabriele Kaiser *Hrsg.*

RESEARCH

Lisa Wendt

Reflexionsfähigkeit von Lehrkräften über metakognitive Schülerprozesse beim mathematischen Modellieren

MOREMEDIA



Springer Spektrum

Perspektiven der Mathematikdidaktik

Reihe herausgegeben von

Gabriele Kaiser, Sektion 5, Universität Hamburg, Hamburg, Deutschland

In der Reihe werden Arbeiten zu aktuellen didaktischen Ansätzen zum Lehren und Lernen von Mathematik publiziert, die diese Felder empirisch untersuchen, qualitativ oder quantitativ orientiert. Die Publikationen sollen daher auch Antworten zu drängenden Fragen der Mathematikdidaktik und zu offenen Problemfeldern wie der Wirksamkeit der Lehrerausbildung oder der Implementierung von Innovationen im Mathematikunterricht anbieten. Damit leistet die Reihe einen Beitrag zur empirischen Fundierung der Mathematikdidaktik und zu sich daraus ergebenden Forschungsperspektiven.

Reihe herausgegeben von

Prof. Dr. Gabriele Kaiser
Universität Hamburg

Weitere Bände in der Reihe <https://link.springer.com/bookseries/12189>

Lisa Wendt

Reflexionsfähigkeit von Lehrkräften über metakognitive Schülerprozesse beim mathematischen Modellieren



Springer Spektrum

Lisa Wendt
Hamburg, Deutschland

Dissertation zur Erlangung der Würde der Doktorin der Philosophie an der Fakultät für Erziehungswissenschaft, Fachbereich Didaktik der gesellschaftswissenschaftlichen und mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer der Universität Hamburg, vorgelegt von Lisa Wendt. Hamburg 2021.

ISSN 2522-0799 ISSN 2522-0802 (electronic)
Perspektiven der Mathematikdidaktik
ISBN 978-3-658-36039-9 ISBN 978-3-658-36040-5 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-36040-5>

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

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert durch Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2021

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 geographische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Marija Kojic

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

Danksagung

Dass ich nun das Ergebnis sechs spannender Jahre Promotion an der Universität Hamburg in den Händen halten darf, verdanke ich vielen Menschen, die mich in dieser Zeit stets unterstützt und ermutigt haben. Daher möchte ich die Gelegenheit nutzen, um einigen meinen besonderen Dank auszusprechen.

Mein erster Dank gilt dabei natürlich meiner Doktormutter Prof. Dr. Gabriele Kaiser für die intensive Betreuung meiner Promotion und ihre vielen Anmerkungen und Hinweise, sei es im Rahmen der vielen Forschungskolloquien, in welchen ich meine Fortschritte präsentieren durfte, oder auch zu Artikeln, Vorträgen und Konferenzbeiträgen. Mein Dank gilt ebenso meiner Zweitgutachterin PD Dr. Katrin Vorhölter, unter deren Leitung ich in dem Projekt MeMo promovieren durfte. Die vielen Wege von Büro zu Büro oder E-Mails zur Klärung von Fragen, Besprechung von Ideen oder neuen Auswertungsschritten kann ich vermutlich nicht zählen, dafür danke ich ihr ganz besonders.

Ein großer Dank geht zudem an die gesamte Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Gabriele Kaiser, die mich in den konstruktiven und anregenden Kleingruppendiskussionen wie auch in den Forschungskolloquien mit der Gesamtgruppe stets vorangebracht hat. Ein besonderer Dank gilt dabei Dr. Alexandra Krüger, mit welcher ich durch die gemeinsame Projektarbeit in MeMo ganz besonders intensiv zusammengearbeitet und viele gemeinsame Stunden verbracht habe, um Materialien zu erstellen, Handbücher zu binden, zu den Schulen zu fahren, Videos zu schneiden und vieles mehr. Ich danke außerdem ganz besonders Ann-Sophie Stuhlmann, Kirsten Benecke, Dennis Meyer und Dr. Armin Jentsch für ihre große Unterstützung in allen Phasen meiner Promotion.

Darüber hinaus möchte ich mich ganz besonders bei der Graduiertenschule der Universität Hamburg und der Norbert Janssen Stiftung für die große finanzielle

Unterstützung durch die Vergabe meiner Stipendien bedanken. Auch der Wichern-Schule gilt ein besonderer Dank, die ich überhaupt erst durch die Pilotierung meiner Dissertationsstudie gefunden habe. Ebenso danke ich allen Lehrerinnen und Lehrern und ihren Schülerinnen und Schülern für die Teilnahme an meiner Studie und dafür, dass sie die Durchführung des Projektes MeMo überhaupt erst möglich gemacht haben.

