Hanna Gärtner

Die Implementierung eines forschend-entdeckenden Unterrichtsansatzes

Am Beispiel von Mathe.Forscher:
Entdecke Mathematik in deiner Welt

publIQation
Academic Publishing

Die Implementierung
eines forschend-entdeckenden
Unterrichtsansatzes

Hanna Gärtner

Die Implementierung eines forschend-entdeckenden Unterrichtsansatzes

Am Beispiel von Mathe.Forscher:

Entdecke Mathematik in deiner Welt

Um aus dieser Publikation zu zitieren, verwenden Sie bitte diesen DOI Link:
https://doi.org/10.22602/IQ.9783745870640

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
dnb.dnb.de abrufbar.

PubliQation – Wissenschaft veröffentlichen

Ein Imprint der Books on Demand GmbH, In de Tarpen 42, 22848 Norderstedt

Umschlagdesign, Herstellung und Verlag: BoD – Books on Demand GmbH,
In de Tarpen 42, 22848 Norderstedt

ISBN Print 978-3-7458-7061-9

ISBN ePDF 978-3 7458-7064-0

Danksagung

Die vorliegende Arbeit ist am Institut für Didaktik der Mathematik und Informatik der Goethe-Universität Frankfurt/Main in der Arbeitsgruppe von Herrn Prof. Dr. Matthias Ludwig entstanden.

An dieser Stelle möchte ich zuallererst meinem Doktorvater Prof. Dr. Matthias Ludwig danken, der mir das Entstehen der vorliegenden Arbeit ermöglichte. Seine Betreuung während meiner Zeit an der Goethe-Universität trieb die Weiterentwicklung der Arbeit unter anderem durch seinen unermüdlichen Ideenreichtum stets voran. Außerdem gab er mir über diese Zeit die Möglichkeit zu nationalem und internationalem Austausch mit Fachkolleginnen und -kollegen. Dafür gebührt ihm mein ausdrücklicher Dank.

Des Weiteren möchte ich mich bei Prof. Dr. Stefan Zehetmeier für sein Interesse an dieser Arbeit und seine hilfreichen Ideen bedanken. Seine konstruktiven Impulse bereicherten diese Arbeit sowohl während des Entstehungsprozesses als auch in der Überarbeitungsphase.

Ein ganz besonderer Dank gilt Prof. Dr. Jens-Holger Lorenz und Sabine Harbauer, die mir innerhalb und außerhalb der Entstehung dieser Dissertation stets mit Rat und Tat zur Seite standen.

Ohne die Gemeinschaft und den Austausch in der Arbeitsgruppe MATIS I mit Philipp, Xenia, Adi, Iwan, Jörg und Simone wäre diese Arbeit nicht so geworden, wie sie letztendlich wurde. Danke dafür.

Danke außerdem an Dr. Björn Walter, der geduldig all meine Fragen bezüglich Auswertungsmethodik und Statistik beantwortete.

Daneben danke ich der Stiftung Rechnen und allen Lehrkräften, die mich durch ihre Bereitschaft, gemeinsam mit ihren Schülerinnen und Schülern an der Studie teilzunehmen, unterstützten.

Und zuletzt ein großes und herzliches DANKE für sämtlichen Rückhalt, jedwede Ermutigung und jegliche Unterstützung an diejenigen, die sehr genau wissen, dass sie gemeint sind.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung ... 5

1 Einleitung ... 11
1.1 Problemstellung ... 11
1.2 Strukturierung der Arbeit ... 16

Teil I – Grundlage der Studie ... 23

2 Theoretischer Hintergrund ... 24
2.1 Forschendes und entdeckendes Lernen ... 24
2.1.1 Forschende und entdeckende Unterrichtskonzepte ... 30
2.1.2 Forschendes und entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht ... 34
2.1.3 Zusammenfassung ... 40
2.2 Lehrerfortbildungen und ihre Wirkung ... 43
2.2.1 Lehrerfortbildungen im Fach Mathematik ... 43
2.2.2 Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen ... 45
2.2.3 Kriterien effektiver Fortbildungen ... 56
2.2.4 Zusammenfassung ... 62
2.3 Einstellungen gegenüber Mathematik ... 64
2.3.1 Einstellungen, Beliefs, Weltbilder, Attitudes… ... 64
2.3.2 Einstellungen gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht ... 69
2.3.3 Zusammenfassung ... 75

3 Forschungsgegenstand: Mathe.Forscher ... 79
3.1 Ziele von Mathe.Forscher ... 79
3.1.1 Freude vermitteln und Bezüge herstellen ... 82
3.1.2 Forschend-entdeckendes Lernen verankern ... 83

3.1.3 Transfermöglichkeiten bieten ... 84
3.2 Beispiele zweier Mathe.Forscher-Einheiten ... 85
3.3 Bausteine von Mathe.Forscher ... 92
3.3.1 Vernetzung ... 94
3.3.2 Begleitung ... 97
3.3.3 Fortbildung ... 103
3.4 Entstehungsgeschichte ... 104
3.5 Forschend-entdeckendes Lernen in Mathe.Forscher ... 108
3.6 Wirkungen von Mathe.Forscher ... 111

Teil II – Die Studie ... 117

4 Fragestellungen ... 118
4.1 Forschungsfrage 1: Lehrende ... 122
4.2 Forschungsfrage 2: Lernende ... 123

5 Forschungsmethodik ... 126
5.1 Untersuchungsdesign ... 126
5.1.1 Untersuchungsdurchführung ... 127
5.1.2 Beschreibung der Ausgangsstichprobe ... 130
5.2 Messinstrumente ... 134
5.2.1 Pilotstudie ... 135
5.2.1.1 Fragebögen der Lehrenden ... 135
5.2.1.2 Fragebögen der Lernenden ... 147
5.2.1.3 Interviews der Lernenden ... 153
5.2.2 Hauptuntersuchung ... 160
5.2.2.1 Fragebögen ... 160
5.2.2.2 Interviews ... 162
5.3 Bildung und Beschreibung der Analysestichproben ... 163
5.3.1 Übersicht aller Teilnehmenden ... 163
5.3.2 Gruppeneinteilung der Stichprobe ... 165

5.4 Auswertungsverfahren ... 168
5.5 Verwendete Programme ... 172

Teil III – Ergebnisse der Studie ... 175

6 Ergebnisse ... 176
6.1 Ergebnisse zu Forschungsfrage 1 ... 176
6.1.1 Hypothese 1.1: Statische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht ... 177
6.1.2 Hypothese 1.2: Dynamische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht ... 185
6.1.3 Hypothese 1.3: Zustimmung zu den Mathe.Forscher-Dimensionen 190
6.1.4 Zusammenfassung ... 200
6.2 Ergebnisse zu Forschungsfrage 2 ... 201
6.2.1 Hypothese 2.1: Einstellungen der Lernenden ... 201
6.2.2 Hypothese 2.2: Verknüpfung von Mathematik ... 211
6.2.3 Hypothese 2.3: Freude ... 216
6.2.4 Zusammenführung der Ergebnisse von H2.2 und H2.3 ... 218
6.2.5 Zusammenfassung ... 221

7 Diskussion der Ergebnisse ... 223
7.1 Wirkung auf die Lehrenden ... 223
7.2 Wirkung auf die Lernenden ... 231

8 Reflexion, Empfehlungen, Ausblick und Fazit ... 235
8.1 Kritische Reflexion der Untersuchung ... 235
8.1.1 Untersuchungsdesign und -durchführung ... 235
8.1.2 Stichprobe ... 238
8.1.3 Messwerkzeuge ... 240
8.2 Fazit ... 242
8.3 Empfehlungen ... 245
8.4 Ausblick ... 249

9 Zusammenfassung ... 256

10 Verzeichnisse und Anhang ... 263

Literaturverzeichnis ... 264

Tabellenverzeichnis ... 285

Abbildungsverzeichnis ... 291

A Anhang ... 293
A.1 Fragebögen ... 293
A.1.1 Fragebögen der Lehrenden ... 293
A.1.2 Faktorenanalyse und Reliabilitäten der Lehrendenfragebögen (Teil A) ... 310
A.1.3 Faktorenanalyse und Reliabilitäten der Lehrenden-Fragebögen (Teil B) ... 314
A.1.4 Varianzanalysen Lehrende ... 317
A.1.5 Fragebögen der Lernenden ... 338
A.1.6 Faktorenanalysen und Reliabilitäten Pilotierung Lernende ... 346
A.1.7 Varianzanalysen Lernende ... 349
A.1.8 Kovarianzanalyse Lernende (Gender) ... 358
A.1.9 MC-Item (McNemar-Test) ... 363
A.1.10 F-ML (Chi-Quadrat-Test) ... 365
A.2 Interviews ... 367
A.2.1 Interviewleitfaden Lernende ... 367
A.2.2 Transkriptionsanweisung ... 369
A.2.3 Kodierleitfäden Lernende ... 373
A.2.4 Übersichtstabelle der Codes nach laufender Nummer ... 380

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Forschend-entdeckendes Lernen erfreut sich seit Jahren immer größerer Beliebtheit. Zählt man die Tagungsbeiträge der deutschen Jahrestagung für Didaktik der Mathematik anhand des Vorkommens dieses Unterrichts-konzept in den Überschriften, so steigt die Anzahl von zwei Beiträgen im Jahr 2005 (GDM, 2005) auf sieben Beiträge im Jahr 2015 (Caluori, Linneweber-Lammerskitten, & Streit, 2015). Auch auf europäischer Ebene wird dieser Anstieg deutlich. Im englischsprachigen Raum bezeichnet in-quiry-based-learning das forschend-entdeckende Lernen. In den Veröffentlichungen des Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME) war 2005 nur eine Überschrift mit Bezug zum inquiry-based-learning (IBL) zu finden (Bosch, 2006). Die Anzahl dieser Beiträge in den CERME-Proceedings stieg bis 2019 auf zehn Beiträge an (Jankvist, 2019). Auf internationaler Ebene wird dieser Trend ebenfalls beobachtet und in der Literatur beschrieben (vgl. u.a. Artigue & Blomhoj, 2013).

Argumente dafür, warum der forschend-entdeckende Unterrichtsansatz Einzug in die Klassenzimmer finden sollte, finden sich unter anderem in den verschiedenen Lerntheorien. Betrachtet man zum Beispiel die Selbstbestimmungstheorie nach Deci & Ryan (2004) genauer, so stehen hier die drei Grundbedürfnisse des Menschen nach Kompetenz, Autonomie und sozialer Eingebundenheit als unterstützende Faktoren zur Förderung von Motivation, Leistung und Wohlbefinden (Ryan & Deci, 2004, S. 27). Forschendes Lernen begünstigt diese Aspekte in besonderer Weise. Auch konstruktivistische Theorien geben Anhaltspunkte auf den Vorteil von forschend-entdeckendem Lernen. Das individuelle Erkennen eines Sinns hinter Gelerntem überzeugt und motiviert mehr als von außen gesetzter Sinn (Reich, 2008, S. 95). Die Selbstbestimmung und auch die Selbsttätigkeit – zwei Kerninhalte des forschend-entdeckenden Lernens – spielen dabei eine große Rolle (Reich, 2008, S. 138, 140). Klafki benennt forschend-entdeckendes Lernen als Grundvoraussetzung beim kritisch-konstruktiven Lernen (Klafki, 1991).

Um forschend-entdeckendes Lernen im Unterricht zu verankern und damit bestehendes unterrichtliches Verhalten zu ändern, bedarf es allerdings Anleitung und Unterstützung. Im Rahmen von Fortbildungskonzepten können Verhaltensweisen der Lehrenden nachhaltig geändert werden. Erfolgreiche Fortbildungen erfüllen in der Regel bestimmte Kriterien wie Langfristigkeit (Barzel & Selter, 2015) und Kooperationsanregung (Törner, 2015). Erst damit bietet ein Fortbildungsprogramm die Möglichkeiten auf die am Programm Teilnehmenden zu wirken – auf die Lehrkräfte und auch auf die Schülerinnen und Schüler.

Das Programm „Mathe.Forscher - Entdecke Mathematik in deiner Welt“ der Stiftung Rechnen hat sich genau dies zum Ziel gesetzt: Durch forschend-entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht soll Kindern und Jugendlichen die Möglichkeit gegeben werden, selbstständig Bezüge zwischen deren Lebenswelt und der Mathematik zu entdecken.

Mögliche Wirkungen von forschend-entdeckendem Lernen sollen am Beispiel des Programms Mathe.Forscher untersucht werden.

Die am Programm teilnehmenden Schülerinnen und Schüler sollen durch die Verankerung von forschend-entdeckendem Lernen im Regelunterricht einen eigenen Zugang zu Mathematik erleben, der ihnen einerseits Freude am Fach und andererseits die Bedeutung des Fachs vermittelt. Das Hierzu soll das Unterrichtskonzept des forschend-entdeckenden Lernens von den am Programm beteiligten Lehrerinnen und Lehrern zunächst angeleitet in den Unterrichtsalltag implementiert werden. Es wurden Mathe.Forscher-Dimensionen entwickelt, anhand derer die Lehrenden überprüfen können, ob ihre Mathe.Forscher-Planungen im Sinne des Programms sind. Langfristig angestrebt ist, den Schülerinnen und Schülern aufzuzeigen, dass Mathematik nicht nur ein Auswendiglernen von Formeln darstellt, sondern sich in der Welt, im Alltag der Schülerinnen und Schüler wiederfinden lässt. Es sollte dabei für die Lehrenden nicht nur um die Entwicklung alternativer Konzepte gehen, sondern gerade die Bedingungen für deren Einbettung in den praktischen Unterricht stellen die eigentliche Herausforderung dar.

Am Beispiel des Programms Mathe.Forscher soll in der hier vorliegenden Arbeit untersucht werden, welche Auswirkung die schrittweise Implementierung forschend-entdeckenden Lernens in den Regelunterricht haben kann.

Die durchgeführte Untersuchung hat zwei Aufgaben.

Zunächst soll ein Instrument entwickelt werden, das eine qualitativ hochwertige und statistisch abgesicherte Beantwortung der Forschungsfragen erlaubt und die oben erläuterten Mathe.Forscher-Dimensionen statistisch darauf überprüft, ob sie als aussagefähige Leitlinien der Mathe.Forscher-Idee Bestand haben können.

In einem zweiten Schritt versucht sich diese Arbeit an der Beantwortung der Frage, ob Wirkungen dieses Fortbildungsprogramms, das sich auf forschend-entdeckendes Lernen fokussiert, festgestellt werden können – sowohl auf Lehrenden- als auch auf Lernenden-Seite.

In einer Metastudie haben Lipowsky und Rzejak zusammengetragen, auf welchen Ebenen Fortbildungserfolge erfasst werden können und welche Bedingungen dafür Voraussetzung sind (Lipowsky & Rzejak, 2012). Lehrerfortbildungen wirken zunächst auf die Lehrerinnen und Lehrer, die erlernte Inhalte dann bei positiver Reaktion auf (Teil-)Aspekte der Fortbildung in ihrem Unterricht umsetzen und damit den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit bieten können, beispielsweise mehr Lebensweltbezug durch forschend-entdeckendes Lernen in ihrem Mathematikunterricht erkennen zu lassen. Lipowsky und Rzejak formulieren in diesem Zusammenhang auch, dass bezüglich der Schülerinnen und Schüler vielfach positive Effekte auf deren Lernleistung nachgewiesen werden konnten. Die Untersuchungen von Wirkungen auf deren affektiv-motivationale Entwicklung dagegen sind uneinheitlich und deutlich seltener (Lipowsky & Rzejak, 2012). Törner, der Bedingungsfaktoren von

Lehrerfortbildungen im Fach Mathematik diskutiert, zeigt auf, dass die Forschung zu Lehrerfortbildungen längst nicht erschöpft ist, und betont die Wichtigkeit der Betrachtung von Einstellungsänderungen, die nicht leicht zu erreichen seien (Törner, 2015).

Die nachfolgende Arbeit konkretisiert sich in diesem Kontext auf die Diskussion der Wirkung des Programms Mathe.Forscher sowohl auf die Lehrenden als auch auf die Lernenden. Insgesamt sollen die beiden Fragen „Wirkt das Programm Mathe.Forscher auf die Einstellung der Lehrerinnen und Lehrer gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht?“ und „Wie wirkt das Programm Mathe.Forscher auf die Schülerinnen und Schüler?“ beantwortet werden.

Eine Kombination aus standardisierten Fragebögen bezüglich der Einstellungen beider Gruppen und Mathe.Forscher-Dimensionsfragen, die auf das forschend-entdeckende Lernen abzielen, erheben Wirkungen auf die Lehrenden und Lernenden. Die Ziele des Programms Mathe.Forscher orientieren sich an den Schülerinnen und Schülern, die durch die Teilnahme neue Zugänge zum Mathematikunterricht und mehr Freude daran erleben sollen. Die Lernenden werden deshalb zudem mittels Interviews bezüglich der Freude an Mathematik und zu Querbezügen zu anderen Kontexten befragt.

Abschließend soll mit dieser Studie im Mixed-Methods-Design erklärt werden, ob die Implementierung des forschend-entdeckenden Lernens im Regelunterricht im Fach Mathematik – hier bezogen auf das Programm Mathe.Forscher – Auswirkungen hat, die sich in Bezug auf die Lehrkräfte durch die Zustimmung zu Programminhalten und Einstellungsänderungen zeigen und in Bezug auf die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler durch gesteigerte Freude und außermathematische Kontextbezüge.

Zur Beantwortung der Fragen wurde nach der Pilotierung 2015 zwischen Januar 2016 und Juli 2017 eine Case-Study im Pre-Post-Design durchgeführt, die nachfolgend ausführlich erläutert wird.

Der Aufbau der Arbeit ist folgendermaßen strukturiert.

1.2 Strukturierung der Arbeit

Die Kapitel 2 bis 9 werden in drei Abschnitte gegliedert (vgl. Abb. 1.1): Die Grundlage der Studie, die Studie selbst und deren Ergebnisse. Jedes der Kapitel wird am Anfang kurz zusammengefasst und gibt einen Überblick, wie die Unterkapitel in das Gesamtkapitel eingebettet sind.

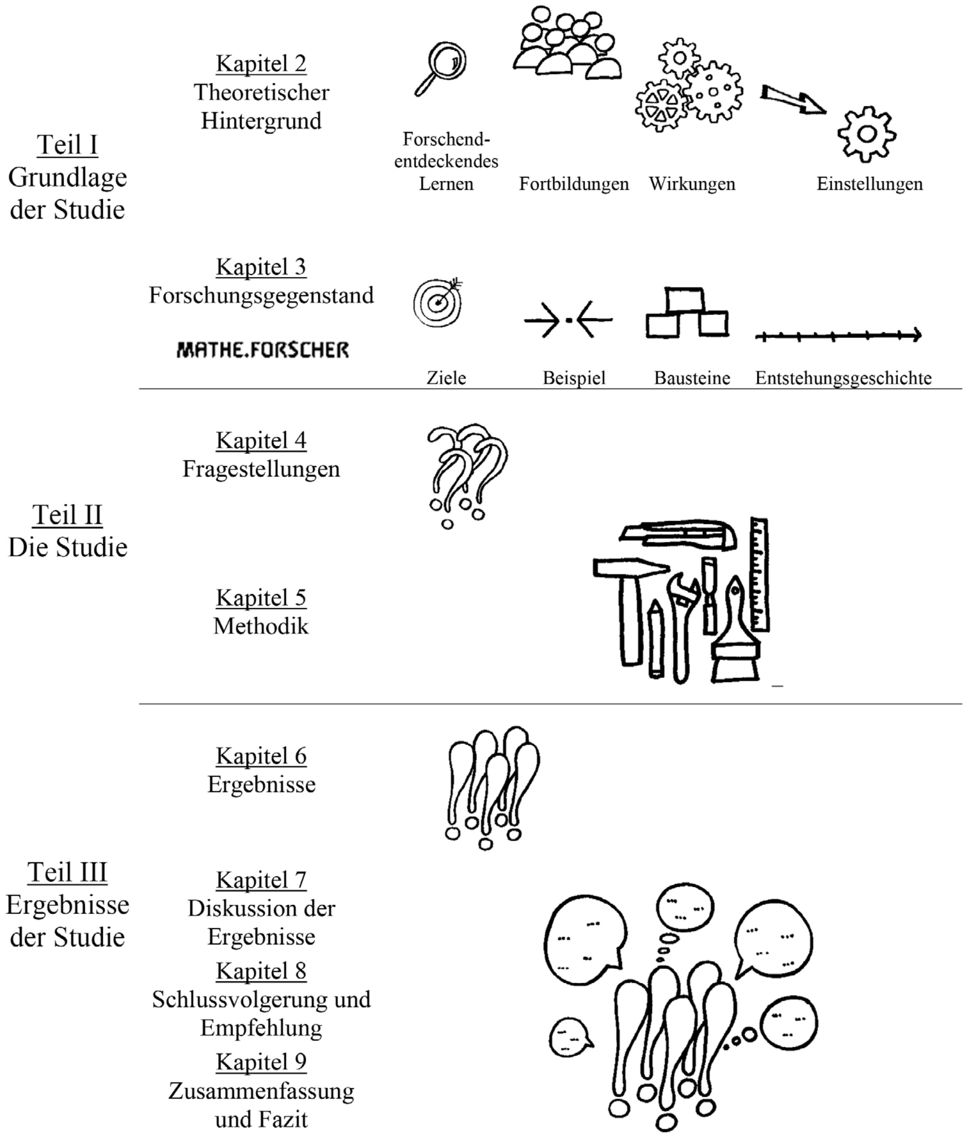


Abb. 1.1: Strukturierung der Arbeit

Teil I: Die Grundlage der Studie

Der erste Abschnitt umfasst die theoretische Basis, auf der die hier durchgeführte Studie fußt. Forschungsgegenstand ist das Programm Mathe.Forscher, ein Lehrerfortbildungskonzept für den Mathematikunterricht, das den Hauptfokus auf die Implementierung von forschend-entdeckendem Lernen in den Regelunterricht legt.

Kapitel 2 erläutert zunächst den Begriff des forschend-entdeckenden Lernens. Danach wird die allgemeine Struktur von Lehrerfortbildungskonzepten vorgestellt und anschließend auf Wirkungen von Fortbildungen eingegangen. Dabei wird deutlich, dass Wirkungen bezüglich drei Aspekten möglich sind: Wissen, Einstellungen und Unterrichtspraxis. In der vorliegenden Studie wird dem Aspekt der Einstellungen besondere Beachtung geschenkt, weshalb dieser Aspekt in einem eigenen Unterkapitel genauer beleuchtet wird.

Kapitel 3 stellt das Programm Mathe.Forscher der Stiftung Rechnen vor. Zunächst werden die Ziele des Programms erläutert. Die nachfolgenden Beispiele im Kapitel orientieren sich an diesen Zielen. Die einzelnen Bausteine des Programms (Vernetzung, Begleitung und Fortbildung) werden anhand der vorgestellten Beispiele verdeutlicht. Es folgt eine kurze Beschreibung der Entstehungsgeschichte des Programms. Abschließend werden die Hauptpunkte des theoretischen Hintergrunds (forschend-entdeckendes Lernen, Lehrerfortbildungen und ihre Wirkungen, Einstellungen gegenüber Mathematik) bezüglich des Programms Matheforscher konkretisiert.

Teil II: Die Studie

Der zweite Abschnitt befasst sich mit dem Kern der Studie, also den Fragestellungen und der Methodik.

Kapitel 4 konkretisiert daher die theoretischen Grundlagen aus Teil I in zwei Forschungsfragen. Forschungsfrage 1 beschäftigt sich mit den Lehrenden, Forschungsfrage 2 nimmt die Schülerinnen und Schüler in den Fokus.

Kapitel 5 erläutert die Forschungsmethodik. Nach der Vorstellung des Untersuchungsdesigns wird die Entwicklung der Messinstrumente aufgeführt. Anschließend werden die Analysestichprobe und die Auswertungsverfahren genauer beschrieben.

Teil III: Ergebnisse der Studie

Der dritte und letzte Teil der hier vorliegenden Arbeit befasst sich mit den Ergebnissen der durchgeführten Studie. Sie werden auf Grundlage des theoretischen Hintergrunds diskutiert, über diesen hinaus erläutert und in einem abschließenden Fazit zusammengefasst.

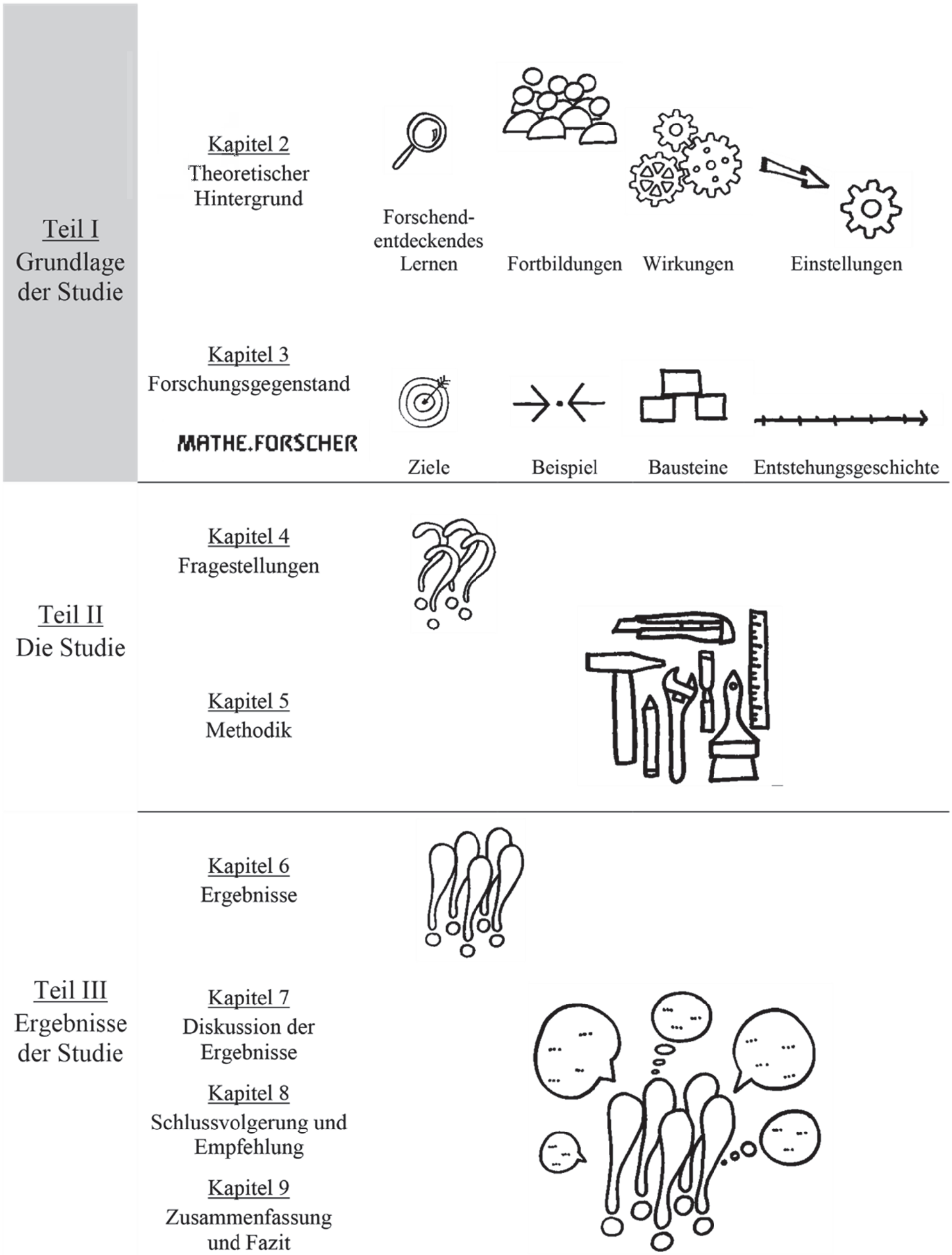
Kapitel 6 führt dabei die Ergebnisse der Studie auf, die durch die in Kapitel 5.4 erläuterten Auswertungsverfahren gewonnen wurden.

Kapitel 7 diskutiert die gewonnen Ergebnisse auf Basis der in Teil I vorgestellten theoretischen Grundlagen der Studie.

Kapitel 8 beschäftigt sich mit Schlussfolgerungen auf Basis der Ergebnisse. Die Erläuterungen gehen hier über die in Teil I vorgestellten theoretischen Grundlagen hinaus, geben eine Empfehlung zum weiteren Umgang damit und einen Ausblick.

Kapitel 9 fasst die vorangegangenen Kapitel zusammen und schließt mit einem Fazit.

Am Ende der Arbeit finden sich die Verzeichnisse und der Anhang.


Teil I
Grundlage der Studie
Kapitel 2
Theoretischer Hintergrund
Forschend-entdeckendes Lernen
Fortbildungen
Wirkungen
Einstellungen
Kapitel 3
Forschungsgegenstand
MATHE.FORSCHER
Ziele
Beispiel
Bausteine
Entstehungsgeschichte
Teil II
Die Studie
Kapitel 4
Fragestellungen
Kapitel 5
Methodik
Teil III
Ergebnisse der Studie
Kapitel 6
Ergebnisse
Kapitel 7
Diskussion der Ergebnisse
Kapitel 8
Schlussvolgerung und Empfehlung
Kapitel 9
Zusammenfassung und Fazit

Teil I – Grundlage der Studie

2 Theoretischer Hintergrund

Zunächst befasst sich dieses Kapitel mit dem forschend-entdeckenden Lernen (Kapitel 2.1, S. 24). Durch Fortbildungen kann dieses Unterrichtskonzept vermehrt in den Mathematikunterricht integriert werden. Das nächste Kapitel widmet sich deshalb der generellen Struktur und möglicher Wirkungen von Fortbildungen (Kapitel 2.2, S. 43). Wirkungen des Programms sind auf unterschiedlichen Ebenen und unter verschiedenen Gesichtspunkten zu erwarten. So wirken sie unter anderem auf die Lehrenden oder die Lernenden, auf unterrichtliches Handeln oder Einstellungen der Beteiligten gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht. Diese Einstellungen sind ein in der Wissenschaft sehr breit diskutiertes Feld. Im Fokus der vorliegenden Arbeit steht der Aspekt der Einstellungen gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht, in Kapitel 2.3 (S. 64) wird deshalb auf den Begriff der Einstellungen eingegangen.

2.1 Forschendes und entdeckendes Lernen

Bevor der Begriff des forschend-entdeckenden Lernens (internationale Literatur beschäftigt sich diesbezüglich mit dem inquiry-based-learning IBL) näher erläutert werden soll, wird zunächst der Begriff des Lernens allgemein beleuchtet.

Lernen ist von verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen wie im Nachfolgenden am Beispiel der Hirnforschung und der Pädagogischen Psychologie dargestellt unterschiedlich konzeptualisiert.

Aus der Perspektive der Hirnforschung werden von Roth fünf wichtige Faktoren bezüglich Lehren und Lernen herausgestellt (Roth G. , 2009). Lehrerinnen und Lehrer senden unterbewusst sowohl ihre Motiviertheit als auch ihre Kompetenz und Identifikation mit dem Thema aus. Lernende wiederum stellen beides schnell und zunächst unbewusst fest. Dieser erste Faktor wird als Motiviertheit und Glaubhaftigkeit des Lehrenden zusammengefasst (1). Aus dem zweiten Faktor, den individuellen kognitiven und emotionalen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler (2), resultiert, dass die Lehrkräfte den Stoff vielgestaltig präsentieren sollten, da nicht alle Lernenden über die sprachliche Ebene lernen können. Neben den Lernvoraussetzungen sind auch die Lernbereitschaft und allgemeine Motiviertheit der Lernenden wichtig (3). Während des Lernens entwickeln Schülerinnen und Schüler oft Belohnungserwartungen. Deren Erfüllung bedeutet dann Lernbereitschaft und Motiviertheit, Enttäuschung das Gegenteil. Lernen muss also positiv anstrengend und herausfordernd sein. Interesse und Motiviertheit resultieren aus leichtem positiven Erwartungsstress, Neugier, Belohnungserwartung, gezielter Aufmerksamkeit und Konzentration. Was einen Lernenden interessiert, variiert stark. Je vernetzter alles Gelernte und zu Erlernende wird, desto eher bleibt es im Gedächtnis und desto zugänglicher und abrufbereiter bleibt es für den Lernenden vom Inhalt her. Den vierten Faktor bilden somit die spezielle Motiviertheit der

Lernenden für einen bestimmten Stoff, das Vorwissen und der aktuelle emotionale Zustand (4). Der letzte Faktor bezieht sich auf den spezifischen Lehr- und Lernkontext (5). Jeder Inhalt, der gelernt wird, wird abgespeichert mit der Lehrperson, der Zeit und dem Ort (Quellen-, Orts- und Zeitgedächtnis). Alles drei kann mitsamt den dabei empfundenen Gefühlen mitentscheidend für Lernerfolg sein. Diese fünf Faktoren zusammenfassend sind die aktive Aneignung des Lernstoffs und die Verknüpfung kognitiver und exekutiver Prozesse entscheidend für den Lernerfolg des Einzelnen. Roth beschreibt abschließend: „Hohe kognitive Leistungen finden im Gehirn des Lehrenden ebenso wie des Lernenden immer nur dann statt, wenn die grundlegende emotional-motivationale Frage positiv beantwortet wird: ‚Welches ist *für mich* der Sinn dessen, was ich gerade tue?‘ “ (Roth G. , 2009, S. 71). Erkennt der Lernende den Sinn und übernimmt, erweitert oder verändert ihn für sich selbst, so ist der Grundstein für nachhaltiges Lernen gelegt (Vollstedt & Vorhölter, 2008; Mank, 2011; Deci & Ryan, 1987).

In der Pädagogischen Psychologie gibt es verschiedene Definitionen, was genau Lernen ist bzw. was einen Lernprozess ausmacht. Allen gemein ist die folgende Kernaussage: Lernen ist ein Prozess, bei dem es zu überdauernden Änderungen im Verhaltenspotenzial als Folge von Erfahrungen kommt. Im Gegensatz zu anderen Veränderungsprozessen, wie zum Beispiel dem Reifungsprozess, ist der Prozess des Lernens unmittelbar an Erfahrungen gebunden. Über das Lernen gibt es vier sich unterscheidende, grundlegende Auffassungen (ausführlich dargestellt u. a. in Hasselhorn & Gold, 2009). Erstens, dass Lernen durch die Bildung von

Assoziationen zwischen Sinneseindrücken und Handlungsimpulsen oder zwischen Reizinformationen zustande kommt; zweitens, dass Lernen im Wesentlichen als Verhaltensänderung auf der Basis der operanten Konditionierungsgesetze zu beschreiben sei; drittens, dass Lernen im Wesentlichen als Erwerb deklarativen (was?), prozeduralen (wie?) und konditionalen (warum?) Wissens als Folge von Verarbeitungsprozessen im menschlichen Informationsverarbeitungssystem charakterisierbar sei; und viertens, dass sich Lernen am besten als eine individuelle Konstruktion von Wissen infolge des Entdeckens, Transformierens und Interpretierens komplexer Informationen durch den Lernenden selbst beschreiben lässt.

Lernen ist ein sehr individueller Prozess, bei dem zwei Faktoren ausschlaggebend sind: Die Herausforderung und das Verstehen (Müller, 2009). Lernen muss auf der Stufe der Herausforderung stattfinden, die für jeden Lernenden individuell anders abgegrenzt ist und zwischen Überforderung und Unterforderung liegt. Lernen auf der richtigen Stufe geht im Klassenverband also nur, wenn Schule so gestaltet wird, dass sie individuelle Herausforderungssituationen schafft. Ein weiterer wichtiger Faktor für Lernen ist Verstehen. „Wer versteht, macht aus etwas Fremdem etwas Eigenes.“ (Müller, 2009) Verstehen ist der Übergang von Information zu Bedeutung, ein ebenfalls sehr individueller Prozess. Der Lehrende muss somit zum Lerncoach werden, da sonst kein individuelles und eigenaktives Lernen möglich ist.

Der Konstruktivismus, bei dem die Eigenaktivität der Lernenden und der Kontextbezug im Vordergrund stehen, liefert Begründungen für das

Konzept des forschenden und entdeckenden Lernens. Klafki (1991) formuliert fünf Thesen, die er als allgemeine Voraussetzung eines Unterrichtsplanungskonzepts im Sinne kritisch-konstruktiver Didaktik sieht. Neben Selbstbestimmungsfähigkeit, Interaktion, Lehr-Lern-Verknüpfung und Sozialerziehungsaspekten schreibt er konstruktivem Lernen als Voraussetzung zu, dass dieses Lernen nur entdeckend, sinnhaft und verstehend sein kann (Klafki, 1991, S. 12). Das forschend-entdeckende Lernen ist in besonderem Maß dazu geeignet, individuelle und selbstgesteuerte kognitive Prozesse bei den Lernenden in Gang zu setzen, sofern dafür geeignete Lernumgebungen durch die Lehrenden geschaffen werden. Die Lernenden nehmen dabei eine aktive Rolle beim Lernen als ein konstruktiver und situativer Prozess ein, während die Lehrenden geeignete Problemsituationen und „Werkzeuge" zur Verfügung stellen und im Lernprozess in einer reaktiven Rolle unterstützen, anregen und beraten (Reinmann & Mandl, 2006). Der Wunsch zu entdecken, auszuprobieren, zu verstehen und zu wissen liegt in der Natur des Menschen. Selbst erkannter Sinn eines Lerngegenstandes und selbst aufgestellte Regeln überzeugen und motivieren mehr, als es von außen gesetzt oder von Unverstandenem möglich wäre (Reich, 2008, S. 95). Je kontrollierter die Lernumgebungen werden, desto mehr verlieren die Lernenden ihre intrinsische Motivation und ihr Selbstwertgefühl. Unterricht muss demnach so gestaltet werden, dass Lernende selbstständig entdecken, erforschen und lernen können (Deci & Ryan, 1987). Forschendes Lernen bedeutet Selbstbestimmung. Selbstbestimmung bedeutet Motivation und substanzielle Lernerfolge (Ulm, 2009).

Betrachten wir die Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan genauer. Die Selbstbestimmungstheorie nach Deci & Ryan (2004) beschreibt drei Grundbedürfnisse des Menschen: Kompetenz, Autonomie und soziale Eingebundenheit (Ryan & Deci, 2004, S. 7-8). Werden diese Grundbedürfnisse erfüllt, wird dem Menschen Motivation, Leistung und Wohlbefinden ermöglicht (Ryan & Deci, 2004, S. 27).

Im pädagogischen Kontext bringt die Selbstbestimmungstheorie zwei Vorteile. Zum einen begründet die Selbstmotivation von Schülerinnen und Schüler ihre Bereitschaft am Unterricht aktiv teilzunehmen, erlaubt positive Gefühle gegenüber Schule und Unterricht, ermöglicht die Entstehung von kreativen Schülerprodukten. Zum anderen profitieren Schülerinnen und Schüler, wenn ihre Autonomie von den Lehrenden unterstützt wird, da der Selbstmotivation hier besonders Raum gegeben wird (Reeve, 2004). Laut Deci & Ryan fördert intrinsische Motivation das Lernen und das konzeptuelle Verständnis. Da allerdings nicht alle nötigen Lerninhalte intrinsisch interessant sind, braucht es extrinsische Anregungen der Lerngegenstände (Deci & Ryan, 1987). Eine Möglichkeit hierzu bietet das forschend-entdeckende Lernen. Die Lehrkraft ermöglicht den Schülerinnen und Schülern autonom zu arbeiten, intrinsische Motivation wird ermöglicht, Freude an Schule kann erlebt werden. Forschendes Lernen begünstigt damit die Erfüllung der Grundbedürfnisse im Sinne der Selbstbestimmungstheorie in besonderer Weise.

Was ist eigentlich gemeint mit „forschendem Lernen“? Was mit „entdeckendem Lernen“? Gibt es Unterschiede? Nachfolgend sollen diese Begriffe erklärt werden.

2.1.1 Forschende und entdeckende Unterrichtskonzepte

Messner definiert forschendes Lernen wie folgt: „Als forschendes Lernen können schulische Arbeitsformen dann bezeichnet werden, wenn sie dem Suchen und Finden von Erkenntnissen dienen, die für die Lernenden neu sind, und in Haltung und Methode analog den Einstellungen und dem systematischen Vorgehen erfolgen, wie es für wissenschaftliches Arbeiten charakteristisch ist." (Messner, 2009, S. 23) Laut Messner ist forschendes Lernen in allen Altersstufen möglich. Der Unterricht muss zunächst problemorientiert organisiert sein und das selbstständige Lernen der Schülerinnen und Schüler fokussieren. Die Lehrpersonen müssen dafür eine das forschende Lernen fördernde Atmosphäre schaffen, indem sie nach und nach forschende Arbeitstechniken vermitteln, als Lernbegleiter mehr und mehr die Eigenständigkeit der Lernenden in den Fokus stellen und kooperative Lernformen als Standard anstreben. Voraussetzung sind für die Lernenden attraktive Unterrichtsinhalte, die einen hohen Realitäts- und Sinnbezug, gesellschaftliche Relevanz und Möglichkeiten der Interdisziplinarität aufweisen. Messner beschreibt, dass jeder einzelne Schüler und jede einzelne Schülerin Schüler forschendes Lernen braucht, wozu Schule die Zeit und den Raum schaffen muss (Messner, 2009).

Aepkers fügt hinzu, dass die Lehrkräfte das forschende Lernen als aktiven, produktiven und selbstbestimmten Lernprozess selbst zuvor erlebt haben müssen. Nur dann ist forschendes Lernen unter Voraussetzungen wie ausreichend Zeit, außerschulischem Arbeiten und unkonventionellen Organisationsformen gewinnbringend für die Schülerinnen und Schüler (Aepkers, 2002).

Für das entdeckende Lernen gibt es dagegen keine einheitliche Definition. Der Begriff wird eher von verschiedenen Autoren umschrieben, wobei sich die meisten Umschreibungen nur in Kleinigkeiten unterscheiden. Der Ursprung entdeckenden Lernens liegt bezogen auf Schule in den USA. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts entwickelten John Dewey und sein Schüler Kilpatrick die Projektmethode. Die Methode war geprägt von Eigenaktivität der Lernenden, von zielgerichteter Planung, von zielgerichteter Ausführung eines Produkts (Skiera, 2010, S. 394). Frey entwickelte die Projektmethode weiter, indem er unter anderem regelmäßige Reflexionsphasen hinzufügte (Frey, 2002). Die Grundideen der Projektmethode nach Dewey und Kilpatrick fanden sich im Entdeckenden Lernen wieder. Bruner, der in Zusammenhang mit entdeckendem Lernen oft zitiert wird, sprach sich in den 60ern dafür aus, Schülerinnen und Schüler selbst Sachverhalte erkunden und entdecken zu lassen, anstatt diese von den Lehrenden zu übermitteln. Die Lernenden würden lernen durch Handeln, nicht indem ausschließlich über Sachverhalte gesprochen wird (Bruner, 1961). Einigkeit besteht über folgende auf das entdeckende Lernen bezogene Punkte: Die Lernenden setzen sich handelnd und reflektierend mit neuen Sachverhalten auseinander. Es entstehen individuelle Lernwege und Lernprozesse. Lerngegenstände werden von der Lehrkraft in der gesamten Komplexität präsentiert, die Lernenden können weiterführende Fragestellungen und Vorgehensweisen daraus entwickeln. Jeder Lernende lernt für sich selbst (Liebig, 2002). Verglichen mit dem forschenden Lernen ist beim entdeckenden Lernen das wissenschaftliche Vorgehen nicht so stark ausgeprägt. Es kann daher als eine Art Vorstufe des forschenden Lernens gesehen werden (Messner, 2009, S. 24). Das projektartige Lernen dagegen, aus dem sich das entdeckende Lernen entwickelt hat, zielt auf Ergebnisse praktischer Art, eher selten stehen hier spezifische Erkenntnisziele wie beim forschenden Lernen im Vordergrund (Messner, 2009, S. 24).

Zusammenfassend bedeutet forschend-entdeckendes Lernen für die Lernenden das (Nach-) Erfahren von Prozessen, die auch Forschende in der Wissenschaft durchleben: Die Schülerinnen und Schüler gehen Forschungsfragen nach, die sie nach Möglichkeit selbst aufstellen, sie stellen Hypothesen auf, überprüfen diese und sie interpretieren und präsentieren ihre Ergebnisse.

Forschendes und entdeckendes Lernen muss sich dabei der Kritik stellen, dass Schülerinnen und Schülern durch zu hohe Erwartungen der Lehrkräfte und ungeübte Selbstständigkeit überfordert würden und der Zeitaufwand durch selbstständige Entdeckungen unvertretbar sei (Liebig, 2002; Kirschner, Sweller, & Clark, 2006). Furtak et al. bewerteten in ihrer Meta-Studie 37 Untersuchungen über Effekte von IBL-Reformen im naturwissenschaftlichen Unterricht zwischen 1996 und 2006 bezüglich der Lernwirksamkeit beim forschenden Lernen und dem Ausmaß der von der Lehrkraft gegebenen Unterstützung (Furtak, Seidel, Iverson, & Briggs, 2012). Sie fanden heraus, dass besonders bei einer Verknüpfung von forschenden Aspekten mit sozialen Interaktionen stärkere Lerneffekte festgestellt werden konnten. Außerdem konnten höhere Effektstärken erreicht werden, wenn die Schülerinnen und Schüler nicht komplett auf sich gestellt waren, sondern gezielte Unterstützung der Lehrkraft erhielten. Die Meta-Studie von Lazonder und Harmsen untersuchte 72 Studien über Unterstützungsangebote beim forschenden Lernen auf ihre Wirksamkeit (Lazonder & Harmsen, 2016). Auch sie kamen zu dem Schluss, dass gezielte Unterstützungsangebote positive Auswirkungen auf Lernerfolg und Lernleistung der Schülerinnen und Schüler haben. Hiermit wird deutlich, dass forschendes Lernen nicht bedeuten kann, dass die Schülerinnen und Schüler auf sich gestellt sind. Die gezielte Unterstützung der Lernenden beim Entdecken und Forschen durch die Lehrkraft ist für einen ertragreichen Lernerfolg unverzichtbar und muss Teil der Vorbereitung und des Prozesses sein.

Entdeckendes und forschendes Lernen kann nicht aus dem Nichts und ohne Anleitung im Unterricht umgesetzt werden. Dass forschendes und entdeckendes Lernen zunächst schrittweise eingeübt werden muss, ist bereits oben beschrieben. Zudem kann forschendes oder entdeckendes Lernen nicht als alleinige Lernform im schulischen Kontext bestehen. Ein Lösungsansatz, mit der beschriebenen Kritik umzugehen, ist die Gestaltung integrierter Lernumgebungen als Kombination aus Instruktion und Konstruktion. Die Instruktion übernimmt dabei die Aufgabe des Erwerbs einer Wissensbasis. Die Konstruktion dient der Entwicklung individueller Bedeutungen (Reinmann & Mandl, 2006). Die Phase der Konstruktion kann wie oben dargestellt durch entdeckendes und forschendes Lernen im Unterricht umgesetzt werden.

2.1.2 Forschendes und entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht

Auch in der Mathematikdidaktik erfreut sich das forschende, entdeckende und projektbasierte Lernen sowohl an Schulen als auch an Hochschulen und Universitäten immer größerer Beliebtheit. Auf internationalen Konferenzen nimmt das inquiry-based learning (IBL) mehr und mehr Raum ein, und auch im deutschsprachigen Raum beschäftigen sich Mathematikdidaktiker verstärkt mit dem forschend-entdeckenden Unterrichtsansatz.

Bei einem Vergleich der Überschriften von Tagungsbeiträgen der deutschen Jahrestagung für Didaktik der Mathematik zwischen 2005 und 2015 so wird deutlich, dass die Anzahl von zwei Beiträgen bezgl. Forschend-entdeckendem Lernen im Jahr 2005 (GDM, 2005) auf sieben Beiträge im Jahr 2015 (Caluori, Linneweber-Lammerskitten, & Streit, 2015). Auch auf europäischer Ebene wird dieser Anstieg bei den Tagungsbeiträgen zum Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME) deutlich: War 2005 nur eine Überschrift in den CERME-Proceedings mit Bezug zu inquiry-based-learning (IBL) zu finden (Bosch, 2006), so stieg die Anzahl der Beiträge bis 2019 auf zehn Beiträge an (Jankvist, 2019). Und auch auf internationaler Ebene wird dieser Trend beobachtet und in der Literatur beschrieben (vgl. u.a. Artigue & Blomhoj, 2013).

Internationale Studien zeigen, dass forschend-entdeckende Unterrichts-ansätze im Mathematikunterricht Lernen verbessern und Freude gegenüber Mathematikunterricht erhöhen (Lerman, 2002, S. 236). Die Implementierung dieses Unterrichtsansatzes ist trotz der positiven Ergebnisse schwierig. Das europäische Projekt PRIMAS zum Beispiel strebt an, forschend-entdeckende Unterrichtsansätze im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht zu verankern. Darauf bezogene Studien ergaben, dass die Implementierung länderabhängig und nach wie vor schwer umsetzbar ist, sofern das jeweilige Schulsystem und Schulcurricula diesbezüglich wenig Freiraum bieten (Engeln, Euler, & Maass, 2013). Das österreichische Projekt IMST strebt ebenfalls eine Implementierung von forschend-entdeckendem Unterricht an. Auch hier wurde deutlich, dass zur Implementierung innovativer neuer Konzepte Schule, Forschung und Politik zusammenarbeiten müssen (Krainer & Zehetmeier, 2013).