Ganz besonders jedoch danke ich meiner Familie und meinen Freunden, die mir in allen schönen und spannenden wie auch in den stressigen und anstrengenden Phasen meiner Promotion gleichermaßen einen starken Rückhalt gegeben haben.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit stellt eine Untersuchung der Reflexionsfähigkeit von Lehrerinnen und Lehrern über metakognitive Schülerprozesse beim mathematischen Modellieren dar. Die Studie ist eingebettet in das Forschungsprojekt MeMo (Förderung metakognitiver Modellierungsprozesse von Schülerinnen und Schülern). Im Rahmen dessen haben die teilnehmenden Lehrkräfte dieser Studie die Bearbeitung von sechs Modellierungsproblemen ihrer Schülerinnen und Schüler betreut und im Laufe des Projektes an drei Lehrerfortbildungen an der Universität Hamburg teilgenommen. Die Daten dieser Studie wurden in einem Pre-Post-Design erhoben. Dafür wurde in einem Drei-Stufen-Design zunächst der Unterricht der ersten und der letzten Modellierungsaktivität videografiert. Das Videomaterial wurde anschließend hinsichtlich reichhaltiger Sequenzen metakognitiver Schüleraktivitäten, Schwierigkeiten der Lernenden im Bearbeitungsprozess und Lehrerinterventionen analysiert. Ausgewählte Videosequenzen wurden daraufhin in einem Nachträglichen Lauten Denken mit anschließendem fokussiertem Interview mit den Lehrkräften eingesetzt, sodass diese das Videomaterial ihres eigenen Unterrichts beschreiben und bewerten sollten. Die auf diese Weise erhaltenen qualitativen Daten dieser Studie wurden mit der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016) ausgewertet, wobei zunächst eine inhaltlich strukturierende qualitative Inhaltsanalyse durchgeführt wurde, um das Material inhaltlich hinsichtlich der wahrgenommenen eingesetzten metakognitiven Strategien und der eingesetzten Lehrerinterventionen zu ordnen. In einem zweiten Analyseschritt erfolgte eine darauf aufbauende typenbildende qualitative Inhaltsanalyse. Dafür wurden die berichteten wahrgenommenen inhaltlichen Prozesse gekreuzt mit der Tiefe der Reflexion über diese Inhalte. Dabei wurde einbezogen, ob die Prozesse deskriptiv oder tiefergehend reflektiert wiedergegeben wurden und inwieweit die Lehrkräfte Handlungen zur Förderung metakognitiver Schülerprozesse in ihrer Reflexion

berücksichtigten. Daraus resultierte schließlich eine Typologie von Reflexionstypen von Lehrkräften über metakognitive Schülerprozesse beim mathematischen Modellieren, welche in einem Niveaustufensystem angeordnet wurden. Mit steigender Niveaustufe in der Typologie steigt der Grad der Reflexion in Bezug auf die Förderung metakognitiver Schülerprozesse. Darüber hinaus wurden ergänzende Analysen durchgeführt, um zu untersuchen, inwieweit sich Veränderungen in den Reflexionsarten der Lehrkräfte ergeben haben und inwieweit sich Hinweise auf Einflussfaktoren für diese Veränderungen identifizieren lassen. In den empirischen Daten dieser Studie konnten die Reflexionsarten der Lehrkräfte in starkem Maße verändert werden, indem diese überwiegend gestärkt werden konnten. In keinem Fall veränderte sich die Reflexionsart hin zu einem niedrigeren Reflexionsniveau. Als Hinweise für diese Veränderung kommen das mehrmalige Betreiben von Modellierungsaktivitäten wie auch die umfangreiche Analyse des eigenen videografierten Interviews in Frage. Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse in Bezug auf den Forschungsstand sowie den Grenzen und den sich ergebenden Forschungsdesiderata dieser Studie.