Schauen wir uns entdeckendes, forschendes und projektartiges Lernen im Mathematikunterricht deutscher Schulen genauer an.

Einen gelungenen tabellarischen Überblick (vgl. Tab. 2.1) über Gemeinsamkeiten und Unterschiede beim entdeckenden, forschenden und projektbasierten Lernen im Mathematikunterricht gibt Ludwig (Ludwig, 2013, S. 102) .

Tab. 2.1: Gemeinsamkeiten und Unterschiede der drei Unterrichtskonzepte (Ludwig, 2013, S. 102)

	Entdeckendes Lernen	Forschendes Lernen	Projektbasiertes Lernen
Lehrerrolle	Zu entdeckendes Lernziel wird vorgegeben. Beraterrolle, strategische Hilfen	Der Ausgangspunkt wird vorgegeben. Eventuell eine Ausgangsfrage.	Der Lehrer gibt den Beschäftigungskern vor und entwickelt Rahmengruppen,

			an denen sich die Schülerinnen und Schüler orientieren können.
Schülerrolle	Er/sie soll sich einen passenden Weg zum vorgegebenen Ziel suchen.	Ziele bzw. Fragen werden von den Schülerinnen und Schülern selbst festgelegt und verfolgt.	Schülerinnen und Schüler sind an der Weg- und Zielsuche beteiligt. Sie suchen sich aus den verschie-denen Zielen eines aus.
Offenheit	Ziel festgelegt, Weg offen	Ausgangspunkt festgelegt, Ziel offen, Weg offen	Zielrichtung vorgegeben
Fächerübergriff	Es werden Fragestellungen meist nur innerhalb der Mathe-matik bearbeitet.	Es werden auch Forscherfragen von außerhalb zuge-lassen, wobei der Schwerpunkt auf der Mathematik liegt.	Mathematik ist der Kristallisationspunkt der Rahmengruppen. Es werden sich aber in aller Regel weitere Fächer anlagern.
Abschluss	Erkenntnis eines mathematischen Zusammenhangs	In der Regel eine Präsentation	Produkt, Präsentation, Aufführung
Dokumentation	Entdeckerbuch	Forscherbuch	Projekttagebuch

Winter, der Ende der 80er die Vorteile des entdeckenden Lernens bezogen auf den Mathematikunterricht herausstellt, bezeichnet eigenaktive Entdeckungen als den effektiveren Weg des Lernens verglichen mit anderen Ansätzen (Winter, 1989).

Heymann postuliert 1996 fünf Thesen zur Veränderung des Mathematikunterrichts, die er basierend auf den seiner Meinung nach zentralen Aufgaben allgemeinbildender Schulen im Rahmen fächerübergreifender Allgemeinbildung formuliert (Heymann, 1996). Laut Heymann soll neuer Mathematikunterricht…

- …die Lebensnützlichkeit mathematischer Alltagsaktivitäten stärker berücksichtigen.
- …die Verbindung von Mathematik und außermathematischer Kultur stärker herausstellen.
- …Erfahrungen zur Deutung und Modellierung, zum besseren Verständnis und zur Beherrschung primär nicht mathematischer Phänomene ermöglichen.
- …den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, ihren eigenen Verstand fragend, konstruierend und analysierend benutzen, um Mathematik und mathematische Anwendungen zu durchschauen.
- …eine Unterrichtskultur entwickeln, die Raum gibt für die subjektiven Sichtweisen der Schülerinnen und Schüler, für Umwege, alternative Deutungen, Ideenaustausch, spielerischen Umgang mit Mathematik und eigenverantwortliches Tun.

Betrachtet man diese Thesen genauer, so fallen direkt Parallelen zu Kernpunkten forschend-entdeckenden Lernens auf. Das Lösen realitätsnaher Aufgaben im Mathematikunterricht bietet eine breite Basis für die Umsetzung von forschend-entdeckendem Lernen im Unterricht (Artigue & Blomhoj, 2013, S. 805).

Laut Ulm, der sich mit forschendem Lernen im Mathematikunterricht beschäftigt, verfolgt die Mathematikdidaktik den kognitionsorientierten Begriff des Lernens: Lernen ist Veränderung kognitiver Strukturen. Die beiden Hauptmerkmale forschenden Lernens sind die Eigenständigkeit der Lernenden (1) an neuen und komplexen Themenfeldern (2). Da im Mathematikunterricht nicht nur die mathematischen Inhalte im Vordergrund stehen, sondern auch die Weiterentwicklung der Denkfähigkeit der Lernenden eine große Rolle spielen, bietet sich das Forschende Lernen hier besonders an, da es ausreichend Freiraum für individuelle Denkprozesse der Schülerinnen und Schüler bietet. Forschendes Lernen fördert Teamfähigkeit, Präsentations- und Kommunikationsfähigkeiten, Selbstständigkeit und Eigenverantwortlichkeit. Diese allgemeinen Schlüsselkompetenzen seien für angemessene gesellschaftliche Teilhabe und berufliche Erfolge unermesslich. Ulm zählt folgende drei Charakteristika für forschendes Lernen im Mathematikunterricht auf: Zunächst müssen die Aufgaben offen (1) genug gestellt sein, um zu selbstständigem Forschen und Entdecken an mathematikhaltigen Situationen einzuladen und eine Beschäftigung mit Mathematik in vielerlei Richtungen anzubieten. Der mathematische Gehalt der Aufgabe muss ausreichend reichhaltig und ergiebig (2) sein, dass sich eine längere Beschäftigung damit zeitgleich als sinnvoll, notwendig und ertragreich erweist. Initialaufgaben zum forschenden Lernen müssen außerdem Einstiege und Beschäftigung auf unterschiedlichen Niveaus zulassen, um eine differenzierte Erschließbarkeit (3) zu ermöglichen (Ulm, 2009, S. 97 ff.).

Viele Beispiele von gelungenem forschendem Lernen im Mathematikunterricht laufen in vier ähnlichen Phasen ab, die Roth und Weigand untergliedern in: (1) die Untersuchung eines Themenfeldes und das Entwickeln von Fragen, (2) die Strukturierung des Themenfeldes mittels Einordnen in ein Wissensnetz, (3) das Festhalten und Präsentieren der Ergebnisse und (4) das Reflektieren und Weiterfragen (Roth & Weigand, 2014).

Forschendes Lernen im Mathematikunterricht ist damit angelehnt an Forschungsweisen in Universitäten und der Wissenschaft. Diskussionen mit anderen sind gewinnbringend, können Irrwege aufzeigen oder vorantreibend wirken. Vorbereitete Umgebungen mit brauchbaren Fragestellungen und hilfreichen Informationsquellen sind für Forschendes Lernen im Mathematikunterricht unabdingbar. Schwerpunkte bilden die hohe Schüleraktivität und die gut dosierte Steuerung durch die Lehrkraft (Lutz-Westphal, 2013). Neben dem Ziel der Vermittlung authentischer Forschungsmethodik und einer hinterfragenden Haltung hat forschendes Lernen im Mathematikunterricht die Funktion der fachlichen Auseinandersetzung. Es wird dabei authentisch innerhalb eines klar gesteckten Rahmens geforscht, der dabei gleichzeitig fundiert durchdrungen wird (Lutz-Westphal & Schulte, 2016). Natürlich gibt es offenkundige Unterschiede zwischen Forschung und Schule (Erwachsene/Kinder, Profis/Laien, freiwillige Gemeinschaft/Zwangsgemeinschaft, offenes Arbeiten/Arbeiten nach Lehrplan bzw. Bildungsstandards), deshalb spricht man in der Schule vom „gelenkten Entdecken“ (Winter, 1989, S. 4). Laut Winter ist dieses Lenken hoch anspruchsvoll für die Lehrkraft, damit die Entdeckungen der Schülerinnen und Schüler gewinnbringend werden. In einer ausführlichen Gegenüberstellung führt Winter den Unterschied zwischen Lernen durch Entdeckenlassen und Lernen durch Belehren auf (Winter, 1989, S. 4-5). Entdeckenlassen muss und kann in den meisten Fällen gelernt werden.

Eine ausführliche Darstellung zur Problematisierung beim entdeckenden Lernen im Mathematikunterricht aus wissenstheoretischer, mathematikdidaktischer, lerntheoretischer und soziolinguistischer Sicht findet sich unter anderem in Kollosche (2017). Kollosche schließt in seinem Fazit, dass anstelle einer Dogmatisierung des entdeckenden Lernens eine kritische Haltung demgegenüber eingenommen werden sollte. Um diese Unterrichtsform in der Schule zu implementieren und in Studien genauer beforschen zu können, sollte die schulpraktische Ausgestaltung angeleitet und den Lehrenden Best-Practice-Beispiele an die Hand gegeben werden (Kollosche, 2017, S. 232-234).

2.1.3 Zusammenfassung

Aus Sicht der Pädagogischen Psychologie ist Lernen ein Prozess, bei dem es zu überdauernden Änderungen im Verhaltenspotenzial als Folge von Erfahrungen kommt. Aus konstruktivistischer Perspektive lässt sich Lernen am besten als eine individuelle Konstruktion von Wissen infolge des Entdeckens, Transformierens und Interpretierens komplexer Informationen durch den Lernenden selbst beschreiben. Erkennt der Lernende den Sinn und übernimmt, erweitert oder verändert ihn für sich selbst, so ist der Grundstein für nachhaltiges Lernen gelegt.

Lernen ist ein sehr individueller Prozess. Schule muss also individuelles Lernen auch im Klassenverband ermöglichen und der Lehrende muss zum Lerncoach werden, da sonst kein individuelles und eigenaktives Lernen möglich ist. Das Unterrichtskonzept des forschend-entdeckenden Lernens bietet genau diese Möglichkeit. Es erlaubt die Erfüllung der drei Grundbedürfnisse eines Menschen nach Kompetenz, Autonomie und sozialer Eingebundenheit und ermöglicht damit Motivation, Leistung und Wohlbefinden (Ryan & Deci, 2004).

Forschend-entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht ist schrittweise geprägt von folgenden Merkmalen:

- eine problemorientierte Organisation
- selbstständiges, eigenaktives und eigenverantwortliches Lernen der Schülerinnen und Schüler
- individuelle Lernwege und Lernprozesse
- Entwicklung eigener Fragestellungen und Vorgehensweisen der Lernenden
- eigenes Aufstellen von Hypothesen und Vermutungen; Überprüfung der Vermutungen; Dokumentation, Interpretation und Präsentation der Ergebnisse
- eine fördernde Atmosphäre, in der die Lernenden nach und nach forschende Arbeitstechniken vermitteln bekommen
- kooperative Lernformen und damit Förderung von Team- und Kommunikationsfähigkeit
- Unterrichtsinhalte mit hohem Realitäts- und Sinnbezug, gesellschaftlicher Relevanz, Möglichkeiten der Interdisziplinarität
- Stetige Angebote der Unterstützung

Das entdeckende Lernen kann als Vorstufe des forschenden Lernens gesehen werden, da hier der wissenschaftliche Fokus noch nicht so stark ausgeprägt ist. Um alle Phasen auf dem Weg zu annähernd wissenschaftlichen forschenden Lernens anzusprechen, verwenden wir den Begriff des forschend-entdeckenden Lernens.

Voraussetzung ist, dass die Lehrkräfte das forschende Lernen als aktiven, produktiven und selbstbestimmten Lernprozess selbst zuvor erlebt haben müssen. Unter anderem können die Lehrkräfte Unterrichtsprozesse danach besser planen und währenddessen unterstützen, da sie selbst forschend-entdeckendem Lernen „ausgesetzt" waren und vergleichbare Prozesse durchlebt haben.

Hiermit wird deutlich, dass forschendes Lernen nicht bedeuten kann, dass die Schülerinnen und Schüler auf sich gestellt sind. Die gezielte Unterstützung der Lernenden beim Entdecken und Forschen durch die Lehrkraft ist für einen ertragreichen Lernerfolg unverzichtbar und muss Teil der Vorbereitung und des Prozesses sein.

Internationale Studien zeigen, dass forschend-entdeckende Unterrichtsansätze (inquiry-based learning IBL) im Mathematikunterricht bei geeigneter Umsetzung Lernen verbessern, Lernerfolg und Lernleistung steigern und Freude gegenüber Mathematikunterricht erhöhen können. Die Implementierung dieses Unterrichtsansatzes ist trotz der positiven Ergebnisse nicht alltäglich.

Um neue Unterrichtskonzepte in den Schulalltag zu bringen beziehungsweise um bestehende Unterrichtskonzepte neu in den Schulalltag zu bringen bedarf es Fortbildungen zur Professionalisierung von Lehrerinnen und Lehrern.

2.2 Lehrerfortbildungen und ihre Wirkung

Dieses Kapitel widmet sich zunächst generell der Struktur von Lehrerfortbildungskonzepten im Fach Mathematik (Kapitel 2.2.1) und geht dann auf die Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen ein (Kapitel 2.2.2). Kapitel 2.2.3 stellt Kriterien effizienter Lehrerfortbildung vor.

2.2.1 Lehrerfortbildungen im Fach Mathematik

Nicht nur im Fach Mathematik sondern generell gibt es verschiedene Fortbildungskonzepte für Lehrerinnen und Lehrer, die je nach Ziel unterschiedlich organisiert sind (vgl. u. a. Rösken, 2011). Die Organisation unterscheidet sich unter anderem in folgenden Punkten:

- punktuell vs. regelmäßig (wöchentlich, monatlich, jährlich…)
- aufeinander aufbauende Einheiten vs. modular nach Bedarf
- prozessbezogen vs. outputorientiert
- einzelne Lehrkräfte vs. Gruppen (Fachschaften, Kollegien, feste, schulübergreifende Teams)
- freiwillige vs. verpflichtende Teilnahme

Obwohl nach wie vor sämtliche aufgeführten Organisationsformen im Fortbildungsgeschehen zu finden sind, werden manche Kriterien als wirksamer oder effizienter beurteilt als andere. Ausführlich vorgestellt werden Kriterien effizienter Fortbildungen in Kapitel 2.2.3 ab Seite 56.

Im Fach Mathematik ist das Deutsche Zentrum für Lehrerbildung Mathematik (DZLM) die bundesländerübergreifende Einrichtung, um Fortbildungen durchzuführen, zu beforschen und außerdem Material und Konzepte zu entwickeln. Der Kompetenzrahmen des DZLM erstreckt sich auf drei Bereiche professioneller Kompetenz für Lehrkräfte. Die drei Bereiche sind Professionswissen (1), technische Fähigkeiten (2) und Überzeugungen (3). Als vierter Bereich kommt für Multiplikatorinnen und Multiplikatoren Fortbildungsdidaktik und -management hinzu (Barzel & Selter, 2015; Barzel, et al., 2018). Jeder Bereich wird auf zwei weiteren Ebenen feiner untergliedert. Das Professionswissen (1) wird unterteilt in mathematisches, mathematikdidaktisches und pädagogisches Wissen mit jeweils mehreren Unterpunkten, die sich stark an den Bildungsstandards des Fachs Mathematik anlehnen. Besonderen Fokus legt das DZLM im Bereich des Professionswissens auf fachfremd Unterrichtende. Der nächste Kompetenzbereich technische Fähigkeiten (2) setzt sich aus dem Umgang mit computer-/webgestützten Angeboten und technikbezogenen Über-zeugungen zusammen. Unterpunkte sind hier zum Beispiel das E-Learning oder das Interesse an Technik.

Der dritte Kompetenzbereich der Überzeugungen (3) ist unterteilt in mathematikbezogene Überzeugungen und selbstbezogene Überzeugungen. Mathematik als Wissenschaft, Lehren und Lernen von Mathematik und Interesse an Mathematik bilden damit den mathematikbezogenen Teilbereich der Überzeugungen. Der Unterbereich der selbstbezogenen Überzeugungen beinhaltet Punkte wie Selbstwirksamkeit, Arbeitszufriedenheit oder Kooperationsbereitschaft. Das DZLM legt den

Fokus seiner Angebote hier hauptsächlich auf die Unterbereiche Mathematik als Wissenschaft und Lehren und Lernen von Mathematik. Diese beiden Bereiche spielen auch bei der Frage nach der Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen eine große Rolle. Bevor der Begriff der Überzeugungen in der vorliegenden Arbeit genauer beleuchtet wird (Kapitel 2.3, S. 64), wird zunächst die Wirksamkeit von Fortbildungen und -konzepten diskutiert.

2.2.2 Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen

Die Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen im Allgemeinen wurde über die letzten Jahrzehnte vermehrt untersucht. Die Forschung beschäftigt sich mit einzelnen Bestandteilen im Zusammenhang mit Wirkungen und auch mit unterschiedlich komplexen Wirkungsmodellen, die erarbeitet wurden. Die einzelnen Bestandteile können in zwei Kategorien unterteilt werden. Zum einen gibt es die Bestandsteile der Fortbildung, das sind die Lehrkräfte, die Ausbildner, das Fortbildungsprogramm und der Kontext, in dem die Fortbildung stattfindet. Zum anderen gibt es verschiedene Bestandteile, auf die Fortbildung wirken kann, das sind das Wissen und die Einstellungen gegenüber Mathematik sowohl der Lehrkräfte als auch der Schülerinnen und Schüler bzw. deren mathematische Leistung und das unterrichtliche Handeln. Fortbildungen können also auf verschiedenen Ebenen wirken. Zunächst auf die Lehrerinnen und Lehrer, darüber hinaus auch auf die Ebene der Schülerinnen und Schüler. Lipowsky und Rzejak haben in einer Metaanalyse verschiedener Studien, die sich mit den Wirkungen von Lehrerfortbildungen befassen, vier mögliche

Wirkungsebenen herausgearbeitet (Lipowsky & Rzejak, 2012). Auf Ebene 1 befindet sich die „Reaktion der teilnehmenden Lehrkräfte". Diese Ebene beinhaltet die unmittelbare Zufriedenheit mit der Veranstaltungsqualität und den Fähigkeiten der Fortbildner, außerdem die eingeschätzte Relevanz der Fortbildungsinhalte. Positive Reaktionen darauf stellen zwar keinen verlässlichen Indikator für einen Lernerfolg der Teilnehmerinnen und Teilnehmer dar, sie sind aber eine Voraussetzung dafür. Negative Reaktionen nämlich lassen darauf schließen, dass die Teilnehmenden eindeutig keine Bereitschaft haben, Fortbildungsinhalte in ihre Unterrichtspraxis zu integrieren. Ebene 2 „Das Lernen der Lehrerinnen und Lehrer" bezieht sich auf den Lernzuwachs der Teilnehmenden. Dieser Lernzuwachs bezieht sich sowohl auf kognitive Elemente, wie Wissen und Überzeugungen, als auch auf affektiv-motivationale Elemente, so die Selbstwirksamkeit oder das Kompetenzerleben. Inhalte auf Ebene 3 „Veränderungen im unterrichtlichen Handeln der Lehrpersonen" wurden bisher wegen methodischer Herausforderungen eher selten beforscht. Teilweise wird davon ausgegangen, dass von Veränderungen auf Ebene der Schülerinnen und Schüler potenziell auf Veränderungen in der Unterrichtspraxis geschlossen werden kann (Lipowsky, 2010). „Die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler" auf Ebene 4 beschreibt die am wietreichendsten Effekte von Lehrerfortbildungen. Positive Wirkungen auf die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler sind vielfach bestätigt, Wirkungen auf die affektiv-motivationale Entwicklung sind eher uneinheitlich. Auch Hattie beschreibt in seiner Metastudie, dass die Einstellung gegenüber Mathematik auf die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler Effekte zeigt. Die Einstellung gegenüber Mathematik sei außerdem potenziell zugänglich für die Einflussnahme durch die Lehrperson (Hattie, 2013, S. 60-61).

Die Wirkungen von Lehrerbildung auf die Leistungen von Schülerinnen und Schüler stellen das Zielkriterium in der Wirksamkeitsfrage dar. Gleichzeitig besteht dabei allerdings die Gefahr, dass die ausschließliche Betrachtung von Leistungen den Prozess des Lernens außer Acht lässt. Die Betrachtung und daraus resultierend auch die Förderung von langfristig angestrebtem Kompetenzerwerb und Einstellungsänderungen würden somit vernachlässigt (Cramer, 2012). Wichtig ist daher eine weitreichendere Betrachtung der Entwicklung der Schülerinnen und Schüler als nur auf die Leistung reduziert.

Abgesehen von diesen von Lipowsky und Rzejak vorgestellten vier Ebenen sind zusätzlich Wirkungen auf weitere Lehrkräfte oder Direktion möglich. In der Regel bestehen die verschiedenen Modelle der Wirksamkeit aus den zuvor beschriebenen Faktoren, die sich je nach Modell auf unterschiedlichen Ebenen befinden und in unterschiedlicher Weise beeinflussen. Nachfolgend werden vier Modelle vorgestellt, die diese Unterschiede verdeutlichen sollen.

Wirkungskette nach Guskey (1985)

Guskey entwickelte das zu seiner Zeit vorherrschende Wirkungsmodell von Lehrerortbildungen weiter. Das alte Modell (vgl. Lewin, 1935; zitiert nach Guskey, 1985) schreibt der Fortbildung eine Veränderung der Sicht auf Mathematik von Lehrerinnen und Lehrer zu. Daraufhin ändern sie ihr unterrichtliches Handeln, was eine Verbesserung der Lernendenleistung im Mathematikunterricht zur Folge hat. Das weiterentwickelte Modell von Guskey (vgl. Abb. 2.1) setzt diese drei aus einer Fortbildung resultierenden Bestandteile in anderer Reihenfolge zusammen (Guskey, 1985). Nach der Fortbildung ändern die Lehrkräfte ihr unterrichtliches Verhalten, indem sie Inhalte der Fortbildung (zum Beispiel Methoden oder Material) in ihrem Unterricht verwenden. Dies führt zu einer Verbesserung der Lernergebnisse ihrer Klasse. Erst diese Verbesserung bewirkt eine Veränderung der Einstellungen der Lehrkräfte.

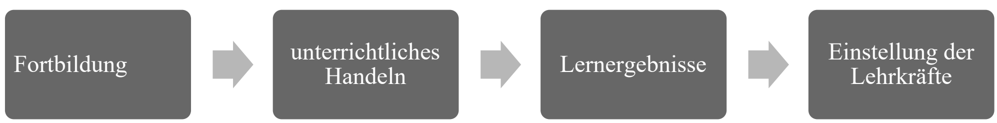


Abb. 2.1: Wirkungskette nach Guskey (1985)

Wechselbeziehungsmodell nach Clarke und Peter (1993)

Das vorangegangene Modell beschreibt eine Wirkungskette. Clarke dagegen schließt diese Kette zu einem Zyklus (vgl. Abb. 2.2), da seiner Meinung nach die Einstellung der Lehrkräfte auch die Wahl ihrer Fortbildungen wieder beeinflusst (Peter & Clarke, 1993).

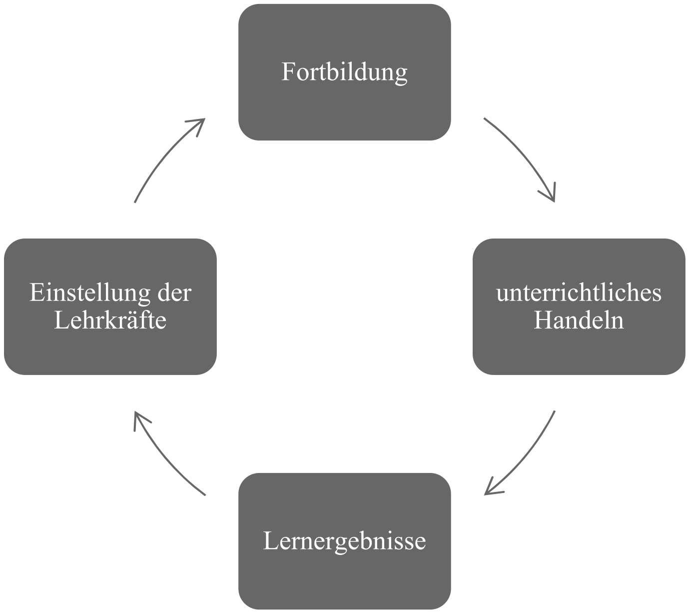


Abb. 2.2: Wirkungszyklus nach Clarke (1988)

Da dieser Zyklus der Komplexität von Wirkungen nicht gerecht wird, entwickelt er ihn einige Jahre später mit Peter durch verschiedene Wechselbeziehungen weiter (Peter & Clarke, 1993). In der nachfolgenden Abbildung sind diese Wechselbeziehungen dargestellt (Abb. 2.3). Die Lehrerfortbildung ist einerseits Voraussetzung für eine Veränderung im unterrichtlichen Handeln. Andererseits kann die Fortbildung direkt neue Betrachtungsweisen gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht der Lehrerinnen und Lehrer anregen. Die Veränderung im unterrichtlichen Handeln bewirkt ebenfalls neue Betrachtungsweisen sowohl auf Seiten der Lernenden als auch der Lehrenden bezüglich Mathematik und

Mathematikunterricht. Dieses Nachdenken wiederum ist Grundlage für Veränderungen im Unterricht. Außerdem beeinflussen sich die neuen Betrachtungsweisen der Lehrkräfte und der Schülerinnen und Schüler gegenseitig. Diese Wechselbeziehung wiederum beeinflusst die Teilnahme an Fortbildungen.