Abstract

This thesis presents an investigation of the teachers' ability to reflect about students' metacognitive processes in mathematical modelling. The study is embedded into the research project MeMo (metacognitive modelling competencies of students). Within this, the participating teachers supervised their students' work on six modelling problems and participated in three teacher training courses at the University of Hamburg. The data of this study was collected in a pre-post design by using a three-step design. For this purpose, the lessons of the first and the last modeling activity were videotaped at first. Then, the video material was analyzed with respect to rich sequences of metacognitive student activities, learner difficulties in the modelling processes and teacher interventions. In a next step, selected video sequences were used in a stimulated recall followed by a focused interview so that the teachers could describe and evaluate their own videotaped teaching. The qualitative data of this study was analysed using qualitative content analysis according to Kuckartz (2016). First, a content-structuring qualitative content analysis was used in order to analyse the material with regard to the perceived metacognitive strategies used by students and the teacher interventions employed. Based on this, a type-developing qualitative content analysis was conducted in a second step. Therefore, the reported perceived processes were crossed with the depth of reflection on these contents. This included an analysis whether the processes were reported descriptively or reflected on in greater depth as well as to what extent teachers considered action plans to promote metacognitive student processes in their reflection. This resulted in a typology of teacher reflection types on metacognitive student processes in mathematical modelling, which was arranged in a level system. With increasing level in the typology, the degree of reflection rises related to the fostering of metacognitive student processes. Moreover, further analysis was conducted to examine to what extent changes

in the teachers' modes of reflection occurred and whether factors having an influence on these changes could be identified. In the empirical data of this study, the teachers' modes of reflection changed to a great extent by having strengthened. In no case, the mode of reflection changed to a lower level of reflection. As indications for this change, multiple supervisions of modelling activities as well as the teachers' extensive analysis of their own videotaped teaching could be identified. This thesis concludes with a summary and discussion of the findings in relation to the state of the art as well as the limitations and emerging research desiderata of this study.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
Teil I Theoretischer Rahmen		
2	Metakognition	9
2.1	Konzeptualisierung von Metakognition	9
2.1.1	Metakognitives Wissen	11
2.1.2	Metakognitive Strategien	15
2.1.3	Sensitivität	22
2.1.4	Metakognitive Empfindungen	22
2.1.5	Abschließende Einordnung des Konstrukts	23
2.1.6	Soziale Metakognition	25
2.2	Möglichkeiten und Grenzen metakognitiver Aktivitäten	27
3	Mathematisches Modellieren	31
3.1	Begriffsbestimmung und Ziele des Modellierens	31
3.2	Der Modellierungsprozess am Beispiel der Bearbeitung des Modellierungsproblems <i>Regenwald</i>	37
3.3	Modellierungskompetenzen	43
3.4	Metakognition beim mathematischen Modellieren	46
3.4.1	Metakognitive Strategien bei der Bearbeitung des Modellierungsproblems <i>Heißluftballon</i>	51
3.4.2	Der Modellierungskreislauf als metakognitives Hilfsmittel	56
3.5	Lehrerhandeln zur Förderung der metakognitiven Modellierungskompetenzen	61
3.5.1	Lehrerhandeln beim mathematischen Modellieren	61

3.5.2	Das Lehrerhandeln auf einer Meta-Metaebene	69
3.5.3	Förderung von (metakognitiver) Modellierungskompetenz von Schülerinnen und Schülern	72
4	Professionelle Unterrichtswahrnehmung und Reflexion von Unterricht	79
4.1	Professionelle Unterrichtswahrnehmung	79
4.2	Reflexionsfähigkeit von Lehrkräften	85
4.2.1	Reflection-in-action und reflection-on-action nach Schön (1983)	87
4.2.2	First, higher and highest level of reflectivity nach van Manen (1977)	92
4.2.3	Phasen der Reflexion nach Hatton und Smith (1995)	93
4.2.4	Modell der Reflexionskompetenz nach Borromeo Ferri (2018) aufbauend auf Hatton und Smith (1995) ...	94
4.2.5	Reflective cycle nach Gibbs (1988)	95
5	Forschungsfragen	101
 Teil II Methodologie und methodisches Vorgehen		
6	Methodologie und methodisches Vorgehen	107
6.1	Methodologische Grundorientierung	107
6.2	Das Design der Studie	112
6.2.1	Das Projekt MeMo	113
6.2.2	Die integrierte Lehrerfortbildung	116
6.2.3	Das Lehrerhandbuch	119
6.2.4	Die eingesetzten Modellierungsprobleme	120
6.3	Methoden der Datenerhebung	123
6.4	Die Stichprobe der Studie	133
6.5	Methoden der Datenauswertung	135
6.5.1	Transkription der Daten	138
6.5.2	Auswertung nach der qualitativen Inhaltsanalyse	139
 Teil III Ergebnisse		
7	Typen der Reflexion metakognitiver Prozesse	151
7.1	Reflexionsferner Reflexionstyp	153

7.1.1	Idealtypus – reflexionsferner Reflexionstypus	153
7.1.2	Prototyp – reflexionsfern: Herr Karsten 1	153
7.2	Selbstbezogener Reflexionstypus	158
7.2.1	Idealtypus – selbstbezogener Reflexionstypus	158
7.2.2	Prototyp – selbstbezogen: Herr Richter 1	159
7.3	(lerngruppenbezogen) selbstreflektierter Reflexionstypus	165
7.3.1	Idealtypus – (lerngruppenbezogen) selbstreflektierter Reflexionstypus	165
7.3.2	Prototyp – (lerngruppenbezogen) selbstreflektiert: Herr Müller 1	165
7.4	Analysierender Reflexionstypus	174
7.4.1	Idealtypus – analysierender Reflexionstypus	174
7.4.2	Prototyp – analysierend: Frau Winter 2	174
7.5	Handlungsorientierter Reflexionstypus	182
7.5.1	Idealtypus – handlungsorientierter Reflexionstypus	182
7.5.2	Prototyp – handlungsorientiert: Herr Roth 1	183
7.6	Implementierender Reflexionstypus	190
7.6.1	Idealtypus – implementierender Reflexionstypus	190
7.6.2	Prototyp – implementierend: Herr Roth 2	191
7.7	Diskussion der Typologie	202
8	Weitere Analysen zur Reflexionsfähigkeit metakognitiver Prozesse	209
8.1	Entwicklung der Fälle im Pre-Post-Vergleich	209
8.2	Untersuchung anhand der Vergleichsgruppen	215
9	Schlussfolgerungen	221
9.1	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse	221
9.2	Grenzen der Studie und Ausblick	228
	Literaturverzeichnis	233

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1	Konzeptualisierung von Metakognition als theoretische Grundlage für diese Studie	24
Abbildung 3.1	Aufgabenstellung des Modellierungsproblems Regenwald nach Leiss et al. (2006)	37
Abbildung 3.2	Möglicher Durchlauf des Modellierungsprozesses des Problems Regenwald	42
Abbildung 3.3	Reaktionen auf red flags nach Goos (1998, S. 226), Stillman (2011, S. 174) und Stillman und Galbraith (2012, S. 101)	50
Abbildung 3.4	Aufgabenstellung des Modellierungsproblems Heißluftballon nach Herget, Jahnke & Kroll (2001, S. 32)	51
Abbildung 3.5	Modellierungskreislauf nach Kaiser und Stender (2013, S. 279)	56
Abbildung 3.6	Modell des Einsatzes metakognitiver Strategien in Gruppenarbeitsprozessen (Vorhölter (unveröffentlicht))	70
Abbildung 4.1	Competence as a continuum nach Blömeke et al. (2015, S. 7)	80
Abbildung 4.2	Prozess der professionellen Unterrichtswahrnehmung bezogen auf metakognitive Prozesse	85
Abbildung 6.1	Forschungsdesign der Studie	114
Abbildung 6.2	Aufgabenstellung des Modellierungsproblems HighFlyer	121

Abbildung 6.3	Aufgabenstellung des Modellierungsproblems Erdöl	122
Abbildung 6.4	Aufgabenstellung des Modellierungsproblems Der Fuß von Uwe Seeler	123
Abbildung 6.5	Aufgabenstellung des Modellierungsproblems Windpark	124
Abbildung 7.1	Übersicht der Reflexionstypen von Lehrkräften hinsichtlich metakognitiver Schüleraktivitäten	207
Abbildung 8.1	Entwicklung der Reflexionstypen im Pre-Post-Vergleich	213

Tabellenverzeichnis

Tabelle 6.1	Aufbau der Vertiefungsphase in den Vergleichsgruppen ...	115
Tabelle 6.2	Konzeption der Lehrerfortbildungen	118
Tabelle 6.3	Überblick über die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Studie	135
Tabelle 6.4	Hauptkategorien des Breitenebene	141
Tabelle 6.5	Hauptkategorien der Tiefenebene	142
Tabelle 6.6	Aufbau einer Themenmatrix	142
Tabelle 6.7	Vier-Felder-Tafel nach Kuckartz (2016, S. 149) und Kluge (2010, S. 96)	144
Tabelle 6.8	Empiriegestützte Mehrfeldertafel	145
Tabelle 7.1	Übersicht der Reflexionstypen mit Prototyp	152
Tabelle 7.2	Übersicht selbstberichteter Interventionen: Herr Karsten 1	157
Tabelle 7.3	Übersicht selbstberichteter Interventionen: Herr Richter 1	164
Tabelle 7.4	Übersicht selbstberichteter Interventionen: Herr Müller 1	172
Tabelle 7.5	Übersicht selbstberichteter Interventionen: Frau Winter 2	181
Tabelle 7.6	Übersicht selbstberichteter Interventionen: Herr Roth 1 ...	188
Tabelle 7.7	Übersicht selbstberichteter Interventionen: Herr Roth 2 ...	200
Tabelle 7.8	Typologie nach Reflexionsebenen	203
Tabelle 8.1	Anzahl der aufgetretenen Reflexionstypen zur Pre- und Post-Erhebung	210
Tabelle 8.2	Anzahl der aufgetretenen Fälle auf den Reflexionsebenen zur Pre- und Post-Erhebung	210