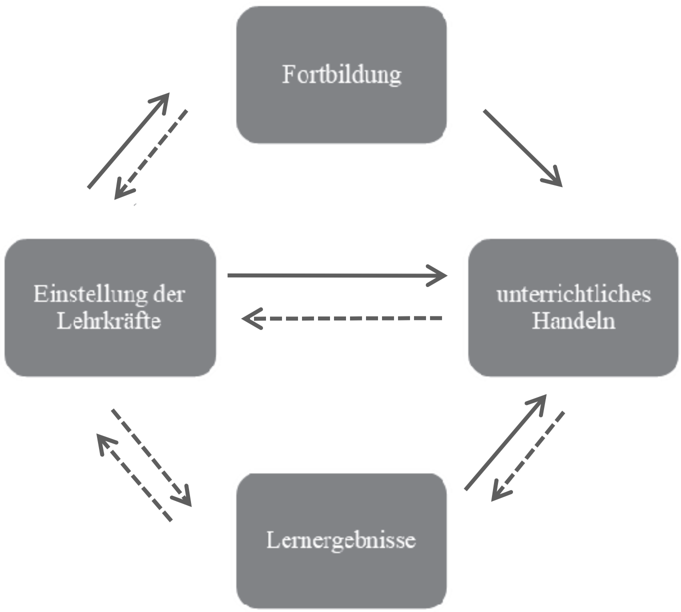


Abb. 2.3: Wechselbeziehungsmodell nach Clarke und Peter (1993)

Die durchgehenden Pfeile in der Abbildung zeigen dabei an, welcher Baustein durch Handlungen die Grundlage für den nächsten Baustein bildet. Die gestrichelten Pfeile dagegen zeigen an, wie die Betrachtungsweisen in angegebener Richtung durch Reflexion verändert werden.

Das IPD-Modell von Zehetmeier (2008)

Das IPD-Modell (Impact of Professional Development) von Zehetmeier ermöglicht im Gegensatz zu den voran genannten Modellen eine Einbeziehung aller möglichen Wirkungsebenen (Zehetmeier, 2008; zitiert nach Zehetmeier, 2014). Neben den Bausteinen aus den vorangehenden Modellen werden hier auch die Elemente der Fortbildung selbst erfasst (Abb. 2.4). Ob die jeweilige Fortbildung nur auf die am Programm teilnehmenden Lehrkräfte oder alle Lehrkräfte dieser Schule wirkt, was genau auf Ebene der Schülerinnen und Schüler passiert, wie nachhaltig Wirkungen sind, welche Wechselbeziehungen oder Rückbezüge durch Wirkungen entstehen und erneut wirken, welches Element der Fortbildung konkret Wirkungen ermöglicht, das alles sind Aspekte, die in diesem Modell zusammengefasst werden. Die Fortbildung bestehend aus verschiedenen Elementen hat bei bestimmten günstigen Faktoren Auswirkungen auf verschiedene Bausteine unterschiedlicher Ebenen.

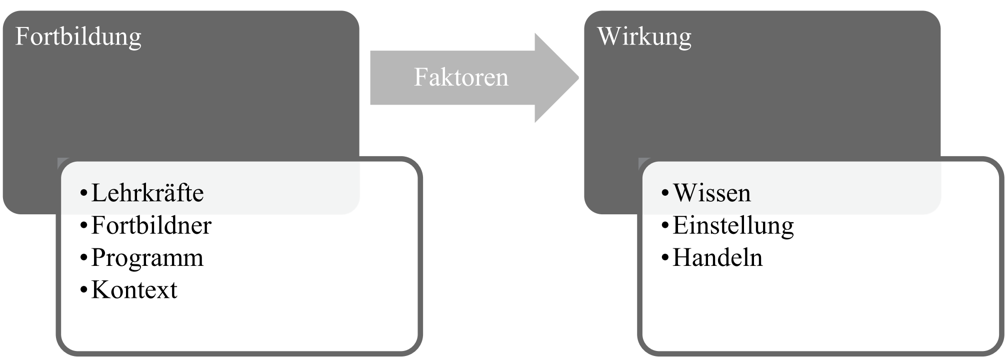


Abb. 2.4: IPD-Modell von Zehetmeier (2008)

Daneben gibt es auch kompliziertere Modelle wie die vorangegangenen, die versuchen die gesamte Komplexität darzustellen. Nachfolgend wird ein solches kurz vorgestellt.

Erweitertes Angebots- und Nutzungsmodell von Lipowsky (2010)

Lipowsky stellt in seinem erweiterten Angebots- und Nutzungsmodell verschiedene Beziehungen einzelner Elemente bezüglich der Wirkung von Lehrerfortbildungen dar (Lipowsky, 2010). Im Mittelpunkt dieses Modells (Abb. 2.5) steht das Fortbildungsangebot, das sich in strukturelle und inhaltlich-didaktische Merkmale unterscheiden lässt. Abgesehen davon gibt es auf der einen Seite individuelle Voraussetzungen der Lehrerinnen und Lehrer, auf der anderen Seite gibt es Kontext-Bedingungen seitens der Schule, die sowohl vor als auch nach der Teilnahme an einer Fortbildung eine Rolle spielen können. Vereint werden diese drei Hauptsparten in einem Transferprozess, der stattfindet, wenn das in der Fortbildung Gelernte im eigenen Unterricht Anwendung finden kann.

Der Fortbildungserfolg kann dann auf den oben beschriebenen vier Ebenen stattfinden (zur Wiederholung: Veränderungen sowohl auf kognitive als auch affektiv-motivationaler Ebene der Lehrerinnen und Lehrer, Veränderung der Unterrichtspraxis und Veränderung des Schulerfolgs der Schülerinnen und Schüler).

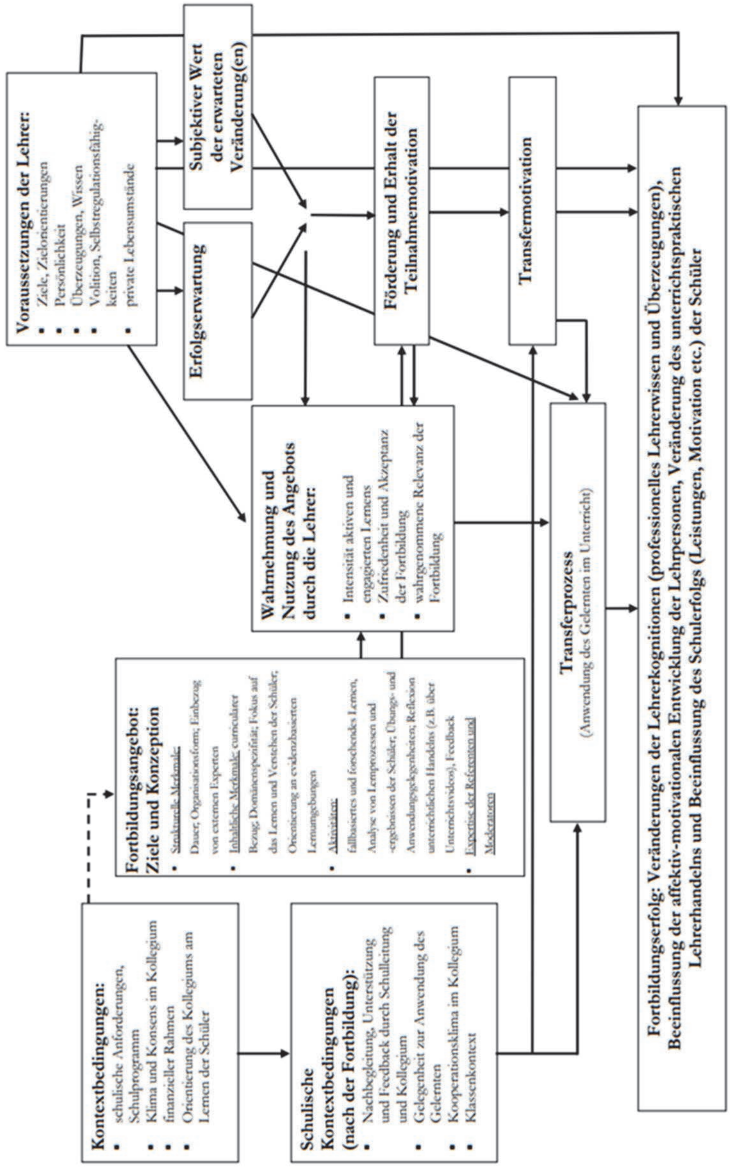


Abb. 2.5: Erweitertes Angebots- und Nutzungsmodell zur Erklärung der Wirksamkeit von Fortbildungs- und Professionalisierungsmaßnahmen für Lehrpersonen

Vergleich der Modelle

Bei der Betrachtung aller Modelle wird deutlich, dass kein einheitliches Wirkungsmodell abgebildet werden kann. Es gibt zum Teil große Unterschiede der einzelnen Bestandteile, der Wirkungsreihenfolge, der Wirkungsrichtung und der Wirkungsebenen. Somit besteht Unklarheit, welche Beziehung oder welches Element relevant für die Wirkung von Lehrerfortbildungen und somit für theoretische und empirische Betrachtungen interessant ist. Zehetmeier fasst in seiner Habilitation folgendermaßen zusammen:

„[…] Die Analogie zum klassischen Henne-Ei-Problem scheint sich aufzudrängen: Einerseits wirken sich verändertes Wissen und Überzeugungen von Lehrkräften auf deren Praxis aus […]. Andererseits bewirkt veränderte Praxis der Lehrkräfte auch Änderungen bei deren Überzeugungen und Kompetenzen. Luft […] zeigt darüber hinaus, dass veränderte Handlungen auch ohne Überzeugungsänderung bewirkt werden können (was von der Henne-Ei-Analogie dann auch wieder wegführt …).“ (Zehetmeier, 2014)

Die vorgestellten Modelle sind zwar in chronologischer Reihenfolge abgebildet. Es gilt zu beachten, dass die Modelle nicht unbedingt nacheinander aufbauend entwickelt haben, sondern dass die Modelle teilweise auch parallel Bestand hatten und haben. Das erweiterte Angebots- und Nutzungsmodell von Lipowsky (2010) scheint die Komplexität von Wirkungen von Fortbildungen am ehesten zu treffen, da es versucht möglichst alle Faktoren zu beachten und zu verknüpfen (vgl. Abb. 2.5).

Das IPD-Modell von Zehetmeier dagegen scheint am simpelsten, da hier nur zwei Blöcke dargestellt sind (vgl. Abb. 2.4). Die einzelnen Elemente des Modells scheinen leicht zu überschauen und schnell zu erfassen. Die Komplexität von Wirkungen von Fortbildungsmaßnahmen passt allerdings am ehesten in genau dieses scheinbar simple Modell.

Lipowskys Modell erweckt durch seine Komplexität den Anschein der Vollständigkeit, wirkt dabei zugleich unübersichtlich und lässt manche Ebenen und Faktoren außer Acht. Wirkungen auf die Lernenden zum Beispiel bleiben in diesem Modell unberücksichtigt, obwohl die Umsetzung der Inhalte im eigenen Unterricht nicht ohne Schülerinnen und Schüler funktioniert, deren Reaktion darauf und Umgang damit wiederum Rückwirkungen auf die Lehrperson haben (kann).

Zehetmeiers Modell dagegen umfasst gerade mit seiner Einfachheit die komplexen Ebenen der Wirkungen. Wie abgebildet sind Wirkungen auf Wissen, Handeln und Einstellungen möglich, dies aber auf sehr unterschiedlichen Ebenen wie die Ebene der teilnehmenden Lehrkräfte, weiteren Lehrpersonen im Kollegium, die Ebene der Schülerinnen und Schüler. Diese Wirkungen können wiederum Teil der begünstigenden Faktoren sein, die verantwortlich sind, dass Wirkungen überhaupt stattfinden können. Vor diesem Hintergrund werden gegebenenfalls wieder neue Fortbildungen gewählt usw.

Unabhängig davon, welches Modell zugrunde gelegt wird, auf welchen Ebenen die Fortbildung wirkt und welche Richtung Wirkungen einschlagen, gibt es Faktoren, die positive Wirkungen begünstigen können. Das nachfolgende Kapitel beschäftigt sich deshalb mit möglichen wirkungsbegünstigenden Faktoren von Fortbildungen.

2.2.3 Kriterien effektiver Fortbildungen

Kriterien, Merkmale oder Charakteristiken effizienter Lehrerfortbildungen wurden über die letzten Jahre mehrfach zusammengetragen. Diese Prinzipien wurden bis heute erweitert, verfeinert und an die Bedürfnisse der Lehrkräfte angepasst.

Nachfolgend werden einige Beispiele vorgestellt beginnend 1985 bis heute im Abstand von jeweils etwa 10 Jahren, um einen Überblick der Parallelen oder Unterschiede deutlich zu machen.

Guskey beschreibt Mitte der achtziger Jahre drei wichtige Prinzipien von effizienten Fortbildungskonzepten (Guskey, 1985). Erstens müssen sich die teilnehmenden Lehrkräfte bewusst sein, dass Veränderungen immer langsam und schwierig sind. Bei den in den Wirkungsmodellen beschriebenen Veränderungen handelt es sich immer um Prozesse, die Zeit brauchen und Anleitung benötigen. Zweitens brauchen die Lehrkräfte regelmäßige Kontrollen über den Lernstand der Schülerinnen und Schüler, um veränderte Leistungen und verbesserte Lernerfolge überhaupt wahrnehmen zu können. Als drittes und letztes Prinzip beschreibt Guskey die Notwendigkeit von Betreuung und Unterstützung auch nach der Fortbildung selbst. In der Regel benötigen die Lehrerinnen und Lehrer zunächst eine Erprobungsphase der neuen Inhalte in ihrem Unterricht. Diese Erprobung bedarf anschließender Diskussion und gegebenenfalls sowohl positiver als auch negativer Kritik der Fortbildner, also der Profis auf dem jeweiligen Gebiet.

Etwa zehn Jahre nach Guskey stellt Peter Charakteristiken wirkungsvoller Lehrerbildung zusammen (Peter, 1996). Zunächst sollten sich Fortbildungsmaßnahmen an den Bedürfnissen der Lehrkräfte orientieren. Zweitens sollten sich Lehrerinnen und Lehrer einer Schule nicht alleine, sondern als Team an Fortbildungsmaßnahmen beteiligen. Dies ermöglicht den Austausch untereinander. Voraussetzung hierfür ist die Unterstützung der Schulleitung der jeweiligen Schule. Die modellhafte Vorstellung von Unterrichtsinhalten, anschließende Erprobung und darauf folgende Reflektion und Feedback sind ebenfalls wichtig. Auch Peter beschreibt die Langwierigkeit von Veränderungsprozessen, langfristige Unterstützungsmöglichkeiten sind für ihn deshalb von großer Bedeutung.

2002 stellt Maldonado in ihrer Metaanalyse fünf strukturelle und vier inhaltliche Merkmale erfolgreicher Programme zusammen (Maldonado, 2002). Wichtige strukturelle Merkmale sind für Maldonado eine länger dauernde Teilnahme, modellhaftes Lernen während der Fortbildung, Schulverantwortliche als Bindeglied zwischen Fortbildung und Lehrpersonen pro Schule, längerfristige Unterstützung auch über die Fortbildung hinaus und kontinuierliche Evaluation. Die vier inhaltlichen Merkmale sind: inhaltsspezifisches Material angepasst auf die Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler, forschend-entdeckendes Lernen der teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer, arbeiten in Lehrerteams, die Verortung der Inhalte in einen größeren bildungspolitischen Rahmen.

2007 fassen Timperley et. al. in einer internationalen Betrachtung sieben Merkmale effektiver Fortbildungen zusammen, die förderlich auf die Schülerinnen und Schüler wirken können (Timperley, Wilson, Barrar, & Fung, 2007). Lernmöglichkeiten über längere Zeitspannen (1) und die Einbeziehung externer Experten (2) sind demnach notwendige Merkmale, die allerdings nicht ausreichend sind um bis auf die Ebene der Schülerinnen und Schüler zu wirken. Zusätzlich zu diesen zwei Merkmalen mussten die Lehrpersonen sich aktiv in den Fortbildungen einbringen (3), unabhängig ob die Teilnahme freiwillig oder von anderer Stelle initiiert wurde. Das Einüben neuerer Unterrichtsansätze (4) wie das forschend-entdeckende Lernen bei Fortbildungen und das Lernen von Schülerinnen und Schülern hängen zusammen. Ein weiteres Merkmal stellt die Teilnahme an Fortbildungen innerhalb professioneller Communities (5) dar. Außerdem sollen Fortbildungsansätze mit allgemeinen Trends in Politik und Forschung übereinstimmen (6). Als letzten Punkt stellen die Autoren eine aktive und unterstützende Schulleitung heraus (7).

2008 fassen Oelkers und Reusser (Oelkers & Reusser, 2008, S. 268 ff) in einer Expertise zur Umsetzung der Bildungsstandards an den deutschen Schulen verschiedene Prinzipien für effektive Fortbildungskonzepte für Lehrpersonen zusammen, wobei sie sich an den fast eine Dekade zuvor von Hawley und Valli (Hawley & Valli, 1999) beschriebenen Prinzipien orientieren:

- Ausgerichtet an Zielen, Standards und Schülerleistungen
- Orientiert an von den Lehrpersonen wahrgenommenen und anerkannten Bedürfnissen und Defiziten

- Schulbasiert und in die tägliche Berufsarbeit eingebunden
- Kooperative Problemlösung und Lehrerarbeit in Teams und Netzwerken
- Kontinuierlich und durch externe Ressourcen und Expertise unterstützt
- Schaffen von Verbindlichkeiten ohne Aufbau von Druck und Anordnung
- Einbezug von aus multiplen Evaluationsquellen stammenden Rückmeldungen zu Schülerleistungen und Lehrerhandeln
- Ergebnisbezogenes und prozessnahes theoretisches Verständnis der im Unterricht zu erwerbenden Kompetenzen
- Teil eines langfristig angelegten, sowohl mit Lernfortschritten als auch mit Rückschlägen rechnenden Veränderungsprozesses unter fachlicher Unterstützung

Abgeleitet aus verschiedenen Forschungserkenntnissen schreiben sie außerdem Bedingungen und Schlüsselfaktoren zusammen, die für wirksame Innovationen zentral seien (Oelkers & Reusser, 2008, S. 261 ff.). Sie werden in insgesamt fünf Gruppen zusammengefasst. Die erste Gruppe umfasst Bedingungen, die die Innovation selbst betreffen (1), so z. B. die Einflussnahme der Betroffenen schon während dem Entwicklungsprozess oder die Transparenz des Mehrwerts der Innovation. Die Vermittlung von Erfolgserlebnissen oder die Vermeidung von Druck bei gleichzeitiger Einforderung von Verbindlichkeiten ist den Bedingungen zuzuschreiben, die sich auf die Lehrpersonen individuell (2) beziehen. Im Zusammenhang mit dem Arbeitsfeld der einzelnen Schulen (3) stehen

Bedingungen wie Möglichkeiten zur sowohl schulinternen als auch schulübergreifenden Zusammenarbeit oder ein positives professionelles Fortbildungsklima. Die vierte Gruppe umfasst Bedingungen, die Rahmen und Kontext der Reform (4) betreffen. Beispiele hierfür sind Unterstützung, Ermutigung oder das Bereitstellen von sozialen und materiellen Ressourcen. Die letzte Gruppe umfasst Bedingungen wie die Vermeidung von Überforderung und Überladung oder das Gewähren von ausreichend Experimentierzeit. Sie sind der letzten Gruppe an Bedingungen zugeordnet, die sich auf die konkrete Umsetzung (5) beziehen.

2012 haben Lipowsky und Rzejak in ihrer internationalen Metastudie zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen nicht nur die oben vorgestellten Wirkungsebenen herausgearbeitet (vgl. Kapitel 2.2.2, S. 45), sondern auch Merkmale wirksamer Lehrerfortbildungen auf Grundlage der untersuchten Studien zusammengetragen (Lipowsky & Rzejak, 2012). Die nachfolgenden Merkmale zeichnen nach ihnen wirksame Lehrerfortbildungen aus:

- Dauer von und Zeit für die Fortbildung
- Vertiefung des fachdidaktischen und diagnostischen Lehrerwissens und Fokus auf die Lernprozesse der Schüler
- Eigenes Handeln erfahrbar machen
- Verschränkung von Input-, Erprobungs- und Reflexionsphasen
- Orientierung an Merkmalen wirksamen Unterrichts
- Feedback an die Lehrpersonen
- Professionelle Lerngemeinschaften

Die Langfristigkeit von Fortbildungsmaßnahmen wird gerade in Bezug auf Veränderungen von Handlungen, Überzeugungen oder Wissen als wichtigstes organisatorisches Merkmal gesehen (vgl. Kapitel 2.2.1, S. 43 und Kapitel 2.3, S. 64). Die Langfristigkeit vorausgesetzt haben Barzel und Selter sechs Kriterien effizienter Lehrerfortbildungen aus der Forschung der vorangegangenen Jahre zusammengetragen (Barzel & Selter, 2015), an denen sich das DZLM bei der Planung, Durchführung und Forschung bzgl. Lehrerfortbildungen orientiert.

Die Kompetenzorientierung (1) beschreibt die didaktische und organisatorische Gestaltung von Fortbildungen in Richtung der von den Teilnehmenden zu erwerbenden inhaltlichen und methodischen Kompetenzen. Diese sollten von Beginn an für die Lehrkräfte transparent gemacht werden. Im Zuge der Teilnehmerorientierung (2) werden die Lehrenden als aktive Lerner durch Anknüpfung an individuellen Bedarf und individuelle Überzeugungen jedes einzelnen eingebunden. Die Verschränkung von Input-, Erprobungs- und Reflexionsphasen kann als Lehr-Lern-Vielfalt (3) zusammengefasst werden. Zeit und Freiheit für Mitgestaltung und Transferleistungen gehören ebenso zu diesem Kriterium. Ein weiteres wichtiges Kriterium ist der Fallbezug (4). Anregungen und Möglichkeiten der praktischen Umsetzung von theoretisch gelernten Inhalten sollten unbedingt bei der Gestaltung von Fortbildungen berücksichtigt werden. Mit Kooperationsanregung (5) ist die Vernetzung der teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrern zu professionellen Lerngemeinschaften gemeint. Als letztes Merkmal wird die Reflexionsförderung (6) genannt. Reflexionsphasen bezüglich ihrer Unterrichtspraxis, ihrer professionellen Kompetenzen und ihrer Überzeugungen sollen für die Lehrkräfte fest eingeplant werden. Die Ergebnisse der Reflexion sollen wiederum in der Praxis umgesetzt werden.

Törner schreibt den professionellen Lerngemeinschaften und somit der Kooperationsanregung die höchste Bedeutung zu (Törner, 2015, S. 226): „Gute Ideen brauchen einfach Freunde und potente Unterstützer."

2.2.4 Zusammenfassung

Fortbildungen von Lehrerinnen und Lehrern bestehen aus verschiedenen Bestandteilen wie den teilnehmenden Lehrkräften, den Ausbildnern, dem Fortbildungsprogramm und dem Kontext, in dem die Fortbildung stattfindet. Jeder dieser Bestandteile kann Auswirkungen haben auf die am Programm Beteiligten. Unabhängig von der Reihenfolge können sich Wirkungen von Lehrerfortbildung zusammengefasst auf drei Aspekte beziehen: Das Handeln, das Wissen und die Einstellungen. Auswirkungen sind auf vier Ebenen möglich. Nach positiver Reaktion auf die Fortbildung (Ebene 1) stehen das kognitive und affektiv-motivationale „Lernen der Lehrerinnen und Lehrer" (Ebene 2) und „Veränderungen im unterrichtlichen Handeln der Lehrpersonen" (Ebene 3). „Die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler" (Ebene 4) beschreibt die am weitreichendsten Effekte von Lehrerfortbildungen. Viele Studien bestätigen positive Wirkungen auf die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler. Die ausschließliche Betrachtung von Lernleistungen bei gleichzeitigem Nicht-Beachten des Lernprozesses birgt die Gefahr der Vernachlässigung von langfristig angestrebtem Kompetenzerwerb und Einstellungsänderungen. Deren Förderung ist damit schwer möglich. Wichtig ist daher eine weitreichendere Betrachtung der Entwicklung der Schülerinnen und Schüler als nur auf die Leistung reduziert.

Über die letzten Jahrzehnte wurden verschiedene Modelle entwickelt, die versuchen, Elemente und Richtung von Auswirkungen durch Fortbildungen darzustellen. Von den vorgestellten Wirkungsmodellen bildet das IPD-Modell von Zehetmeier am ehesten die Komplexität der Wirkungen von Lehrerfortbildungen ab, da hier die konkreten Beziehungen einzelner Elemente offengehalten werden und somit der Realität am nächsten sind.

Kriterien effizienter Fortbildungen sind vom Deutsche Zentrum für Lehrerbildung Mathematik (DZLM) auf sechs Aspekte zusammengefasst worden (Langfristigkeit vorausgesetzt):

- Kompetenzorientierung
- Teilnehmerorientierung
- Lehr-Lern-Vielfalt
- Fallbezug
- Kooperationsanregung
- Reflexionsförderung

Diese sechs Kriterien sind Grundlage der Planung, Durchführung und Beforschung von Fortbildungen des DZLM. Sie werden als gelungene Bündelung der letzten Jahre diesbezüglicher Forschung angesehen.

Effektives unterrichtliches Handeln basiert auf einem zusammenhängenden System von Einstellungen und Werten der Lehrkräfte (Timperley, Wilson, Barrar, & Fung, 2007, S. xxix).

Da sich die vorliegende Arbeit auf die Wirkung von Lehrerfortbildungen bezüglich der Einstellungen gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht von Lehrenden und Lernenden fokussiert, wird nachfolgend dieser Aspekt näher beleuchtet.

2.3 Einstellungen gegenüber Mathematik

Nach einer Begriffsklärung und einer anschließenden allgemeinen Einführung in das Thema „Einstellungen gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht“ wird in diesem Kapitel beschrieben, wie der Begriff / die Begriffe in dieser Arbeit benutzt werden.

2.3.1 Einstellungen, Beliefs, Weltbilder, Attitudes…

Der Begriff der Einstellungen wird oft synonym mit den Begriffen Beliefs, Vorstellungen, Weltbilder, Attitudes, subjektive Theorien oder Überzeugungen verwendet. Pajares versucht sich bereits 1992 mit einer Klärung des Belief-Begriffs (Pajares F. , 1992). Leder untersuchte 2008 die Thematisierung und Vielfalt von Beliefs oder synonym verwendeten Begriffen in den Conference Proceedings von PME und MERGA 2007 (Leder, 2008). Er orientiert sich dabei an einer alphabetisch sortierten Liste von Mason, in der zu jedem Buchstaben mindestens ein zu Beliefs synonym verwendeter Begriff aufgestellt wurde (Leder, 2008, S. 40). Er stellt fest, dass die Untersuchung von Beliefs nach wie vor von anhaltendem Interesse in der Forschung ist, wobei der Begriff Beliefs neben einer Vielzahl weiterer Synonyme Verwendung findet und eine Klärung eher allgemein gehalten ist (Leder, 2008, S. 50-51). Über 15 Jahre nach dem Versuch einer Begriffsklärung von Pajares besteht nach wie vor keine Klarheit. Es handelt sich hierbei ausschließlich um englische Begriffe. Fügt man synonym verwendete Begriffe aus dem deutschsprachigen Raum – hier werden im wissenschaftlichen Diskurs teils deutsche, teils englische Begriffe verwendet – hinzu, so übersteigt die Anzahl schnell die fünfziger Marke. Philipp beschreibt eine gelungene Aufstellung verschiedener Auffassungen und versuchter Definitionen der Begriffe um Beliefs im englischsprachigen Raum (Philipp, 2007). Doch auch hierbei gelingt keine Definition, die nicht auf synonym verwendete Begriffe zurückgreift. Eine aussagekräftige eigene Definition von Beliefs versucht er in Verbindung mit den Begriffen *values* (Werten) und *knowledge* (Wissen). Bei der Abgrenzung von sowohl *values* und *beliefs* als auch von *knowledge* und *beliefs* versucht er Beliefs näher zu kommen, wobei auch hier Definitionen von *values* und *knowledge* wieder unter Rückgriff auf den Belief-Begriff erfolgen (Philipp, 2007, S. 268). Letztendlich bleibt der Begriff schwer fassbar.

Ohne Rückgriff auf englische Begriffe versuchen Leuders et al den Begriff der Überzeugungen wie folgt zu beschreiben: „Im Allgemeinen meint der Begriff der Überzeugungen, dass Lehrende im Laufe ihrer akademischen und beruflichen Sozialisation Vorstellungen über Lehren und Lernen, über ihr Fach und über sich selbst als Lehrende entwickeln, die den Charakter ‚subjektiver Theorien' annehmen." (Leuders, Nückles, Mikelskis-Seifert, & Philipp, 2019, S. 6). In dieser versuchten Definition stecken alleine drei der synonym verwendeten Begriffe (Überzeugung, Vorstellung, subjektive Theorien). Eine allgemein gültige und aussagekräftige Definition bleibt demnach auch hier offen. Törner versucht deshalb die Kernelemente von Belief-Definitionen zusammenzufassen (Törner, 2002). Seine sehr mathematisierte Definition besteht aus vier Kernelementen: Das Objekt, auf das sich die Beliefs beziehen (1), den Umfang und den Inhalt der mentalen Assoziationen (2), das Aktivierungsniveau oder die Stärke jeder Assoziation (3) und eine damit verbundene Bewertung bzw. Einordnung (4). Zudem weist er darauf hin, die Person und den Zeitpunkt einzubeziehen, dem die Beliefs zugeordnet sind. Presmeg schreibt dazu, dass diese logisch mathematische Definition das Potential hat, das Feld der mathematikdidaktischen Belief-Forschung voranzutreiben, auch wenn nur die oben genannten Kern-komponenten Verwendung finden und nicht der mathematische Symbolismus (Presmeg, 2008, S. 97). Diese neue Herangehensweise an eine versuchte Definition mathematischer Beliefs bringt zwar etwas Klarheit in die Belief-Thematik, eine einheitliche Definition des Begriffs oder der Begriffe gibt es nach wie vor weder im englischen noch im deutschsprachigen Raum. Je nach Publikum, Zweck und Situation sind verschiedene Definitionen sinnvoll (McLeod & McLeod, 2002, S. 119). Goldin et. al. berufen sich auf die oben vorgestellten vier Kernelemente von Törner (2002) und sprechen sich wie weitere Autoren dafür aus, dass die Verwendung von Elementen oder Charakteristiken anstelle einer Einheits-Definition des

Belief-Begriffs die Möglichkeit bietet, die Flexibilität und den Umfang dieses Konstrukts einzubeziehen (Goldin, Rösken, & Törner, 2009). Mittlerweile werden Beliefs eher charakterisiert als definiert. Furinghetti und Pehkonen sprechen sich dafür aus, dass eine Charakterisierung von Beliefs nur zielorientiert und kontextualisiert gewinnbringend sein kann (Furinghetti & Pehkonen, 2002, S. 54 f.). Törner fasst mehr oder weniger einheitliche funktionale Charakteristiken von Beliefs zusammen (Törner, 2015, S. 217):

- Diesbezügliche Änderungen sind nicht einfach zu realisieren.
- Beliefs sind subjektive umfassende Welterklärungen.
- Beliefs sind reduktionistische Sichtweisen.
- Beliefs sind Zusammenschlüsse von Aspekten zu Sichtweisen.
- Beliefs sind mit Besitztümern vergleichbar: Ihre Anschaffung bzw. Erarbeitung ist anstrengend, deshalb hält man gerne an ihnen fest. Sie wieder loszulassen ist oft ein langwieriger Prozess.
- Beliefs sind als Knowledge (im Sinne von Wissen) akzeptierte Informationen. Oft schließt das eine eigene Überprüfung aus.
- Beliefs sind Selbstverstärker und Selbstbestätiger. Oft beruft man sich auf gerade die Beliefs, die den eigenen Standpunkt bekräftigen.

Somit können Beliefs in Verbindung mit dem Lernen in der oder für die Schule Sachverhalte beschreiben, erklären können sie sie nicht. Möchte man Einstellungen ändern, so funktioniert dies oft nur sehr langsam. Viele Unterrichtskonzepte nehmen Einfluss auf Einstellungen oder umgekehrt (Lerman, 2002). Gegebenenfalls sollen durch Lehrerfortbildungen konkret Änderungen angestoßen werden, da davon ausgegangen wird, dass eine Belief-Veränderung Mathematikunterricht beeinflussen (Schoenfeld, 2015) und sogar effektiver machen kann (Liljedahl, 2011). Verhaltens- und Einstellungsänderungen sind voneinander zu unterscheiden, aber schwer voneinander zu trennen (vgl. u.a. Philipp, 2007; Wilson & Cooney, 2002). Ob dabei eine unterrichtliche Verhaltensänderung auf eine Einstellungsänderung folgt oder umgekehrt, vielleicht sogar beide Hand in Hand gehen, ist nicht abschließend geklärt (vgl. auch Kapitel 2.2.2, S. 45). Eine zentrale Aufgabe bei Fortbildungsmaßnahmen nimmt der Umgang mit Beliefs ein (Törner, 2015, S. 215), da unterrichtliches Verhalten mit Beliefs zusammenhängen. Fortbildungsmaßnahmen bieten die Möglichkeit der Reflexion eigener unterrichtlicher Prozesse und Verhaltensweisen. Reflexion und Erfahrung stellen nach Hannula und Oliveira die beiden Hauptfaktoren zur Bildung, Entwicklung und Veränderung von Beliefs dar (Hannula & Oliveira, 2008, S. 14).

Nicht nur Fortbildungsmaßnahmen, sondern generell in der Mathematikdidaktik befasst sich die scientific comunity international seit Jahren mit Beliefs oder Belief-Systemen. Da der Begriff der Beliefs nicht eindeutig geklärt ist, ist deren Untersuchung ebenfalls problembehaftet: Einheitliche Messwerkzeuge existieren nicht. Forschungen bezüglich Beliefs beim Lehren und Lehren beschreiben eher, wie sie den Begriff bzw. die Begriffe jeweils verwenden. Im Mittelpunkt stehen hier oft nicht nur das Feststellen von Einstellungen, sondern auch deren Änderung (Philipp, 2007, S. 281).

2.3.2 Einstellungen gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht

Trotz sämtlicher Diskussionen zum Belief-Begriff in der Forschung besteht Konsens darin, dass Beliefs sowohl für Lehrende als auch für Lernende einen Filter darstellen, die Einfluss auf das Betreiben und auch die Aufnahme von Mathematik haben (Eichler, 2007). Erforscht werden sollten allerdings nicht einzelne Beliefs, sondern eher Belief-Systeme, da hierbei auch Zusammenhänge verdeutlicht werden (Törner, 2002, S. 85; Furinghetti & Pehkonen, 2002, S. 54). McLeod beschreibt die vier Unterscheidungen *beliefs* über Mathematik, *beliefs* über das Lehren von Mathematik, *beliefs* über das Selbst und *beliefs* über den Kontext, in dem Mathematik betrieben wird (McLeod, Research on affect in mathematics education: a reconceptualization, 1992). Jedes dieser vier Belief-Systeme steht im deutschsprachigen Raum für Vorstellungen oder Einstellungen, die wiederum zu Weltbildern zusammengefasst werden können. Der Begriff mathematisches Weltbild umfasst das Wissen über Mathematik, das ein weites Spektrum an Vorstellungen umfasst über das Wesen der Mathematik als solche und als Schulfach, über die Natur von mathematischen Aufgaben, über den Ursprung mathematischen Wissens und über die Betreiber von Mathematik (Törner & Grigutsch, 1994). Später verwenden Törner, Raatz und Grigutsch anstelle der Vorstellungen über die oben genannten Aspekte den Begriff Einstellungen über Mathematik, dessen Lehren und Lernen und über sich selbst und andere als Betreiber von Mathematik (Grigutsch, Raatz, & Törner, 1998). Da sich die Einstellungen gegenseitig beeinflussen können, ist die Erforschung von Weltbildern gegenüber einzelnen Einstellungen vorzuziehen, ganz analog zum Belief-System versus einzelnen Beliefs. Die Erforschung von Zusammenhängen einzelner Beliefs eröffnet die Möglichkeit, günstige und weniger günstige Beliefs bezüglich Motivation und Unterrichtspraxis genauer zu beforschen (Fives & Buehl, 2008, S. 172).

Wie oben beschrieben bestehen Schwierigkeiten, Beliefs einheitlich zu definieren und von Begriffen wie Werten oder Wissen abzugrenzen (vgl. u. a. Furinghetti & Pehkonen, 2002). Bei Belief-Systemen wird das nicht einfacher. Sie sind schwer fassbar (Törner, 2002) und ebenfalls kaum zu definieren und festzustellen, weder deren Aufkommen, noch deren Änderungen. Die Belief-Forschung ist dennoch wichtig.

Diese Wichtigkeit von Beliefs und Belief-Systemen bezogen auf das Lehren und Lernen von Mathematik wurde in einer Vielzahl von Kontexten untersucht. Allen gemein ist ein Zusammenhang zu Struktur (Goldin, Rösken, & Törner, 2009). Beliefs selbst sind strukturiert, zudem sind sie oft miteinander in strukturierten Systemen verbunden, die wiederum in komplexe affektive und kognitive Strukturen eingebettet sind. Die qualitative und quantitative Erforschung dieser Strukturen ist ein spannendes Feld, das je nach Kontext Möglichkeiten und Grenzen dieser Strukturen aufzeigen kann. Des Weiteren erlaubt die Erforschung der Belief-Strukturen auch die Untersuchung von Wirkungen auf Schülerinnen und Schüler. Kunter et. al. zum Beispiel konnten signifikante Effekte von Motivation und bestimmten Beliefs der Lehrkräften auf die Leistung und Motivation ihrer Schülerinnen und Schüler nachweisen (Kunter, et al., 2013).

Betrachtet man die mathematischen Beliefs von Schülerinnen und Schülern, so repräsentieren Op’t Eynde et al. sie in einem Dreieck aus dem Kontext, ihrem Selbst und dem Mathematikunterricht (Op't Eynde, De Corte, & Verschaffel, 2002). Die Autoren berufen sich auf vorangegangene Modelle und beziehen bis dahin erfolgte Forschung ein, um den drei Eckpunkten verschiedene Unterkategorien zuzuordnen (Op't Eynde, De Corte, & Verschaffel, 2002, S. 28). Beliefs bezüglich des Mathematikunterrichts teilen sich auf in Beliefs über Mathematik als Fach, Beliefs über das Lernen von Mathematik und Problemlösen und Beliefs über den Mathematikunterricht ganz allgemein. Mathematische Beliefs bezüglich der Lernenden selbst – sie benennen sie als motivationale Beliefs – unterteilen sie in zielorientierte Beliefs, prozessorientierte Beliefs, Beliefs zur Selbstwirksamkeit und Beliefs zur Selbstkontrolle. Den dritten Eckpunkt des sozialen Kontexts unterteilen sie in Beliefs bezüglich sozialer Normen in der eigenen Klasse, die sich auf die Rolle und Funktion sowohl ihrer Lehrperson als auch ihrer Klassenkameraden und -kameradinnen beziehen kann, und Beliefs über sozio-mathematische Normen, also Aspekte der mathematikspezifischen Unterrichtskultur. Die Autoren fassen zusammen, dass sich die meisten Belief-Studien mit dem Mathematik-Lernen befassen. Es mangelt dagegen an Studien zur Erforschung der Beliefs bezüglich dem mathematischen Selbst und dem mathematischen Kontext und den Zusammenhängen der drei Eckpunkte (Op't Eynde, De Corte, & Verschaffel, 2002, S. 33). Es wird damit deutlich, dass die Forschung bezüglich der Lernenden-Beliefs auf einen Eckpunkt des Belief-Dreiecks fokussieren. Der oben beschriebene

Wunsch nach der Erforschung von Belief-Systemen anstelle einzelnen Beliefs kann auf die Schülerinnen und Schüler übertragen werden.

Das DZLM ist wie oben beschrieben das deutsche Forschungsinstitut für Fortbildungen von Lehrerinnen und Lehrern (vgl. Kapitel 2.2.1, S.43). Neben Professionswissen und technischen Fähigkeiten stellen Überzeugungen laut DZLM die dritte Säule professioneller Kompetenz für Lehrkräfte dar. Deren Fortbildungen orientieren sich bzgl. der Überzeugungen gegenüber Mathematik als Wissenschaft an den von Grigutsch et al. dargestellten Einstellungen gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht (Grigutsch, Raatz, & Törner, 1998). Analog dazu orientieren auch wir uns in dieser Studie an den von Grigutsch et al. entwickelten Belief-Konstrukten und Fragebögen. Diese sollen nachfolgend genauer beleuchtet werden.

Nach mehreren Einzelfallstudien oder Studien mit kleiner Fallzahl aus dem US-amerikanischen Raum, waren im deutschsprachigen Raum Grigutsch et al. mit die ersten, die Einstellungen von Lehrkräften in einer größer angelegten Studie untersuchten (Grigutsch, Raatz, & Törner, 1998, S. 4). Ihre Motivation begründete sich auf mehrere zuvorige Einstellungs-Untersuchungen von Schülerinnen und Schülern und den Thesen, dass mathematikbezogene Einstellungen der Lehrkräfte zum einen Einfluss auf Lehr-/Lernprozesse haben und zum anderen die aus Lehr-Lernprozessen erworbenen Einstellungen die Schülersicht auf Mathematik und Mathematikunterricht prägen und darin ausdrücken. Ihres Erachtens waren derzeit vier Aspekte bezüglich Einstellungen zu erforschen: die Identifikation der vorhandenen Einstellungen (1), deren Entstehung (2), Auswirkungen auf Lehren, Lernen und Betreiben von Mathematik (3) und Einstellungsänderungen (4). Für die Autoren beschreiben Einstellungen die „Bereitschaft zur Reaktion auf eine Situation“, wobei sie durch „Konsistenz der Reaktion“ geprägt sind (Grigutsch, Raatz, & Törner, 1998, S. 5). Einstellungen können demnach nicht durch einzelne Beobachtungen erfasst werden, sondern bedürfen einer Vielzahl von ähnlichen Reaktionen oder mehrfach gezeigtem ähnlichem Verhalten in vergleichbaren Situationen. Sowohl auf kognitiver und affektiver Ebene als auch auf der Ebene der Handlungsbereitschaft gibt es vier Kategorien von Einstellungen: Einstellungen gegenüber Mathematik (1), Einstellungen über das Lernen (2) und das Lehren (3) von Mathematik und Einstellungen über sich selbst (4) als Betreiber von Mathematik. Erfasst man nicht nur die einzelnen Einstellungen sondern auch deren Beziehungen, so bildet dies laut Grigutsch et al. das mathematische Weltbild ab (Grigutsch, Raatz, & Törner, 1998, S. 10). Der Begriff des mathematischen Weltbildes geht dabei zurück auf den von Schoenfeld im englischen benannten Begriff *mathematical world view* (Törner & Grigutsch, 1994, S. 212; Voss, Kleickmann, Kunter, & Hachfeld, 2013, S. 251).

Die Summe mathematischer Einstellungen bzw. mathematische Weltbilder lassen sich nach Grigutsch, Raatz und Törner von einem Belief-System charakterisieren, das aus vier Hauptaspekten besteht: Formalismus-, Schema-, Prozess- und Anwendungsaspekt. Formalismusaspekt und Schemaaspekt lassen sich einer eher statischen Sicht auf Mathematik zuordnen, die Mathematik als System auffasst. Mathematik ist demnach eine formal-logische, fertige und abgeschlossene Theorie, die sich durch ihren Werkzeugcharakter auszeichnet. Schlagworte hierfür sind Struktur, Begriffe, Regeln, Formeln, Algorithmen, Definitionen, Sätze, Axiome. Diese statische Sichtweise steht der prozesshaften, dynamischen Sicht auf Mathematik gegenüber. Mathematik wird hier als Tätigkeit verstanden, was das Verstehen von Sachverhalten, das Einsehen von Zusammenhängen oder die Entwicklung neuer Erkenntnisse ermöglicht. Die statische Sicht auf Mathematik geht im Idealfall von fertiger Mathematik aus, im Unterricht stehen das Lernen und Anwenden von Definitionen oder die Überprüfung von Hypothesen im Vordergrund. Bei der dynamischen Sicht auf Mathematik sollen mathematische Prozesse im Unterricht nacherfunden werden, Hypothesen generiert werden, individuelle Erkenntnisprozesse betont werden (Grigutsch, Raatz, & Törner, 1998, S. 11 f.). Die Umsetzung forschend-entdeckender Unterrichtskonzepte passt somit eher zu einer dynamischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht.

Eine statische Sicht auf Mathematik wird in der Literatur als traditionell beschrieben. Je traditioneller die Beliefs von Lehrkräften desto traditioneller kann auch ihr unterrichtliches Handeln eingestuft werden (Stipek, Givvin, Salmon, & MacGyvers, 2001). Traditionell bedeutet in diesem Zusammenhang leistungsorientiert und eine starke Lenkung durch den Lehrer. Im Gegensatz dazu steht die Lehrperson als Lernbegleiter, die an kompetenz- und prozessorientierten Inhalten interessiert ist. Stipek et al. fanden heraus, dass Lehrpersonen mit einer statischer Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht mehr Wert auf Schnelligkeit und korrekte Antworten ihrer Schülerinnen und Schüler legten als auf Lernen und

Verstehen (Stipek, Givvin, Salmon, & MacGyvers, 2001, S. 223). Doch auch Lehrerinnen und Lehrer mit einer eher dynamischen Sichtweise auf Mathematik und Mathematikunterricht fühlen sich oft auf Grund einer ganzen Reihe von oft externen Faktoren nicht in der Lage im Sinne ihres mathematischen Weltbildes zu unterrichten (z.B. Druck durch Tests, Schulcurricula, Eltern oder Schulleitungen) (Handal, 2003).

Lehrkräfte mit eher traditionellen Einstellungen gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht zeigen tendenziell weniger Selbstvertrauen und Freude gegenüber Mathematik als solche mit eher forschend-entdeckend orientierten Einstellungen. Außerdem haben sie größere Schwierigkeiten ihren Schülerinnen und Schülern Selbstständigkeit im Unterricht zu gewähren (Stipek, Givvin, Salmon, & MacGyvers, 2001). Wünschenswert wäre also eine eher dynamische, forschend-entdeckend orientierte Sichtweise auf Mathematik und Mathematikunterricht der Lehrkräfte, um den Schülerinnen und Schülern mehr Autonomie im Unterricht zu gewähren.

2.3.3 Zusammenfassung

Der Begriff der Einstellungen wird im deutschsprachigen Raum oft synonym mit den Begriffen Beliefs, Vorstellungen, Weltbilder, Attitudes, subjektive Theorien oder Überzeugungen verwendet. Die Bedeutung der einzelnen Begriffe ist schwer fassbar, versuchte Definitionen sowohl im deutschsprachigen als auch im englischsprachigen Raum greifen oft auf synonym verwendete Begriffe zurück. Je nach Publikum, Zweck und Situation sind verschiedene Definitionen sinnvoll, auch der Rückgriff auf

Kernelemente oder die Beschreibung von Belief-Charakteristiken anstatt einer Definition findet Verwendung. Durch die fehlende einheitliche Definition gibt es auch keine allgemein anerkannten Messwerkzeuge zu deren Feststellung. Die Erforschung von Beliefs bzw. Einstellungen nimmt ein großes Feld in der Forschung ein, da man davon ausgehen kann, dass unterrichtliche Verhaltensänderungen mit Einstellungsänderungen zusammenhängen. Mathematische Einstellungen und mathematisches Handeln sind eng miteinander verwoben. Mit der Erforschung von Einstellungsänderungen besteht die Hoffnung auch Verhaltensänderungen im unterrichtlichen Handeln aufzeigen zu können (Chapman, 2002, S. 180). Die Reihenfolge ist dabei allerdings ungeklärt. Im Mittelpunkt der Belief- bzw. Einstellungs-Forschung stehen das Identifizieren von Beliefs, deren Entstehung, deren Ausprägung, deren Wirkung auf Lehr-/Lernprozesse und deren Änderung.

Beliefs werden zusammengefasst zu Belief-Systemen oder auch Einstellungen. Einstellungen werden zusammengefasst zu Einstellungssystemen oder Weltbildern. Da sich die Einstellungen gegenseitig beeinflussen können, ist die Erforschung von Weltbildern gegenüber einzelnen Einstellungen vorzuziehen, um die Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht abzubilden, ganz analog zum Belief-System versus einzelnen Beliefs. Die Erforschung von Zusammenhängen einzelner Beliefs eröffnet die Möglichkeit, günstige und weniger günstige Beliefs bezüglich Motivation und Unterrichtspraxis genauer zu beforschen (Fives & Buehl, 2008, S. 172).