Tabelle 8.3	Übersicht der eingeordneten Fälle zur Pre- und Post-Erhebung	212
Tabelle 8.4	Zuordnung der Niveaustufen zur Pre- und Posterhebung	214
Tabelle 8.5	Vergleich der Fälle nach Ebene zur Pre- und Post-Erhebung	217
Tabelle 8.6	Vergleich der Vergleichsgruppen nach Typen zur Pre- und Post-Erhebung	218



Einleitung

1

„Understanding and identifying blockages and their intensity is important for teachers as they facilitate students' development as independent mathematical modellers. Providing the means to recognise the intensity of blockages and the differing options to scaffold students in overcoming these will prove invaluable for teachers.“

(Stillman, Brown & Galbraith 2010, S. 398)

Das mathematische Modellieren ist als prozessbezogene Kompetenz verpflichtender Bestandteil der Curricula für den Mathematikunterricht in Deutschland. Trotz dieser curricularen Verankerung wird dieser Kompetenzbereich im deutschen Mathematikunterricht bislang kaum berücksichtigt (Greefrath & Maaß 2020, S. 2). Problematisch ist dies unter anderem vor dem Hintergrund, dass das eigene mathematische Modellieren für den Kompetenzerwerb unumgänglich ist (Blomhøj & Kjeldsen 2006, S. 167). Ein wesentlicher Grund für den vergleichsweise geringen Anteil des Modellierens im deutschen Mathematikunterricht könnte darin gesehen werden, dass das Bearbeiten mathematischer Modellierungsprobleme aufgrund der Komplexität der Bearbeitungsprozesse, der offenen Zugänge und der multiplen Lösungen für Schülerinnen und Schüler eine Herausforderung darstellt (Blum 2007, S. 5 f.; für weitere Gründe vgl. Greefrath & Maaß 2020, S. 2). Insbesondere zu Beginn eines Modellierungsprozesses können während der Orientierungsphase und bei der Entwicklung einer geeigneten Herangehensweise an ein zu bearbeitendes Modellierungsproblem Barrieren auftreten. Gleiches gilt für das Validieren am Ende des Prozesses (Schukajlow & Leiss 2011, S. 65; Galbraith & Stillman 2006, S. 160). Speziell das Überprüfen

der Lösungswege und Lösungen hinsichtlich der mathematischen Korrektheit und der Angemessenheit scheint aus Sicht von Schülerinnen und Schülern im Aufgabenbereich der Lehrkräfte zu liegen (Blum & Schukajlow 2018, S. 56). Darüber hinaus zeigen empirische Untersuchungen sogar, dass in jedem Teilschritt des Modellierungsprozesses für die Lernenden kognitive Hürden auftreten können (Galbraith & Stillman 2006, S. 148; Stillman, Brown & Galbraith 2010, S. 398; Kramarski, Mevarech & Arami 2002, S. 226 f.).

Entsprechend dieser Herausforderungen ist das Begleiten von Modellierungsprozessen auch für Lehrerinnen und Lehrer komplex (Blum 2007, S. 5 f.). Zur Unterstützung der Lernenden eignet sich vor allem ein adaptives Handeln der Lehrkräfte (Polya 2010, S. 14; Blum 2006, S. 19; Leiss 2007, S. 64 f.). Zudem ist vor allem die Anregung metakognitiver Aktivitäten bei den Schülerinnen und Schülern bedeutsam, da der Einsatz metakognitiver Strategien zur Überwindung von Schwierigkeiten dienen und sogar präventiv zu deren Vermeidung beitragen kann (Stillman 2011, S. 169 ff.; Stillman & Galbraith 2012, S. 101). So können beispielsweise das kontinuierliche Überwachen und Kontrollieren des eigenen Bearbeitungsprozesses durch die Lernenden selbst die eigenständige Bearbeitung des Modellierungsproblems unterstützen.