Im schulischen Kontext werden Untersuchungen oft im Rahmen von diesbezüglichen Lehrerfortbildungen durchgeführt. Mathematikbezogene Einstellungen der Lehrkräfte haben zum einen Einfluss auf Lehr-/Lernprozesse, zum anderen prägen die aus Lehr-Lernprozessen erworbenen Einstellungen die Schülersicht auf Mathematik und Mathematikunterricht bzw. drücken sich darüber aus. Untersuchungen haben gezeigt, dass Einstellungen von Lehrenden und Einstellungen von Lernenden aufeinander wirken können. Unter anderem konnten signifikante Effekte von Motivation und bestimmten Beliefs der Lehrkräfte auf die Leistung und Motivation ihrer Schülerinnen und Schüler nachgewiesen werden.

Die vorliegende Arbeit orientiert sich an dem Verständnis von Einstellungen nach Grigutsch, Raatz und Törner (1998). Demnach beschreiben Einstellungen die „Bereitschaft zur Reaktion auf eine Situation“, wobei sie durch „Konsistenz der Reaktion“ geprägt sind (Grigutsch, Raatz, & Törner, 1998, S. 5). Sowohl auf kognitiver und affektiver Ebene als auch auf der Ebene der Handlungsbereitschaft gibt es vier Kategorien von Einstellungen. Einstellungen gegenüber Mathematik (1), Einstellungen über das Lernen (2) und das Lehren (3) von Mathematik und Einstellungen über sich selbst (4) als Betreiber von Mathematik.

Die Summe mathematischer Einstellungen lassen sich nach Grigutsch, Raatz und Törner von einem Belief-System charakterisieren, das aus vier Hauptaspekten besteht: Formalismus-, Schema-, Prozess- und Anwendungsaspekt. Formalismusaspekt und Schemaaspekt lassen sich einer eher statischen Sicht auf Mathematik zuordnen, die Mathematik als System auffasst. Diese statische Sichtweise steht der prozesshaften, dynamischen

Sicht auf Mathematik gegenüber. Mathematik wird hier als Tätigkeit verstanden (Grigutsch, Raatz, & Törner, 1998, S. 11 f.). Lehrerinnen und Lehrer mit einer statischen Sicht auf Mathematik legen großen Wert auf eine starke Lenkung durch die Lehrkraft, sind an Schnelligkeit und Leistung der Lernenden interessiert. Im Gegensatz dazu steht die Lehrperson mit dynamischer Sicht auf Mathematik als Lernbegleiter, die an kompetenz- und prozessorientierten Inhalten interessiert ist, auf Lernen und Verstehen Wert legt. Die Umsetzung forschend-entdeckender Unterrichtskonzepte passt somit eher zu einer dynamischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht.

3 Forschungsgegenstand: Mathe.Forscher

Forschungsgegenstand dieser Arbeit ist das Programm Mathe.Forscher der Stiftung Rechnen. Es handelt sich hierbei um ein Fortbildungskonzept für Lehrerinnen und Lehrer aller Klassenstufen, das forschend-entdeckenden Unterricht in den regulären Mathematikunterricht implementieren will. Nach der Beschreibung der Ziele von Mathe.Forscher (Kapitel 3.1, S. 79) folgen zwei Mathe.Forscher-Beispieleinheiten (Kapitel 3.2, S. 85), die verdeutlichen sollen wie die Inhalte des Programms im Unterricht umgesetzt werden können. An diesen Beispieleinheiten werden anschließend die drei Bausteine Vernetzung, Begleitung und Fortbildung verdeutlicht (Kapitel 3.3, S. 92). Kapitel 3.4 (Seite 104) wird kurz auf die Entstehungsgeschichte des Programms eingehen. Anschließend werden die Begriffe Wirkungen und Einstellungen bezogen auf das Programm Mathe.Forscher konkretisiert: Kapitel 3.6 (S. 111) bettet das Konzept des Programms Mathe.Forscher zunächst in die vorgestellten Inhalte ein. Die vom Programm berücksichtigten Gelingungsfaktoren werden abschließend herausgearbeitet

3.1 Ziele von Mathe.Forscher

Das Programm Mathe.Forscher hat sich zum Ziel gesetzt, entdeckendes, forschendes und projektartiges Lernen von der Primar- bis zur Sekundarstufe II als festen Bestandteil im Mathematikunterricht zu implementieren. Die Schülerinnen und Schüler sollen mit Hilfe ihrer Lehrerinnen und Lehrer Mathematik in ihrer Lebenswelt entdecken und erkennen lernen. Wichtig ist hierbei die Freude am Fach zu vermitteln.

Auf der Homepage der Mathe.Forscher (StiftungRechnen, 2014) sind die Ziele folgendermaßen formuliert:

„Die Ziele des Programms auf einen Blick:

- Kindern und Jugendlichen die Freude am Fach Mathematik vermitteln
- Mathematik raus aus dem Klassenzimmer und rein ins Leben holen, z.B. in Form von Kooperationen mit Theatern, Museen oder Sportvereinen
- Die Bezüge zwischen der Lebenswelt der Kinder und Jugendlichen und der Mathematik herstellen und vermitteln
- Das forschende, entdeckende und projektartige Lernen erproben, so dass Schülerinnen und Schüler sich selbstständig mathematische Sachverhalte aneignen können und Lehrerinnen und Lehrer zu Lernbegleitern werden
- Mathematik mit anderen Disziplinen verknüpfen
- Verankerung des Mathe.Forscher-Ansatzes an den Schulen
- Transfer der Mathe.Forscher-Erfahrungen und -Erkenntnisse in die Wissenschafts-Community“

Die vorgestellten Ziele sollen umgesetzt werden zum einen durch Leistungen des Programms, zum anderen müssen sowohl die Schule als auch die Lehrenden gewisse Voraussetzungen mitbringen. Das Programm Matheforscher ermöglicht den teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrern durch Fortbildungen und einen speziell entwickeltes Online-Tool Optionen zum Austausch von Ideen und Unterrichtsmaterialien. Das Online-Tool bietet außerdem die Möglichkeit der Organisatoren, eingereichte Unterrichtskonzepte zu begutachten und individuelles Feedback zu geben. Diese Option besteht auch durch extra eingeplante Zeit während Fortbildungen und durch Hospitationen im Unterricht der Lehrerinnen und Lehrer. Des Weiteren stellt die Programmleitung von Mathe.Forscher finanzielle Projektmittel für Material und Einbeziehung externer Experten zur Verfügung. Auf der anderen Seite verpflichtet sich die Schule zur Teilnahme an den Fortbildungen mit unmittelbarer Umsetzung des Gelernten im Unterricht. Grundvoraussetzung hierfür ist eine Schulleitung, die das Programm aktiv unterstützt. Die Lehrerinnen und Lehrer, die am Programm teilnehmen, erklären sich bereit, ihre Arbeit im Online-Tool zu dokumentieren und aktiven Austausch mit anderen Teilnehmenden bezüglich Erfahrungen, Ergebnissen, Methoden und Materialien zu pflegen.

Die Auflistung der Ziele lässt sich zu vier Hauptpunkten zusammenfassen. Die ersten beiden Punkte sind eher an die Schülerinnen und Schüler adressiert, die letzten beiden eher an die Lehrkräfte. Das Programm Mathe.Forscher soll:

1 Freude am Fach Mathematik vermitteln,
2 Inner- und außerschulische Bezüge von Mathematik herstellen,
3 Forschend-entdeckendes Lernen verankern und
4 Transfermöglichkeiten bieten.

3.1.1 Freude vermitteln und Bezüge herstellen

Das Programm Mathe.Forscher will den Schülerinnen und Schülern einen eigenen Zugang zu Mathematik ermöglichen, der ihnen einerseits Freude am Fach und andererseits die Bedeutung des Fachs vermittelt.

Das Aufweisen der Bedeutung eines Lerngegenstandes für Alltag oder Wissenschaft ermöglicht, dass die Lernenden diese Bedeutung als Sinn für sich selbst übernehmen, erweitern oder verändern, was eine wichtige Bedingung für den Aufbau von Motivation und nachhaltiges Lernen ist (Vollstedt & Vorhölter, 2008; Mank, 2011; Deci & Ryan, 1987). Inner- und außerschulische Bezüge von Mathematik sollen zur Sinnstiftung beitragen. Im Rahmen der konstruktivistischen Didaktik stellt Reich ausführlich dar, dass Beziehungen den Rahmen und den Kontext jeglicher Inhaltsvermittlung darstellen (Reich, 2008). Außerdem kann dadurch eine Einstellungsänderung gegenüber dem Fach ermöglicht werden. Was genau mit Einstellungen gemeint ist und welche Bedeutung sie für die hier vorgestellte Studie haben, wird in Kapitel 2.3 geklärt.

Die Implementierung von forschend-entdeckendem Lernen im Regelunterricht ermöglicht den Schülerinnen und Schülern autonomes, intrinsisch motiviertes Arbeiten (Reeve, 2004; Deci & Ryan, 1987). Den Schülerinnen und Schülern wird dadurch eine gesteigerte Freude am Fach gegenüber lehrerzentrierten Unterrichtskonzepten ermöglicht.

Sowohl das Vermitteln von Freude als auch das Herstellen lassen von Bezügen von Mathematik zu anderen Bereichen sowohl im innerschulischen als auch im außerschulischen Bereich können – wie oben ausführlich dargestellt – durch das Unterrichtskonzept des forschend-entdeckenden Lernens erreicht werden.

3.1.2 Forschend-entdeckendes Lernen verankern

Oft finden forschend-entdeckende Unterrichtseinheiten zwischen Zeugniskonferenzen und Zeugnisvergabe in sogenannten Projektwochen regelmäßig Einzug in die mathematischen Klassenzimmer. Die Projektwochen haben damit einen Sonderstatus. Die Schülerinnen und Schüler empfinden diese Zeit oft nicht als dem Regelunterricht zugehörig. Abgesehen von einem Ausbleiben von Benotung oder Klassenarbeitsbezug werden hier oft spannende Themen behandelt, die es im Regelunterricht so nicht gibt. Das Programm Mathe.Forscher versucht dem entgegen zu wirken und forschend-entdeckende Unterrichtsinhalte in den Regelunterricht zu implementieren.

Mit forschend-entdeckendem Lernen werden hier zwei Gruppen angesprochen. Zum einen Schülerinnen und Schüler, die sich angeregt durch ihre Lehrkräfte forschend und entdeckend auf eine mathematische Erkundungstour begeben. Zum anderen lernen aber auch die Lehrkräfte durch einen forschend-entdeckenden Lernprozess, wie genau dieses Konzept im Regelunterricht verankert werden kann. Im nachfolgenden bezieht sich der Begriff der Lernenden dennoch „nur“ auf die Schülerinnen und Schüler. Sollten die Lehrpersonen aus der Position der Lernenden gemeint sein, so wird dies benannt.

3.1.3 Transfermöglichkeiten bieten

Der Begriff des Transfers bezieht sich hier auf zwei Aspekte. Es geht auf der einen Seite um Transfermöglichkeiten zur einfachen Weitergabe von Materialien unter den teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrern. Auf der anderen Seite beschreiben Transfermöglichkeiten auch Vermittlungsangebote zum Austausch über Projekte mit Kolleginnen und Kollegen und der wissenschaftlichen und der Prozessbegleitung oder die Vermittlung von Experten durch die Programmleitung.

Die Transfermöglichkeiten werden durch den Baustein der Vernetzung im Konzept von Mathe.Forscher angestrebt. Der Transfer kann zum einen innerschulisch zwischen den Lehrkräften oder den Klassen umgesetzt werden. Andererseits sollen Ideen und Mathe.Forscher-Einheiten auch zwischen verschiedenen Schulen in allen Regionen des Programms möglichst einfach weitergegeben werden können. Nachfolgend werden zwei Beispiele von Mathe.Forscher-Einheiten vorgestellt, an denen im darauf folgenden Kapitel 3.3 die Bausteine des Programms (Vernetzung, Begleitung, Fortbildung) genauer herausgearbeitet werden können.

3.2 Beispiele zweier Mathe.Forscher-Einheiten

Nachfolgend werden zwei Mathe.Forscher-Einheiten genauer vorgestellt. Diese Beispiele sollen zeigen, wie die Ziele des Programms konkret im Unterricht umgesetzt werden können. Im nachfolgenden Kapitel 3.3 werden die Bausteine vom Mathe.Forscher-Programm anhand dieser Beispiele dann verdeutlicht.

Das erste Beispiel trägt den Namen „Wo bitte ist die Mitte?“ und wurde als Best-Practice-Beispiel in eine Mathe.Forscher-Broschüre übernommen, die eine Ideensammlung von Mathe.Forscher-Einheiten darstellt (Abjörnson, Ludwig, & Lutz-Westphal, 2018). Außerdem erhielt sie den Mathe-Forscher-Preis 2018.

Wo bitte ist die Mitte?

Die Mathe.Forscher-Einheit „Wo bitte ist die Mitte?“ befasst sich mit der Mitte von verschiedenen geometrischen Figuren. Nach der Auseinandersetzung mit dem Begriff der Mitte und deren (nicht-)Eindeutigkeit werden gruppenweise unterschiedliche Verfahren zum Bestimmen der Mitte entwickelt. Die Einheit ist in die siebte Jahrgangsstufe einzuordnen, sie orientiert sich hier an den entsprechenden Inhalten der Leitidee „Raum und Form“. Die Einheit ist auf 8 bis 10 Unterrichtsstunden angelegt. Zunächst erhalten alle Gruppen jeweils eine Forscher-Box und eine blanko-Karte von Deutschland. Die Mitte von Deutschland soll von den Lernenden aktiv mittels Box-Inhalten wie Schere, Stift, Linealen, Faden, Klebstoff, Cutter, Pappe, Büroklammern usw. (vgl. Abb. 3.1) bestimmt werden, die Lehrperson begleitet diesen Prozess hauptsächlich beobachtend. Die Schülerinnen und Schüler stellen ihre Mitten der Klasse vor, die Präsentationsart wählen sie dabei selbst.

Materialien der Mathe.Forscher BOX

- Schere
- Klebstoff
- Wolle
- Kordel
- Cutter
- Pappe
- dicke Stifte
- Styroporplatten
- Nägel
- Geodreiecke (groß und klein)
- Lineale
- Maßbänder
- Büroklammern
- Klebeband
- Strohhalme
- Knete
- Erbsen
- Zahnstocher
- Laptops (zuerst mit dann ohne Internetanschluß) mit Geogebra
- Karierte Blätter

Abb. 3.1: Mathe.Forscher-Box mit Inhalt (übernommen aus dem Mitgliederbereich von www.matheforscher.de)

Parallel bietet das Thema Möglichkeiten zur Interdisziplinarität mit den Fächern Kunst (Erstellung von Zeichnungen zum Thema Mitte), Deutsch (der Begriff der Mitte), Geschichte (Was ist die Mitte von Deutschland?) oder Geografie (geografische Lage und Bedeutung der unterschiedlichen Mitten). Als außerschulische Experten könnten Vermessungstechniker eingeladen bzw. befragt werden. Die verschiedenen Bestimmungsverfahren einer Mitte werden auf geometrische Figuren übertragen und Unterschiede oder Parallelen hergestellt. Anschließend können auch

Vergleiche mit „Mitten“ im Alltag gezogen werden (zeitlich, räumlich zwischen zwei Orten), die meist eindeutig sind. Sobald ein oder mehr Punkte dazukommen, ist die Mitte nicht mehr Eindeutig bestimmbar. Die Erweiterung von einem Spezialfall (zwei Punkte) zur Verallgemeinerung wird hier erarbeitet.

Das vorgestellte Beispiel entstand in einem Prozess von mehreren Etappen während der Teilnahme am Programm. Lehrerinnen und Lehrer von verschiedenen Schulen arbeiteten die Idee zur Umsetzung von „Wo bitte ist die Mitte?“ gemeinsam während einer Fortbildung über mehrere Tage aus. Während dieser Zeit und auch danach wurden die Lehrerinnen und Lehrer bei der Umsetzung im Unterricht stetig begleitet. Eine Einheit wie „Wo bitte ist die Mitte?“ wird im Rahmen des Programms durch Fortbildungen ständig weiterentwickelt und bekommt dabei die Möglichkeit auf individuelle Klassen unter Anleitung angepasst zu werden. Die Einheit wurde außerdem ausführlich im Online-Mitglieder-Portal der mathe.forscher-Internetseite dargestellt. Neben einer genauen Liste der Forscherboxinhalte finden Interessierte auch einen Steckbrief über Zeitumfang, Einordnung in den Lehrplan, Kurzbeschreibung der Einheit, benötigten Materialien, eine Einordnung in die Mathe.Forscher-Dimensionen (vgl. auch Abb. 3.2), entnommen aus der Best-Practice-Mathe.Forscher-Broschüre) und eine kurze Reflexion des Projekts. Als erste Mathe.Forscher-Aktivität können die Forscherfragen noch vorgegeben werden. In geübteren Mathe.Forscher-Klassen können die Fragen teilweise oder komplett selbst entwickelt werden, hier genügt die Anregung durch die Mathe.Forscher-Box mitsamt Deutschlandkarte (vgl.

Abb. 3.1). Ein Beispiel ist hier eine Lösung, die aus der Best-Practice-Broschüre übernommen wurde, danach weiterentwickelt und auf die eigene Klasse angepasst wurde. Bei der in der Broschüre vorgestellten Einheit wurden die Forscherfragen nacheinander vorgegeben (vgl. Abb. 3.2), mittlere Spalte „Arbeiten mit Forscherfragen"). Bei der adaptierten Version beschreibt die Lehrkraft im online-Portal ihr Vorgehen mit gestaffelten Forscherfragen. Vorgegeben wurde „Wo bitte ist die Mitte von Deutschland?", nach deren Beantwortung die zweite Frage vorgegeben wurde mit „Wo bitte ist die Mitte von mindestens 5 verschiedenen Objekten?". Danach hatten die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, eigenen Fragen nachzugehen. Unter anderem entstanden hier Antworten auf die Fragen „Wo ist die Mitte des Tetraeders?" oder „Wo befindet sich die politische Mitte von Deutschland?". Ein Vorteil ist hier, dass zunächst verschiedene Lösungen zur vorgegebenen Frage verglichen werden konnten, verschiedene Lösungswege gegenübergestellt und reflektiert werden konnten.

Die Lehrkraft schreibt dazu in der Reflexion, dass vielen Schülerinnen und Schülern dadurch bewusst wurde, dass in der Mathematik nicht alles fest definiert ist. Die Lehrperson beobachtete dabei, dass den Lernenden damit erst klar werden konnte, dass man bei manchen Objekten durch unterschiedliche Methoden auf das gleiche Ergebnis kommt, dass dies bei anderen allerdings nicht funktioniert. Außerdem wurde den Schülerinnen und Schülern bewusst, dass auch hier die Mathematik in alltäglichen Dingen eine Rolle spielen kann.

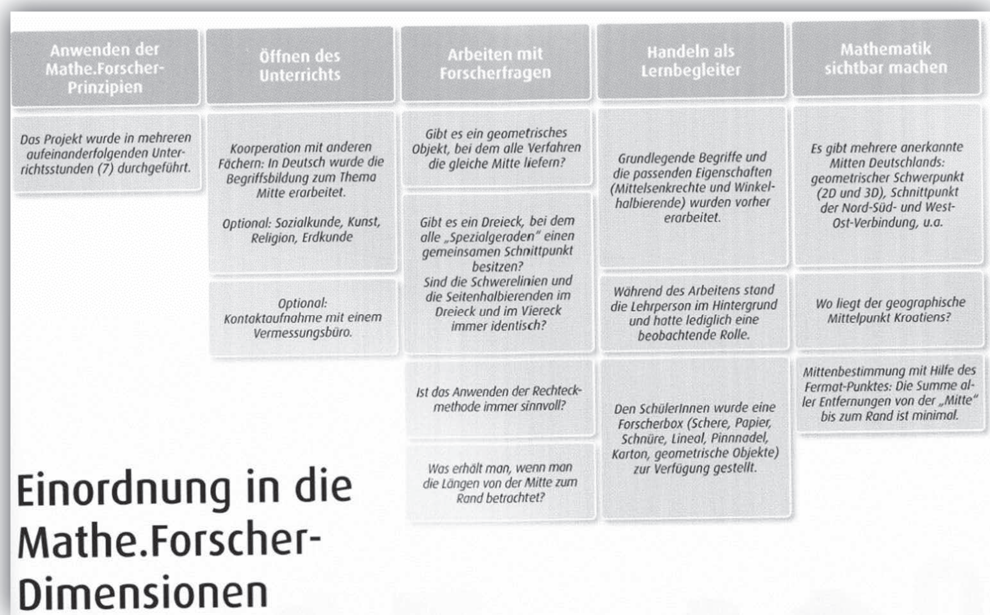


Abb. 3.2: Einordnung der Einheit „Wo bitte ist die Mitte?" (Abjörnson, Ludwig, & Lutz-Westphal, 2018, S. 79)

Das nächste Beispiel „Mathematik im Überraschungsei" wurde ebenfalls in der Mathe-Forscher-Broschüre als Best-Practice-Einheit veröffentlicht (Abjörnson, Ludwig, & Lutz-Westphal, 2018).

Mathematik im Ü-Ei

Ein Überraschungsei-Hersteller gibt das Versprechen, dass sich in jedem 7. Ei eine Sammelfigur befindet. Dieses Versprechen soll überprüft werden. Mit der Einführung in die Teststatistik durch diese Prüfung und dem Testen von Hypothesen ist diese Einheit in die Oberstufe einzuordnen. Sie umfasst 6 bis 10 Unterrichtsstunden. Gruppenweise werden mehrere Paletten Ü-Eier zur Verfügung gestellt. An einer Vortest-Palette werden Theorien der Überprüfung entwickelt (Geräusche beim Schütteln, Gewicht, Anordnung auf der Palette…). Weitere vier Paletten je Gruppe werden im Haupttest untersucht. Nachdem die Lehrperson im Vorfeld stochastische Grundlagen erarbeitet, nimmt sie während der Tests eine begleitende Rolle ein. Als außerschulischen Experten könnte Kontakt zum Hersteller aufgenommen werden. Innerschulisch ermöglicht diese Einheit Querbezüge zu Gesellschaftslehre (Müll, Schokoladenherstellung und Import von Schokolade, Werbung und ihre Wirkung) oder Biologie (Zusammensetzung, Ernährung), Kunst (Werbung: Plakate) oder Deutsch (Werbung: Werbetexte). Die Ergebnisse der Gruppen werden zusammengetragen und das Werbeversprechen bestätigt. Außerdem können Trefferquoten nach Position auf der Palette (Ecken, Kanten, Mitte) verglichen und stochastisch begründet unterschieden werden.

Wie schon das erste Beispiel wurde auch die Ü-Ei-Einheit durch Fortbildungen weiterentwickelt und in verschiedenen Klassen an verschiedenen Schulen durchgeführt. Ein Lehrer berichtet, dass er in einer 12. Jahrgangsstufe keine Fragen vorgab. Die Schülerinnen und Schüler entwickelten dann Forscherfragen nicht nur zum Hypothesentesten, sondern zum Beispiel auch mit Volumen und Oberfläche eines Ü-Eis (vgl. Abb. 3.3), mittlere Spalte „Arbeiten mit Forscherfragen“). Das eigene Entwickeln der Forscherfragen, die Planung und Durchführung des Lösungsweges, das Aufbereiten und Auswerten der Daten und schließlich die Präsentation der Ergebnisse machen in besonderem Maße wissenschaftliches Forschen erfahrbar.

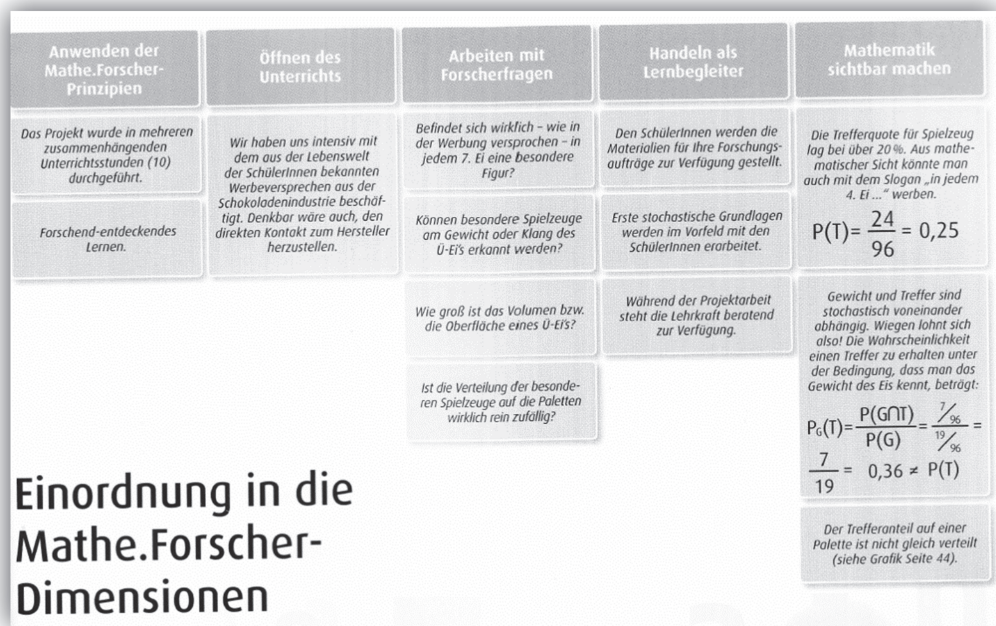


Abb. 3.3: Einordnung der Einheit „Mathematik im Ü-Ei“ (Abjörnson, Ludwig, & Lutz-Westphal, 2018, S. 97)

Auch bei dieser Mathe-Forscher-Einheit nimmt die Verbreitung der Projektidee über die Best-Practice-Broschüre, die Präsentation der Einheit über den Mitgliederbereich der Online-Plattform oder die sogenannte Mund-zu-Mund-Propaganda eine gewinnbringende Bereicherung für die teilnehmenden Lehrkräfte.

Dem Austausch verschiedener Lehrkräfte an einer Schule, aber auch zum Beispiel bezüglich eines Projekts über verschiedene Schulen hinweg wird im Rahmen des Mathe.Forscher-Programms eine tragende Bedeutung zugestanden. Die Vernetzung der teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer bildet gemeinsam mit deren Begleitung und Betreuung und der stetigen Fortbildung die drei Grundmodule des Programms Mathe.Forscher.

3.3 Bausteine von Mathe.Forscher

Zum Erreichen der unter Kapitel 3.1 dargestellten Ziele soll das Unterrichtskonzept des forschend-entdeckenden Lernens von den am Mathe.Forscher-Programm beteiligten Lehrerinnen und Lehrern fest in den Unterrichtsalltag implementiert werden. Die teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer werden hierfür über eine Laufzeit von zwei Schuljahren mittels verschiedener Module begleitet (vgl. Abb. 3.4). Die Module bedienen die Schwerpunkte Vernetzung, Begleitung und Fortbildung. Die Teilnahme am Mathe.Forscher-Programm erfolgt auf freiwilliger Basis. In der Regel bewirbt sich die Schulleitung oder eine interessierte Lehrperson um die Teilnahme. Schulleitung oder Interessierte bilden ein schulinternes Mathe.Forscher-Team.

Bei einer ersten Auftaktveranstaltung zu Beginn der Programmlaufzeit werden die Hauptziele des Konzepts vorgestellt. Die teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer der verschiedenen Schulen lernen die Verantwortlichen und sich untereinander kennen. Von manchen Schulen nimmt das gesamte Mathe.Forscher-Team an der Auftaktveranstaltung und allen weiteren Fortbildungen teil. Von anderen Schulen nehmen nur einzelne Lehrkräfte an den Veranstaltungen teil und tragen die Inhalte dann in die schulinternen Mathe.Forscher-Teams weiter. In den folgenden Monaten lassen die Lehrerinnen und Lehrer vermehrt Unterrichtseinheiten in ihren

Regelunterricht einfließen, die an den Mathe.Forscher-Inhalten orientiert sind. Sie werden hierbei von der Programmleitung, der wissenschaftlichen Begleitung und den Prozessbegleitern unterstützt und gegebenenfalls angeleitet.

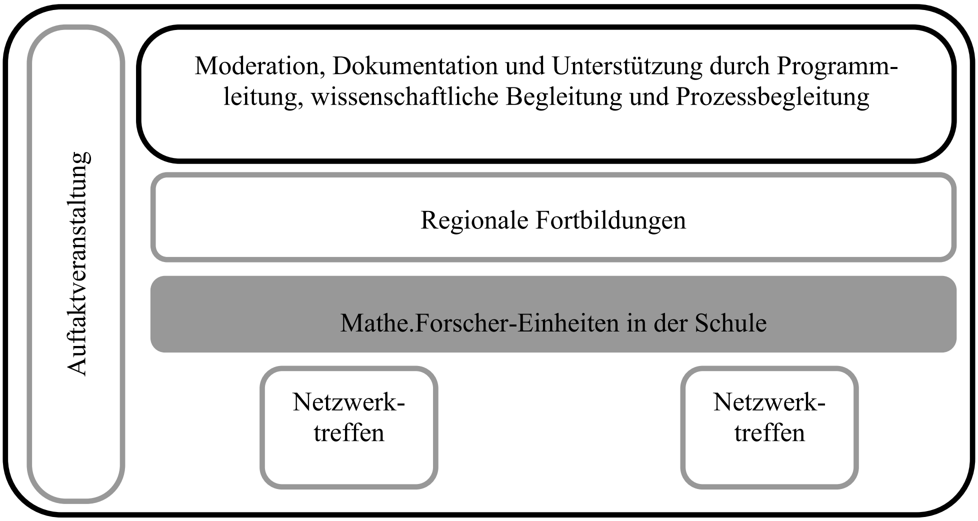


Abb. 3.4: Überblick der Mathe.Forscher-Laufzeit von 2 Schuljahren

Die Lehrkräfte können eigenverantwortlich Mathe.Forscher-Einheiten planen und in ihrem Unterricht durchführen. Vorbereitend stehen ihnen dabei die Prozessbegleiter zur Seite, nachbereitend werden Dokumentationen der Einheiten und deren Durchführung auf einer Internetplattform hochgeladen (die Dokutools) und mit den Prozessbegleitern reflektiert. Die am Programm teilnehmenden Lehrkräfte können damit auch auf schon bestehende Projekte zurückgreifen und diese übernehmen oder adaptieren (vgl. Kapitel 3.2). Regelmäßige Fortbildungen dienen daneben ebenfalls als Ideenfindung und Erprobungsmöglichkeit. Außerdem werden die teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer regional aber auch überregional durch die Fortbildungen vernetzt.

Die drei Module Vernetzung, Begleitung und Fortbildung werden in den nachfolgenden drei Unterkapiteln genauer erläutert.

3.3.1 Vernetzung

Die Grundidee der Vernetzung im Rahmen der Mathe.Forscher-Programmteilnahme findet auf verschiedenen Ebenen statt. Die kleinste Ebene bilden die einzelnen teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer mit teilweise gleichen, teilweise unterschiedlichen Fächerkombinationen. Über schulinterne, dann regionale bis hin zu überregionalen Zusammenschlüssen als oberste Ebene der Vernetzung werden Verbindungen über alle am Programm teilnehmenden Lehrkräfte ermöglicht.

Schulintern

Die Lehrerinnen und Lehrer bilden Mathe.Forscher-Teams an ihrer Schule und arbeiten gemeinsam an einem Projekt. Verschiedene Fächerkombinationen kommen somit zusammen und bilden eine Grundlage für interdisziplinare Projekte (vgl. Abb. 3.5). Auch die Vernetzung zu projektabhängigen Experten geht von hier aus. Bei dem Beispiel „Wo bitte ist die Mitte?“ könnte ein Experte die Geographie-Lehrperson der Schule sein, die in das Projekt eingebunden wird.

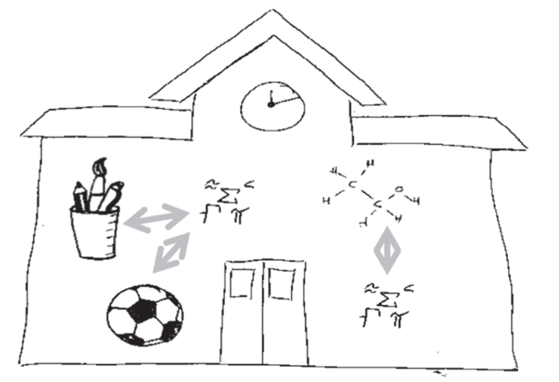


Abb. 3.5: schulinterne Vernetzung

Regional

Zu regionalen Bündnissen vernetzt werden jeweils drei bis fünf Schulen in örtlicher Nähe. Zuständig für die Bündnisse sind die Prozessbegleiter (Kapitel 3.3.2, S.97), die die Kontakte herstellen und schulübergreifende Zusammenschlüsse moderieren. Bündnisse wiederum werden zusammengefasst in Mathe.Forscher-Regionen (Abb. 3.6, vgl. auch Abb. 3.8, S.105). Die Prozessbegleiter der einzelnen Regionen arbeiten eng zusammen und eröffnen auch auf dieser Ebene Möglichkeiten der Vernetzung.

Abb. 3.6: regionale Vernetzung

Überregional

Für die Vernetzung der Regionen sorgen wissenschaftliche Begleitung, Prozessbegleitung und Programmleitung (Kapitel 3.3.2, S. 97). Durch regelmäßige Rücksprache können Kontakte unter den Lehrerinnen und Lehrern bei ähnlichen Interessensgebieten vermittelt werden (vgl. Abb. 3.7).

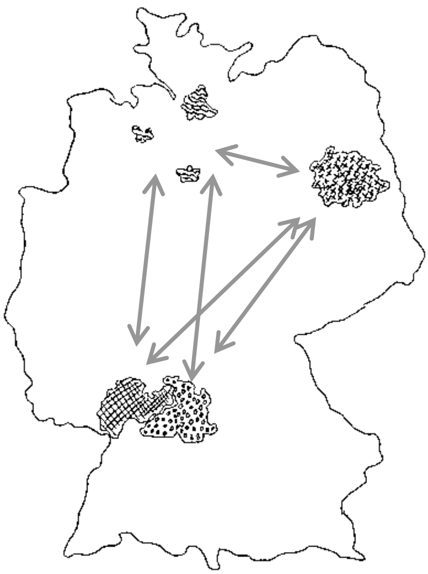


Abb. 3.7: überregionale Vernetzung

Die Mathe.Forscher-Regionen werden außerdem verbunden bei einem jährlich stattfindenden, mehrtägigen Netzwerktreffen, dem Mathe.Forscher-Forum. Diese Treffen bieten die Möglichkeit über mehrere Tage hinweg neue Projektideen in überregionalen Teams zu entwickeln, geben Inputs durch Vorträge und Workshops, lassen Zeit um die gewonnenen Projektideen auszuarbeiten und direkt Rücksprache mit anderen Lehrenden, den Prozessbegleitern, der wissenschaftlichen Begleitung und der Programmleitung zu halten. Die entwickelten Mathe.Forscher-Einheiten werden in den darauf folgenden Wochen an den verschiedenen Schulen der Beteiligten erprobt. Das in Kapitel 3.2 vorgestellte Beispiel „Wo bitte ist die Mitte?“ entstand im Rahmen eines solchen Mathe.Forscher-Forums in Zusammenarbeit einer Gruppe von Lehrpersonen unterschiedlicher Schulen und Regionen.

3.3.2 Begleitung

Beratung, Mentoring und Coaching spielen während Fortbildungsmaßnahmen eine wichtige Rolle. Das Deutsche Zentrum für Lehrerbildung Mathematik (DZLM) ordnet der Begleitung von Unterrichts- und Schulentwicklung eine eigene Säule im Bereich Fortbildungsdidaktik und –management zu (Barzel, et al., 2018). Dieser Bereich bildet einen der vier Gestaltungsprinzipien für Fortbildungen ab (vgl. Kapitel 2.2.1, S. 43). Im Programm Mathe.Forscher ist die Begleitung der Lehrkräfte während der Teilnahme ebenfalls von großer Bedeutung. Der Baustein der Begleitung im Projekt Mathe.Forscher setzt sich aus drei Schwerpunkten zusammen: Prozessbegleitung, wissenschaftliche Begleitung und Programmleitung.

Prozessbegleiter

Die Mathe.Forscher-Prozessbegleiter bilden ein Bindeglied zwischen Programmleitung und teilnehmenden Lehrkräften, was durch regelmäßige Besuche bei den Schulen und Hospitation bei der Umsetzung von Mathe.Forscher-Einheiten im Unterricht als direkte Ansprechpartner vor Ort umgesetzt wird. Bei Bedarf wird auch die Schulleitung eingebunden. Prozessbegleiter besuchen die Lehrkräfte in der Zeit der Erprobung von Mathe.Forscher-Einheiten im Unterricht an ihren jeweiligen Schulen, hospitieren in den Unterrichtsstunden und geben individuelles Feedback. Wie oben aufgeführt (Kapitel 2.2, S. 43), sind diese Treffen Schlüsselfaktoren für wirksame Innovationssteuerung, da hierbei Verbindlichkeiten geschaffen werden, Anerkennung und Ermutigung erfahren werden kann und nach ausreichend Erprobungszeit positives Feedback vermittelt wird (Oelkers & Reusser, 2008, S. 261 ff.).

Wissenschaftliche Begleitung

Trotz der Unterstützung der Prozessbegleiter während der Umsetzung von Mathe.Forscher-Einheiten im eigenen Unterricht und der Fortbildungen waren viele teilnehmende Lehrkräfte unsicher, ob sie mit ihren geplanten Mathe.Forscher-Einheiten im Sinne des Programms planten. Sowohl in der Evaluation von 2012 (vgl. Kapitel 3.4, S. 104) als auch in Gesprächen von Lehrkräften und Prozessbegleitung, wissenschaftlicher Begleitung oder Programmleitung wurde diese Unsicherheit thematisiert. Deshalb wurden 2014 anhand der angestrebten Ziele von einer Expertenrunde die so genannten Mathe.Forscher-Dimensionen entwickelt: „Anwenden der

Mathe.Forscher-Prinzipien“ (MFP), „Öffnung des Unterrichts“ (ÖU), „Arbeiten mit Forscherfragen“ (AF), „Handeln als Lehrbegleiter“ (HL) und „Sichtbarmachen von Mathematik“ (SM). Jede Dimension besteht aus drei Elementen (Tab. 3.1). Beispiele sind das Aufsuchen außerschulischer Lernorte oder die Art der Dokumentation der gefundenen Antworten auf von den Lernenden selbst entwickelte Fragen. Die Lehrerinnen und Lehrer haben somit eine Art Checkliste, auf der Sie abhaken können, welche Dimension durch welches Element bei ihrer geplanten Unterrichtseinheit angesprochen wird. Werden Elemente aus jeder der fünf Mathe.Forscher-Dimensionen beachtet, so entspricht dies in der Theorie einer idealen Mathe.Forscher-Aktivität.

Tab. 3.1: Die Mathe.Forscher-Dimensionen von 2014 (Quelle: matheforscher.de, zuletzt abgerufen am 05.02.2019)

Anwenden der Mathe.Forscher Prinzipien	Öffnen des Unterrichts	Arbeiten mit Forscherfragen	Handeln als Lernbegleiter	Mathematik sichtbar machen
Entdeckendes Lernen	Zusammenarbeit mit anderen Fächern	An die Lebenswelt der SchülerInnen anknüpfen	SchülerInnen eine aktive Rolle ermöglichen	Mathematische Erkenntnisse dokumentieren
Forschendes Lernen	Aufsuchen außerschulischer Lernorte	Gemeinsam Fragenstellen üben	Konstruktiv mit Ideen der SchülerInnen umgehen	Fachsprache verwenden
Projektartiges Lernen	Zusammenarbeit mit außerschulischen Partnern	Vielfältige Herangehensweise ermöglichen	Mit SchülerInnen gemeinsam Meilensteine erarbeiten	Gefundene Ergebnisse / Ideen besprechen

Die Verwechslung von Mathe.Forscher-Dimensionen mit mathematischen Dimensionen (z. B. Dimensionalität von Fragebögen) ist zu vermeiden. Die Mathe.Forscher-Dimensionen stellen lediglich Überkategorien jeweils dreier zusammengefasster Elemente dar.

Jede durchgeführte Unterrichtseinheit sollte mit sämtlichen Materialien, einer Zuordnung zu den Mathe.Forscher-Dimensionen, Anmerkungen und Hinweisen auf einer Internetplattform mit einer dafür entwickelten Maske, dem Doku-Tool, dokumentiert und damit nachvollziehbar gemacht werden. Auf der Homepage der Mathe.Forscher (StiftungRechnen, Mathe.Forscher, 2014) gibt es dafür einen Login-Bereich für die am Programm beteiligten Lehrerinnen und Lehrer. Die Doku-Tools bieten zwei große Vorteile: Zunächst gibt die wissenschaftliche Begleitung darauf basierend Feedback. Die Doku-Tools können daraufhin erneut bearbeitet, und mit den Überarbeitungen neu im Unterricht erprobt werden. Die Lehrerinnen und Lehrer erhalten so konkret Rückmeldung auf die Materialien. Der zweite große Vorteil ist das durch das Doku-Tool ermöglichte zur Verfügung-Stellen von Mathe.Forscher-Einheiten für alle am Programm teilnehmenden Lehrkräfte. Die Einheiten mitsamt der Arbeitsblätter und einer Materialliste müssen dann nur noch auf die jeweilige Klasse angepasst werden.

Die Mathe.Forscher-Dimensionen werden manifestiert durch deren Thematisierung bei Fortbildungen, die Hospitationen und die ständige Rücksprache mit den Prozessbegleitern und durch die Doku-Tool-Bewertung der wissenschaftlichen Begleitung zum Zwecke von Feedback aber auch Qualitätssicherung.

Auch die in Kapitel 3.2 vorgestellten Beispiele „Wo bitte ist die Mitte?“ und „Mathematik im Überraschungsei“ wurden zunächst durch die jeweiligen Lehrerinnen und Lehrer anhand der Mathe.Forscher-Dimensionen auf die Passung mit den Mathe.Forscher-Zielen gegen-gecheckt. Die wissenschaftliche Begleitung gab nach dem hochladen individuelle Feedbacks. Die Einheit „Wo bitte ist die Mitte?“ wurde von zwei Lehrerinnen verschiedener Schulen durchgeführt und anschließend ein Doku-Tool dazu hochgeladen. Beide durchgeführten Einheiten wurden mittels der Doku-Tools mit sehr gut bewertet, da ein Rückbezug zu den fünf einzelnen Mathe.Forscher-Dimensionen sowohl in der Beschreibung der Einheit als auch in der Vorstellung der Ergebnisse der Klasse in den Doku-Tools erkennbar wurde. An einer Schule wurde die Mitte von Deutschland mittels verschiedener Materialien von den Schülerinnen und Schülern mathematisch ermittelt. Der zweiten Lehrerin gelang zusätzlich die Ausweitung des Themas auf mathematische Figuren in der Ebene und auch von Körpern (Wo ist die Mitte von einem Tetraeder?). Mittlerweile wurden beide Einheiten mehrfach von Lehrer-innen und Lehrer anderer Schulen in ihrem Unterricht umgesetzt, was durch die Dokutools als Möglichkeit einer überregionalen Ideen- und Unterrichtsmaterialienaustauschplattform ermöglicht wurde.

Programmleitung

Die Programmleitung von Mathe.Forscher nimmt einen wichtigen Teil in der Begleitung der am Programm teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer ein. Durch den Internetauftritt und dessen Pflege und Wartung stellt sie die Weichen für einen regen Materialaustausch. Zudem gab die Stiftung

Rechnen 2013 ein kleines Informations-Buch über die Mathe.Forscher (StiftungRechnen, 2013) heraus. Ziel war die Vorstellung des Programms, die Beschreibung von Projekten und die Darstellung von Sichtweisen der Beteiligten. Neben Interviews mit den Verantwortlichen und den Begleitern aus Schule und Wissenschaft kamen leider keine Schülerinnen und Schüler zu Wort. Mittlerweile veröffentlicht die Programmleitung seit 2015 regelmäßig Booklets mit Best-Practice-Beispielen, die ständig erweitert werden (Abjörnson, Ludwig, & Lutz-Westphal, 2018). Ziel dieser Booklets ist nicht nur die Vorstellung verschiedener im Programm entstandener Projekte, sondern detailliertere Beschreibungen, die zum Nachahmen anregen sollen. Zu jedem Projekt gibt es hier auch Zitate der Schülerinnen und Schüler. Die beiden in Kapitel 3.2 vorgestellten Beispiele befinden sich ebenfalls im neuesten Booklet.

Einen weiteren Vorteil des Programms bildet die Bereitstellung von benötigten finanziellen Mitteln für Materialien und Fortbildungen, Reisekosten, Verpflegung und gegebenenfalls Unterkunft. Für die Einheit „Wo bitte ist die Mitte?“ bekommt jede Lernendengruppe eine Box mit benötigten Materialien (vgl. Kapitel 3.2, S. 85), für die Einheit „Mathematik im Überraschungsei“ werden die Kosten für ausreichend Ü-Eier von der Programmleitung übernommen.

Bei Fortbildungen werden nicht nur sämtliche Kosten übernommen, sondern auch die Organisation von der Programmleitung unterstützt. Zum Beispiel nimmt die Programmleitung Kontakt zwecks Genehmigung zum Schulleiter auf oder stellt auf der Homepage im Mitgliederbereich die Freistellungsbriefe für die Schulleitung zur Verfügung.

3.3.3 Fortbildung

Über die gesamte Laufzeit werden regionale und überregionale und den forschend-entdeckenden Unterrichtsansatz fokussierende Lehrerfortbildungen angeboten. Die am Programm Mathe.Forscher teilnehmenden Lehrkräfte werden in vom Programm organisierten Fortbildungen geschult, die vom Programm angestrebte Implementierung möglichst optimal umzusetzen. Dieser dritte Baustein bezieht sich einerseits auf regelmäßige Fortbildungen im Rahmen des Programmplans. Andererseits haben die Lehrerinnen und Lehrer, die am Programm teilnehmen, die Möglichkeit bei der Begleitung Fortbildungsbedarf, -ideen oder -interesse anzumelden.

Sämtliche Fortbildungen im Programm Mathe.Forscher beziehen sich auf das forschend-entdeckende Lernen bzw. Teilaspekte davon. In der Regel werden hierfür Experten aus der Wissenschaft eingeladen, außerdem besteht rund um die Fortbildung Möglichkeit zum Austausch unter den Lehrkräften, zur Erprobung von Material oder Inhalten und zu Gesprächen mit der Begleitung des Programms. Um die Fortbildungen vom Programm Mathe.Forscher besser in den allgemeinen Kontext einzuordnen, beschäftigen sich Kapitel 2.2 (S. 43) ausführlich mit Lehrerfortbildungen und ordnet das Programm Mathe.Forscher in Kapitel 3.6 (S. 111) in diesen allgemeinen Kontext ein.

3.4 Entstehungsgeschichte

Angeregt von dem Programm Kultur.Forscher! der Deutschen Kinder- und Jugendstiftung (DKJS) wurde 2010 das Programm Mathe.Forscher von der Stiftung Rechnen mit der DKJS als Gründungspartnerin und Ideengeberin ins Leben gerufen. Anders als die Kultur.Forscher!, die sich mit künstlerischen und kulturellen Phänomenen beschäftigen, befassen sich Mathe.Forscher mit neuen Zugängen zum Mathematikunterricht. Seit 2014 ist das Programm Mathe.Forscher alleiniges Programm der Stiftung Rechnen.

Das Programm Mathe.Forscher orientiert sich standortmäßig an Stiftungen, die als finanzielle Förderpartner an dem Programm beteiligt sind (Abb. 3.8, S. 105). Zu Beginn 2010 förderte die PwC-Stiftung das Programm in der Region Nord, die bis heute das Programm Kultur.Forscher! fördert.

2014 liefen die Fördermittel der PwC-Stiftung aus, die Region Nord wurde danach weiter von der Stiftung Rechnen selbstständig weitergeführt. Seit 2012 konnte dann die Klaus-Tschira-Stiftung als Förderpartnerin gewonnen werden und ermöglichte somit Mathe.Forscher in der Region Rhein-Neckar. Die Förderpartnerschaft besteht bis heute. Als Förderpartnerin kam von 2015 bis 2017 in der dritten Region Heilbronn-Franken die Akademie für Innovative Bildung und Management Heilbronn-Franken gemeinnützige GmbH (aim) dazu. Mittlerweile gibt es aber auch einzelne Schulen, die ohne Zugehörigkeit zu einer Mathe.Forscher-Region am Programm teilnehmen können (Region

Berlin-Brandenburg). Die einzelnen Regionen wiederum sind unterteilt in Bündnisse. Diese werden genauer in Kapitel 3.3.1 (ab Seite 94) erläutert.