Hinsichtlich der Entwicklung und Anwendung kognitiver Strategien ist bereits bekannt, dass Schülerinnen und Schüler durch kleinere Hinweise befähigt werden, Strategien einzusetzen, die sie (noch) nicht spontan und eigenständig implementieren können (Hasselhorn & Gold 2017, S. 96). Um die Lernenden in ihren metakognitiven Prozessen beim mathematischen Modellieren stärken zu können, ist es jedoch seitens der Lehrkräfte essenziell, dass sie selbst über die Fähigkeit verfügen, potenzielle kognitive Hürden im Modellierungsprozess klar wahrzunehmen und dass sie für den Einsatz metakognitiver Strategien sensibilisiert sind (Stillman, Brown & Galbraith 2010, S. 398). Daher erscheint das bewusste Lenken der Wahrnehmung auf metakognitive Schülerprozesse von besonderer Relevanz. Im Rahmen ihrer professionellen Unterrichtswahrnehmung ist es erforderlich, dass Lehrerinnen und Lehrer ihre Wahrnehmung steuern und auf relevante Aspekte fokussieren (van Es & Sherin 2002, S. 573). In Bezug auf metakognitive Prozesse ist es daher wichtig, dass Lehrerinnen und Lehrer für metakognitive Prozesse sensibilisiert sind und dass sie diese umfassend wahrnehmen und angemessen interpretieren. Anhand der Reflexion dieser metakognitiven Prozesse können die Lehrkräfte dann Entscheidungen bezüglich geeigneter Unterstützungsmaßnahmen treffen, hier insbesondere hinsichtlich des Einsatzes metakognitiver Strategien. Die einzelne Lehrkraft sollte dabei das Ziel verfolgen, durch die gewählte Unterstützungsmaßnahme – zum Beispiel in Form

des Scaffolding – die weitgehend eigenständige und eigenverantwortliche Bearbeitung von Modellierungsproblemen zu ermöglichen und zu stimulieren. (vgl. u. a. Stillman, Brown & Galbraith 2010, S. 398; van de Pol, Volman & Beishulzen 2010, S. 274)

Bislang gibt es keine empirischen Untersuchungen hinsichtlich der auf Metakognition bezogenen professionellen Unterrichtswahrnehmung von Lehrkräften im Rahmen von Modellierungsaktivitäten im Mathematikunterricht. Hier setzt die vorliegende Arbeit an und untersucht, wie Lehrkräfte metakognitive Prozesse von Schülerinnen und Schülern bei der Bearbeitung mathematischer Modellierungsprobleme wahrnehmen und wie sie über diese reflektieren. Ihre Art zu reflektieren (im Folgenden bezeichnet als Reflexionsart) wird dabei insbesondere dahingehend analysiert, inwieweit die Lehrkräfte ihre eigene Handlungsposition in Bezug auf die Förderung metakognitiver Prozesse reflexiv einbeziehen. Ziel dieses Vorgehens ist es, zur Beschreibung der Reflexionsfähigkeit von Lehrkräften in diesem Bereich beizutragen. Dafür werden vorrangig die folgenden Fragen untersucht:

- Inwieweit lassen sich Reflexionsarten von Lehrkräften über metakognitive Schülerprozesse bei der Bearbeitung mathematischer Modellierungsprobleme empirisch beschreiben und ausdifferenzieren?
- Inwieweit berücksichtigen Lehrkräfte im Rahmen ihrer Reflexion metakognitiver Schülerprozesse beim mathematischen Modellieren die eigene Handlungsposition und fokussieren die Förderung metakognitiver Prozesse von Schülerinnen und Schülern beim mathematischen Modellieren?
- Inwiefern lassen sich diese Reflexionsarten verallgemeinernd typologisieren?

Darüber hinaus sollen Hypothesen zur Veränderung dieser Reflexionsarten generiert werden. Untersucht werden soll somit, ob es möglich ist, die Reflexion über metakognitive Schülerprozesse beim mathematischen Modellieren zu stärken:

- Inwieweit lassen sich Veränderungen der Reflexionsarten der Lehrkräfte in einer längerfristig angelegten Unterrichtsreihe zum mathematischen Modellieren identifizieren?

Für den Fall, dass die Untersuchung bestätigen würde, dass sich die Reflexionsarten der Lehrkräfte über metakognitive Prozesse tatsächlich verändert haben, wurde überdies folgende Anschlussfrage formuliert:

- Inwieweit lassen sich in einer langfristig angelegten Unterrichtsreihe zum mathematischen Modellieren Indikatoren für (potenzielle) Wirkfaktoren

bezüglich der Stärkung der Reflexionsfähigkeit dieser Lehrenden rekonstruieren?

Um diese Zusammenhänge untersuchen zu können, wurden 13 Lehrerinnen und Lehrer Hamburger Stadtteilschulen und Gymnasien bei der Betreuung von Modellierungsprozessen ihrer Schülerinnen und Schüler im Rahmen des Forschungsprojektes MeMo (Förderung metakognitiver Modellierungskompetenzen von Schülerinnen und Schülern) videografiert. Anschließend wurden die Lehrkräfte in leitfadengestützten Interviews mit integriertem Nachträglichem Lauten Denken um die Analyse ausgewählter Videosequenzen gebeten. Die Interviews wurden in einem Pre-Post-Design durchgeführt. Hierdurch wurde das Ziel verfolgt, die etwaige Veränderung der Reflexion der Lehrkräfte über die metakognitiven Aktivitäten der Lernenden zu untersuchen. Die erhobenen Daten wurden mit der qualitativen Inhaltsanalyse zunächst inhaltlich strukturierend und anschließend typenbildend ausgewertet. Dieses Vorgehen war darauf ausgerichtet, auf der Grundlage des vorliegenden Datenmaterials die Reflexionsarten der Lehrkräfte zu typologisieren und sie nach Möglichkeit in einem Stufenmodell anzuordnen – nach Intensität der Reflexion bezogen auf metakognitive Prozesse der Lernenden und die Förderung dieser Prozesse. Im Weiteren konnte gezeigt werden, dass die Reflexionsarten von Lehrkräften über metakognitive Schüleraktivitäten verändert werden können. Dabei wurde die Reflexionsfähigkeit der Lehrkräfte, die an der Studie teilgenommen haben, überwiegend gestärkt. In weiterführenden Analysen konnten zudem Hinweise auf mögliche Wirkfaktoren hinsichtlich der Stärkung der Reflexionsfähigkeit identifiziert werden. In der vorliegenden Studie könnte vor allem die im Rahmen der Interviews durchgeführte Videoanalyse, aber auch das Betreuen mehrerer Modellierungsaktivitäten in einer langfristig angelegten Unterrichtseinheit zum mathematischen Modellieren mit metakognitiven Elementen von Einfluss gewesen sein.

Die Arbeit ist wie folgt aufgebaut: **Teil I** gilt den theoretischen Grundlagen dieser Studie und dem Forschungsstand unter relevanten Aspekten. Dabei sind angesichts der Fokussierung auf die Reflexion von metakognitiven Schülerprozessen bei der Bearbeitung von mathematischen Modellierungsproblemen vier Themengebiete von Interesse: die Themengebiete der *Metakognition* wegen der Fokussierung auf die Reflexion von metakognitiven Schülerprozessen und der *mathematischen Modellierung*, da die metakognitiven Prozesse bei der Bearbeitung von mathematischen Modellierungsproblemen analysiert wurden. Bedeutsam sind des Weiteren die Themengebiete der *Professionellen Unterrichtswahrnehmung* und der *Reflexionsfähigkeit*.

Teil II thematisiert die Verortung dieser empirischen Arbeit als qualitativer Forschungsbeitrag. In dieser Darstellung werden neben methodologischen Aspekten das methodische Vorgehen beschrieben und die Instrumente zur Datenerhebung (und ihre Entwicklung) und die Stichprobe erläutert. Außerdem erfolgt eine Einbettung der Studie in das Forschungsprojekt MeMo. Hinsichtlich der Methodik der Datenauswertung werden die Transkription, die Codierung und Auswertung basierend auf der inhaltlich strukturierenden und einer darauf aufbauenden typenbildenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016) im Detail erläutert.

Teil III dient der Darstellung der Ergebnisse, wobei zunächst genau erläutert wird, anhand welcher Schritte Reflexionstypen rekonstruiert werden konnten. Im Anschluss daran steht die Bestimmung von Prototypen im Vordergrund, mittels derer die einzelnen Stufen der Typologie konkretisiert und voneinander abgegrenzt werden. In den ergänzenden Analysen werden die untersuchten Lehrkräfte bzw. Reflexionstypen darüber hinaus in Bezug auf mögliche Veränderungen im Pre-Post-Verlauf der Studie untersucht sowie hinsichtlich möglicher Unterschiede der Vergleichsgruppen analysiert. Die Ergebnisse werden abschließend zusammengefasst und mit Blick auf den Forschungsstand diskutiert.

Teil I
Theoretischer Rahmen



Nachfolgend wird das theoretische Konzept der Metakognition aus unterschiedlichen Perspektiven vorgestellt, angereichert mit empirischen Erkenntnissen zu den einzelnen Facetten des Konzepts. Darauf aufbauend wird das dieser Studie zugrunde liegende Konzept von Metakognition dargelegt. Anschließend wird unter Referenz auf ausgewählte Studien der Nutzen metakognitiver Aktivität im Unterricht unter Einhaltung bestimmter Bedingungen verdeutlicht. Da die Reflexion von Lehrkräften über den metakognitiven Strategieeinsatz im Rahmen von Modellierungsaktivitäten erforscht wird, gilt das darauffolgende Unterkapitel der Frage, welchen Stellenwert der Einsatz von Metakognition beim mathematischen Modellieren einnimmt.

2.1 Konzeptualisierung von Metakognition

Konzepte der Metakognition sind seit den 1970er Jahren Gegenstand der internationalen Forschung zur Entwicklungspsychologie, aber auch in allgemeinspsychologischen Forschungsarbeiten (Hasselhorn 1992, S. 35; Hasselhorn, Hager & Baving 1989, S. 31 f.). Bis heute ist John H. Flavell als einer der Begründer der Metakognitionsforschung weithin anerkannt (Veenman 2011, S. 197). Er führte zunächst den Begriff des Metagedächtnisses ein (Flavell 1971, S. 277). Flavells Konzept der Metakognition wurde seither in verschiedenen Disziplinen aufgegriffen und in eigenen Ansätzen aus unterschiedlichen Perspektiven weiterentwickelt. Diese Synthese seiner Konzeptualisierung von Metakognition mit anderen Konzepten wird vielfach kritisch reflektiert, weil sie teils zu Missverständnissen und auch zu Widersprüchen in empirischen Studien geführt habe (Desoete & Veenman 2006, S. 2; Hasselhorn 1992, S. 38 ff.). Tatsächlich wird das Konzept der

Metakognition auch als „fuzzy concept“ bezeichnet (Baker & Brown 1980, S. 4; Schneider 1989, S. 28). Bemängelt wird überdies, die Definitionen von Metakognition seien häufig zu offen und unpräzise formuliert (Weinert 1984, S. 15; Veenman, Van Hout-Wolters & Afflerbach 2006, S. 4). Flavell, Miller und Miller (1993, S. 164) betrachten als Metakognition jegliches Wissen, jede kognitive Aktivität oder deren Regulation und auch die erste Definition von Flavell ist umfassend gehalten. In dieser beschreibt er Metakognition wie folgt:

„one’s knowledge concerning one’s own cognitive processes and products or anything related to them (...). Metacognition refers, among other things, to the active monitoring and consequent regulation and orchestration of these processes in relation to the cognitive objects or data on which they bear, usually in the service of some concrete goal or objective.“ (Flavell 1976, S. 233)

Er versteht unter Metakognition somit zwei Komponenten: eine Wissenskomponente und eine ausführende Komponente. Die Bereiche sind dabei eng miteinander verknüpft, da sich beide auf die durchzuführenden kognitiven Prozesse in einem Bearbeitungsprozess beziehen. Die Wissenskomponente umfasst dabei das Wissen über die eigenen kognitiven Prozesse auf der Metaebene und die weiteren Aspekte, die prozessual eine Rolle spielen, während die Bereiche der ausführenden Komponente diese Prozesse (im Idealfall) zielorientiert steuern, überwachen und regulieren. Die Verbindung der Komponenten von Metakognition wird in der Definition von Weinert (1994, S. 193) besonders deutlich, nach der Metakognitionen gesehen werden als *„im allgemeinen jene Kenntnisse, Fertigkeiten und Einstellungen, die vorhanden, notwendig oder hilfreich sind, um beim Lernen oder Denken (implizite wie explizite) Strategieentscheidungen zu treffen und deren handlungsmäßige Realisierung zu initiieren, zu organisieren und zu kontrollieren“*. Dieses Begriffsverständnis nach Weinert bildet die Grundlage der vorliegenden Arbeit zum Themenbereich der Metakognition.

Neben der Definition nach Weinert ist für diese Arbeit das Konzept bedeutsam, welches Flavell im weiteren Verlauf seiner Forschung entwickelte (1979, S. 906 f.). Er unterschied dabei in **metakognitives Wissen** (metacognitive knowledge), **metakognitive Empfindungen** (metacognitive experiences), **Ziele oder Aufgaben** (goals or tasks) und **Handlungen oder Strategien** (actions or strategies) sowie die **Sensitivität** für den Einsatz von Strategien. Flavell (1979) setzte dabei einen Fokus auf das metakognitive Wissen und die metakognitiven Empfindungen. Da, wie oben erwähnt, diese Klassifikation von Metakognition mehrfach adaptiert und weiterentwickelt wurde (Veenman, Van Hout-Wolters & Afflerbach 2006, S. 4), besteht heute ein umfassendes Spektrum unterschiedlicher