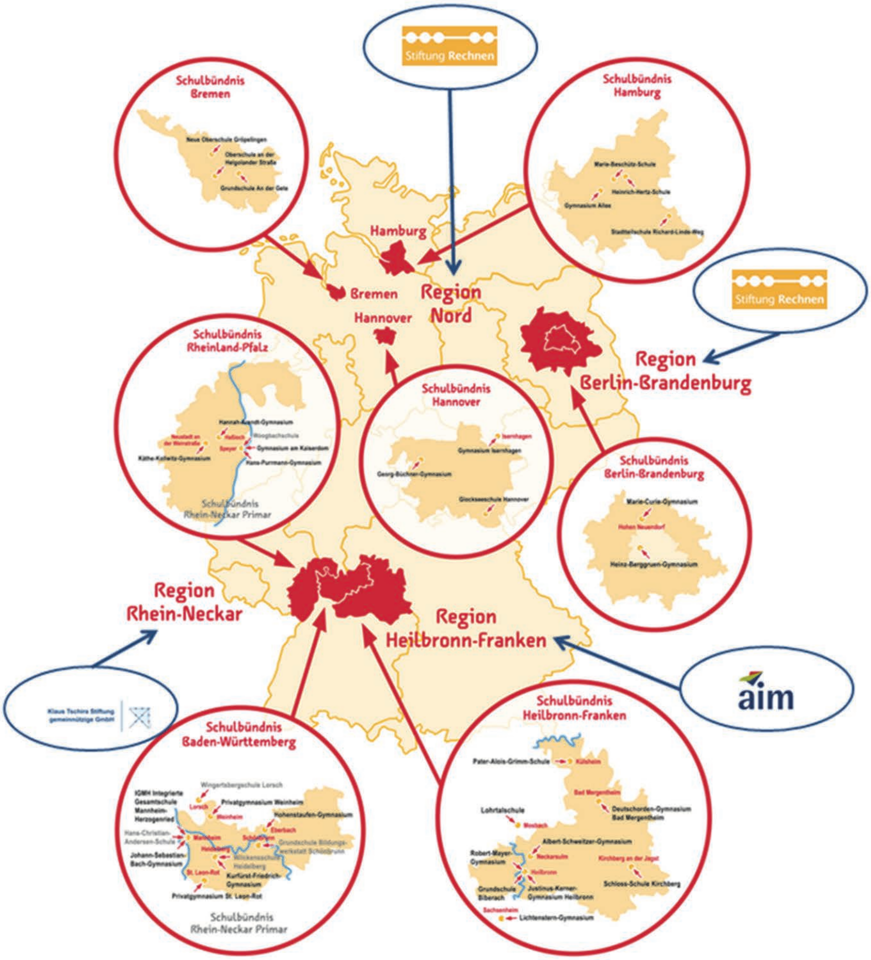


Abb. 3.8: Standortübersicht Mathe.Forscher 2017 (Quelle: mathe.forscher.de, bearbeitet von Hanna Gärtner)

Die ersten zwei Jahre in der Region Nord (2010-2012) wurden bereits von einem Team der TU Berlin evaluiert. Ziele dieser externen Evaluation waren die Erfassung der Akzeptanz und Erfolge des Programms bei Schülerinnen und Schülern und den Lehrkräften, sowie zentrale Gelingungsfaktoren des Programms. In den ersten beiden Zwischenberichten beschreibt das Team erste Erfolge des Programms (Lubke , Ernst, Trübswetter, & Ittel, 2011; Lubke, Kraußlach, & Ittel, 2012). Es wird sowohl von den Lehrkräften als auch von den Schülerinnen und Schülern akzeptiert, es gelingt dem Programm den Schülerinnen und Schüler neue Zugänge zur Mathematik zu eröffnen und die Lehrkräfte überwinden teilweise Unsicherheiten mit dem Konzept des forschend-entdeckenden Lernens. Auch der Abschlussbericht bestätigt diese Ergebnisse (Lubke, Ambos, & Ittel, 2012). Als Empfehlung für die weitere Durchführung des Programms beschreibt das Evaluationsteam unter anderem den Wunsch der Lehrkräfte nach Fortbildungen zur Themenfindung vor Beginn einer Unterrichtseinheit. Des Weiteren wird Unterstützung seitens der Programmleitung im Austausch der Lehrkräfte untereinander und der entwickelten Materialien gewünscht. Zudem stellt sich heraus, dass die Unterstützung der Lehrerinnen und Lehrer durch die jeweilige Schulleitung Grundvoraussetzung für gutes Gelingen ist.

In den nachfolgenden Jahren wurden sowohl die Ziele als auch die Struktur des Programms auf Grund der Ergebnisse der Evaluation angepasst und weiterentwickelt. 2014 wurden wie oben beschrieben die Mathe.Forscher-Dimensionen entwickelt. Nach einer Erprobungsphase von einem Jahr wurde eine weitere Evaluation geplant, mit der die

Goethe-Universität Frankfurt beauftragt wurde. Das Evaluationsteam bestand aus einem wissenschaftlichen Begleiter des Programms, einer dem Programm externen wissenschaftlichen Mitarbeiterin und verschiedenen studentischen Hilfskräften. Dies eröffnete die Möglichkeit, im Spannungsfeld zwischen Moderation verschiedener Interessengruppen, methodischer Anpassung und Umsetzung der Studie an die Rahmenbedingungen des Programms bzw. der Studie, Rolle als Dienstleistende und wissenschaftlicher Unabhängigkeit (vgl. Bortz & Döring, 2016, S. 976) bestehen zu können. Herr Prof. Dr. Matthias Ludwig konnte als wissenschaftliche Begleitung des Programms durch soziale und organisatorische Interaktionen die Studie als festen Bestandteil der Programmteilnahme etablieren. Die oft diskutierte Lücke zwischen Theorie und Praxis, zwischen Forschenden und Lehrenden konnte somit zum Teil überbrückt werden. Ich, als wissenschaftliche Mitarbeiterin der Goethe-Universität, konnte als dem Programm nicht zugehörige Evaluationsbeauftragte die Unabhängigkeit sowohl gegenüber den am Programm Teilnehmenden als auch gegenüber der Programmleitung wahren. Studentische Hilfskräfte, die ebenfalls nicht ins Programm eingebunden waren, unterstützten das Team.

Die Implementierung des forschend-entdeckenden Unterrichtsansatzes war von Beginn an Ziel des Mathe.Forscher-Programms. Wie dieses Ziel in der Struktur des Programms Beachtung findet, wird nachfolgend erläutert.

3.5 Forschend-entdeckendes Lernen in Mathe.Forscher

Forschend-entdeckendes Lernen steht der vorwiegend lehrerzentrierten Instruktion gegenüber. Das forschend-entdeckende Unterrichtskonzept soll diese traditionelle Lehrmethode allerdings nicht ersetzen, sondern das Repertoire erweitern und Teil davon werden. Genau das ist das Ziel des Programms Mathe.Forscher. Entdeckendes Lernen ist kein Selbstläufer. Die am Mathe.Forscher Programm teilnehmenden Lehrkräfte schlüpfen im Rahmen der angebotenen Fortbildungen selbst in die Rolle der Entdeckenden und haben so die Möglichkeit, zunächst eigene Erfahrungen als entdeckende und forschende Lerner zu sammeln. Bei der Umsetzung dieses Unterrichtskonzepts in ihren Schulalltag werden sie begleitet und vernetzt. Sie haben Zugang zu einem Materialpool und werden regelmäßig fortgebildet.

Die Lehrkräfte können eigenverantwortlich Mathe.Forscher-Einheiten planen und in ihrem Unterricht durchführen. Vorbereitend stehen ihnen dabei die Prozessbegleiter zur Seite, nachbereitend werden Dokumentationen der Einheiten und deren Durchführung auf einer Internetplattform hochgeladen (die Dokutools) und mit den Prozessbegleitern reflektiert. Die am Programm teilnehmenden Lehrkräfte können damit auch auf schon bestehende Projekte zurückgreifen und diese übernehmen oder adaptieren. Regelmäßige Fortbildungen dienen daneben ebenfalls als Ideenfindung und Erprobungsmöglichkeit. Außerdem werden die teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer regional aber auch überregional durch die Fortbildungen vernetzt.

Die Forderungen von Heymann zu allgemeinbildendem Mathematikunterricht stellen die Wichtigkeit der Verbindung von Mathematik und Lebenswelt heraus.

Wie in Kapitel 2.1.3 (Seite 40) aufgeführt, sind Merkmale des forschend-entdeckenden Lernens gegeben durch

- eine problemorientierte Organisation
- selbstständiges, eigenaktives und eigenverantwortliches Lernen der Schülerinnen und Schüler
- individuelle Lernwege und Lernprozesse
- Entwicklung eigener Fragestellungen und Vorgehensweisen der Lernenden
- eigenes Aufstellen von Hypothesen und Vermutungen; Überprüfung der Vermutungen; Dokumentation, Interpretation und Präsentation der Ergebnisse
- eine fördernde Atmosphäre, in der die Lernenden nach und nach forschende Arbeitstechniken vermitteln bekommen
- kooperative Lernformen und damit Förderung von Team- und Kommunikationsfähigkeit
- Unterrichtsinhalte mit hohem Realitäts- und Sinnbezug, gesellschaftlicher Relevanz, Möglichkeiten der Interdisziplinarität
- Stetige Angebote der Unterstützung

Das Programm Mathe.Forscher versucht durch die Fortbildungen und die Begleitung genau diese Merkmale im Unterricht der Teilnehmenden schrittweise zu verankern. Nicht nur die Schülerinnen und Schüler werden an das forschend-entdeckende Lernen herangeführt. Auch die Lehrkräfte nehmen auf Fortbildungen und in ihren Schulteams die Position der forschenden Lerner ein.

Realitätsnahe Situationen und Aufgaben sollen als Ausgangspunkt für Mathe.Forscher-Einheiten dienen. Parallel dazu sollen die Lehrenden in ihrer tagtäglichen Unterrichtspraxis heraus forschend-entdeckendes Lernen ermöglichen. Themen dazu sollen aus ihrem Unterricht für den Unterricht entwickelt werden.

Das Merkmal der eigenen Fragestellungen kann nicht von Beginn am im Unterricht umgesetzt werden. Die Lehrkräfte werden angeleitet, das eigene Fragestellen mit ihren Klassen zu üben, bevor es vorausgesetzt wird. Die Schülerinnen und Schüler müssen zunächst eine gewisse Sicherheit im Entwickeln gehaltvoller Fragestellungen erlangen. Parallel dazu können die Lehrkräfte eigenverantwortlich Einheiten planen. Ebenso haben sie die Möglichkeit, vorhandene Einheiten zu verwenden und sich so an das Durchführen forschender Einheiten herantasten und somit Sicherheit im Umgang mit forschend-entdeckendem Lernen zu erlangen.

Die Dokumentation, Interpretation und Präsentation der Ergebnisse findet sich in beiden Gruppen der Teilnehmenden wieder. Während die Schülerinnen und Schüler ihre Ergebnisse vor der Klasse, der Lehrkraft oder der Schule präsentieren, zuvor also ihre Ergebnisse dokumentieren und gegebenenfalls mit Unterstützung der Lehrkräfte interpretieren, machen sie die Mathematik sichtbar. Die Lehrkräfte machen durch die Reflexion ihrer Einheiten, die Erstellung der Projektpläne und der Durchführung unter Beobachtung der Prozessbegleitung und anderer Teilnehmenden forschend-entdeckendes Lernen sichtbar.

Die Lehrkräfte stehen im Unterrichtsgeschehen bei der Durchführung von Mathe.Forscher-Einheiten als Lernbegleiter stets zur Verfügung um die Schülerinnen und Schüler an geeigneter Stelle zu unterstützen. Auch die Lehrkräfte haben stets Angebote zur Unterstützung durch Prozessbegleitung, Programmleitung und wissenschaftlicher Begleitung.

Das Forcieren von Gruppenarbeit spiegelt sich in der schulinternen, regionalen und überregionalen Vernetzung der Mathe.Forscher-Lehrkräfte wieder: Sowohl die Schülerinnen und Schüler als auch die Lehrkräfte haben damit Anreize zum sozialen Lernen.

3.6 Wirkungen von Mathe.Forscher

Bei Betrachtung der Ziele, Organisation und Bausteine von Mathe.-Forscher handelt es sich bei dem Programm um ein Lehrerfortbildungskonzept. Bei jedem entwickelten Konzept sollte Klarheit bestehen, ob und wie es worauf wirkt.

Die vier Hauptziele des Programms Mathe.Forscher sind (vgl. Kapitel 3.1):

1. Freude am Fach Mathematik vermitteln
2. Inner- und außerschulische Bezüge von Mathematik herstellen
3. Forschend-entdeckendes Lernen verankern und
4. Transfermöglichkeiten bieten.

In Kapitel 2.2 (S. 43) wird deutlich, dass Fortbildungen durch günstige Faktoren auf Handeln, Einstellungen und Wissen der teilnehmenden Lehrpersonen und ihrer Klassen wirken können, die Reihenfolge dabei aber nicht abschließend geklärt ist. Grundvoraussetzung für jegliches Wirken sind zunächst förderliche Faktoren, die in langfristigen Konzepten Beachtung finden sollten.

Das Konzept von Mathe.Forscher beachtet die vom DZLM formulierten Kriterien effizienter Lehrerfortbildungen (Kapitel 2.2.3, S. 56). Die Mathe.Forscher-Programmziele und Anforderungen an die Lehrkräfte sind von Beginn an transparent. Das Programm orientiert sich stark an den Teilnehmerinnen und Teilnehmern, indem die Inhalte der Mathe.Forscher-Aktivitäten frei wählbar und somit an den individuellen Bedarf und die eigenen Überzeugungen anpassbar sind. Zudem können Themenwünsche für Fortbildungen geäußert werden. Mathe.Forscher-Dimensionen wurden entwickelt, um die Lehrkräfte zu unterstützen und es werden regelmäßig Best-Practice-Beispiele veröffentlicht. Die Kombination von Fortbildungen, Zeiten der Umsetzung im eigenen Unterricht und Besuche durch die Prozessbegleiter ermöglicht eine Lehr-Lern-

Vielfalt. Bei Netzwerktreffen werden außerdem Fallbeispiele und Durchführungen vorgestellt. Diese Netzwerktreffen, die sonstigen Fortbildungen und auch die Prozessbegleiter bieten Anregungen zur Kooperation. Professionelle Lerngemeinschaften aus Lehrkräften, externen Experten, Prozess- und wissenschaftlicher Begleitung werden durch die Programmleitung unterstützt. Dokutools, Feedback, Beratung und die Prozess- und wissenschaftliche Begleitung bieten zudem Möglichkeiten der Reflexionsförderung.

Die Grundweichen zu einem effizienten Fortbildungsprogramm sind durch die Teilnahme an Mathe.Forscher gestellt. Das Konzept Mathe.Forscher berücksichtigt wirkungsbegünstigende Faktoren und bietet somit gute Voraussetzungen, um die oben vorgestellten Ziele zu erreichen und auf die Teilnehmenden zu wirken: Das Handeln, das Wissen und die Überzeugungen. Alle drei Wirkungsaspekte bedürfen näherer Betrachtungen und weiterer Untersuchungen. Sie bilden alle drei genug Inhalt für jeweils eigene Untersuchungen.

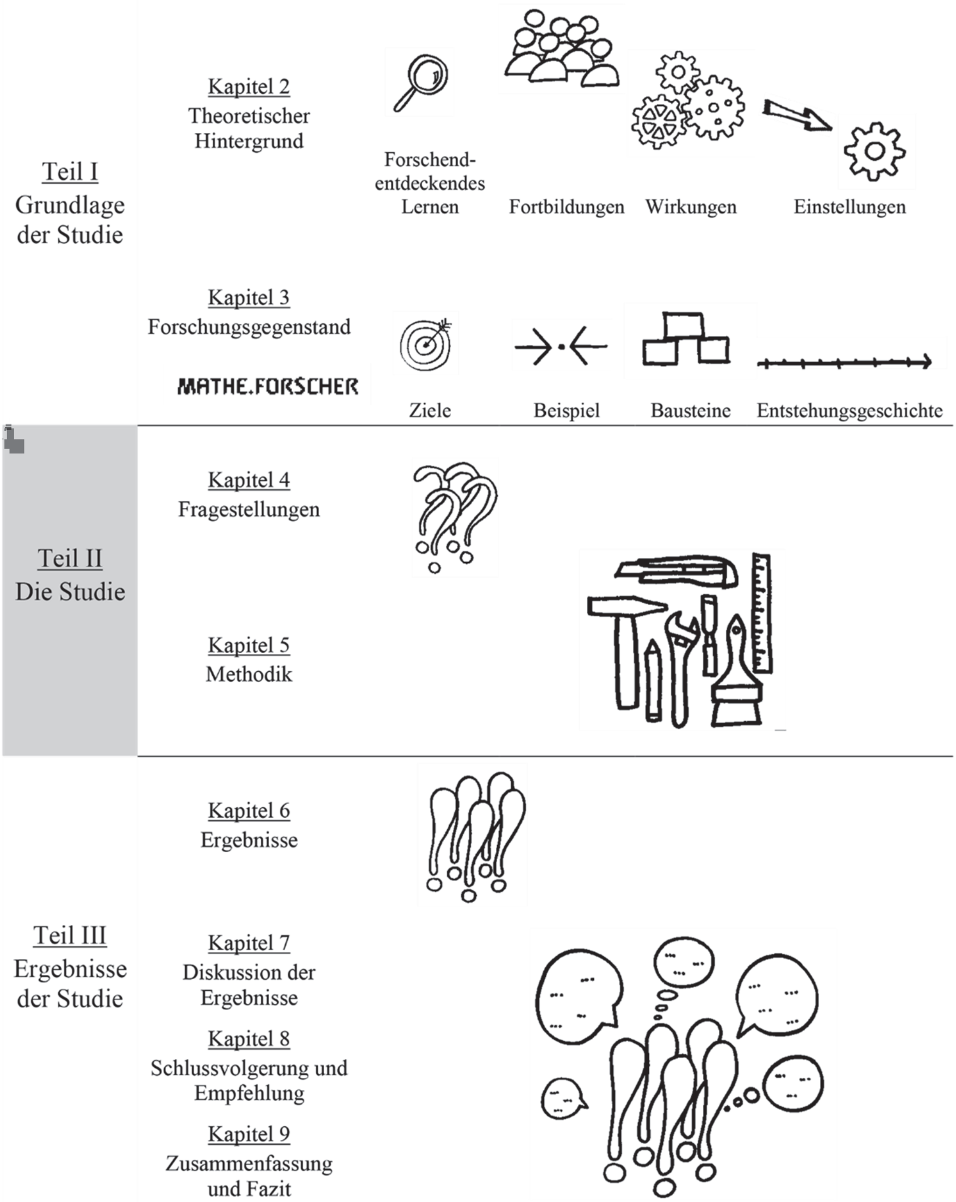
Des Themenfeld des forschend-entdeckenden Lernens bringt mögliche Effekte auf die Motivation, besseres mathematisches Verständnis, die Beeinflussung von Einstellungen gegenüber Mathematik und das Erkennen der mathematischen Bedeutsamkeit für Alltag und Gesellschaft (Bruder & Prescott, 2013, S. 819).

Die vorliegende Studie bezieht sich auf den Aspekt der Einstellungsänderung sowohl seitens der Lehrenden als auch der Lernenden. Außerdem will die Studie erforschen, ob die formulierten Ziele des

Programms „Freude am Fach Mathematik vermitteln“ und „Inner- und außerschulische Bezüge von Mathematik herstellen“ (vgl. Kapitel 3.1, S. 79) erreicht werden.

Zu vermuten ist auch ein Zusammenhang dieser beiden Ziele, da Schülerinnen und Schüler Aufgaben mit stärkerem Realitätsbezug interessanter beurteilen als schon vereinfachte Aufgaben (Greefrath, 2013). Realitätsbezüge im Mathematikunterricht könnten demnach mit der empfundenen Freude am Fach zusammenhängen.

Somit ergeben sich folgende Fragestellungen, denen in der vorliegenden Arbeit nachgegangen wird.


Teil I
Grundlage der Studie
Kapitel 2
Theoretischer Hintergrund
Forschend-entdeckendes Lernen
Fortbildungen
Wirkungen
Einstellungen
Kapitel 3
Forschungsgegenstand
MATHE.FORSCHER
Ziele
Beispiel
Bausteine
Entstehungsgeschichte
Teil II
Die Studie
Kapitel 4
Fragestellungen
Kapitel 5
Methodik
Teil III
Ergebnisse der Studie
Kapitel 6
Ergebnisse
Kapitel 7
Diskussion der Ergebnisse
Kapitel 8
Schlussvolgerung und Empfehlung
Kapitel 9
Zusammenfassung und Fazit

Teil II – Die Studie

Der zweite Teil befasst sich mit dem Kern der Studie, also den Fragestellungen und der Methodik.

Kapitel 4 konkretisiert die Grundlagen der Studie aus Teil I in zwei Forschungsfragen. Forschungsfrage 1 beschäftigt sich mit den Lehrenden, Forschungsfrage 2 beschäftigt sich mit den Lernenden. Die zweite Frage wird aufgeschlüsselt in drei Unterfragen, deren Untersuchung die zweite Hauptforschungsfrage beantworten soll.

Kapitel 5 erläutert die Forschungsmethodik. Nach der Vorstellung des Untersuchungsdesigns wird die Entwicklung der Messinstrumente vorgestellt. Anschließend werden die Analysestichprobe und die Auswertungsverfahren genauer beschrieben.

4 Fragestellungen

Durch forschend-entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht (Kapitel 2.1) haben Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit individuelle Lernwege und Lernprozesse zu beschreiten. Sie entwickeln zu Unterrichtsinhalten mit hohem Realitäts- und Sinnbezug, gesellschaftlicher Relevanz und Möglichkeiten der Interdisziplinarität eigene Fragestellungen, stellen Hypothesen und Vermutungen auf, überprüfen diese und dokumentieren, interpretieren und präsentieren ihre Ergebnisse. Während dem Prozess steht die Lehrkraft den Schülerinnen und Schülern unterstützend als Lernbegleiter zur Seite.

Das Unterrichtskonzept des forschend-entdeckenden Lernens erlaubt die Erfüllung der drei Grundbedürfnisse eines Menschen nach Kompetenz, Autonomie und sozialer Eingebundenheit und ermöglicht damit Motivation, Leistung und Wohlbefinden. Erkennt der Lernende den Sinn und übernimmt, erweitert oder verändert ihn für sich selbst, so ist der Grundstein für nachhaltiges Lernen gelegt. Internationale Studien zeigen, dass forschend-entdeckende Unterrichtsansätze (inquiry-based learning IBL) im Mathematikunterricht bei geeigneter Umsetzung Lernen verbessern, Lernerfolg und Lernleistung steigern und Freude gegenüber Mathematikunterricht erhöhen können.

Die Implementierung dieses Unterrichtsansatzes ist trotz der positiven Ergebnisse nicht alltäglich. Um neue Unterrichtskonzepte in den

Schulalltag zu bringen beziehungsweise um bestehende Unterrichtskonzepte neu in den Schulalltag zu bringen bedarf es Fortbildungen zur Professionalisierung von Lehrerinnen und Lehrern.

Im Rahmen von Fortbildungskonzepten (Kapitel 2.2) können Lehrpersonen zunächst selbst zu forschend-entdeckenden Lernenden werden, bevor sie dieses Konzept im Unterricht umsetzen. Die letzten Jahre diesbezüglicher Forschung bündeln sich in sechs Aspekten effizienter Fortbildungen: Kompetenzorientierung, Teilnehmerorientierung, Lehr-Lern-Vielfalt, Fallbezug, Kooperationsanregung und Reflexionsförderung. Langfristigkeit vorausgesetzt bieten dies die Grundvoraussetzung für positive Wirkungen auf die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler. Über die letzten Jahrzehnte wurden verschiedene Modelle entwickelt, die Elemente und Richtung von Auswirkungen durch Fortbildungen versuchen darzustellen. Fortbildungen von Lehrerinnen und Lehrern bestehen aus verschiedenen Bestandteilen wie den teilnehmenden Lehrkräften, den Ausbildnern, dem Fortbildungsprogramm und dem Kontext, in dem die Fortbildung stattfindet. Jeder dieser Bestandteile kann Auswirkungen haben auf die am Programm Beteiligten. Unabhängig von der Reihenfolge können sich Wirkungen von Lehrerfortbildung zusammengefasst auf drei Aspekte beziehen: Das Handeln, das Wissen und die Einstellungen. Auswirkungen sind auf vier Ebenen möglich. Nach positiver Reaktion auf die Fortbildung (Ebene 1) stehen das kognitive und affektiv-motivationale „Lernen der Lehrerinnen und Lehrer“ (Ebene 2) und „Veränderungen im unterrichtlichen Handeln der Lehrpersonen“ (Ebene 3). „Die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler“ (Ebene 4) beschreibt die am weitreichendsten Effekte von Lehrerfortbildungen. Die ausschließliche Betrachtung von Lernleistungen bei gleichzeitigem Nicht-Beachten des Lernprozesses birgt die Gefahr der Vernachlässigung von langfristig angestrebtem Kompetenzerwerb und Einstellungsänderungen. Deren Förderung ist damit schwer möglich. Wichtig ist daher eine weitreichendere Betrachtung der Entwicklung der Schülerinnen und Schüler als nur auf die Leistung reduziert. Effektives unterrichtliches Handeln basiert auf einem zusammenhängenden System von Einstellungen und Werten der Lehrkräfte.

Einstellungen (Kapitel 2.3) werden in der vorliegenden Arbeit als die „Bereitschaft zur Reaktion auf eine Situation" verstanden, wobei sie durch „Konsistenz der Reaktion" geprägt sind. Auf den Ebenen Denken, Fühlen und Handeln gibt es jeweils die vier Kategorien Einstellungen gegenüber Mathematik (1), Einstellungen über das Lernen (2) und das Lehren (3) von Mathematik und Einstellungen über sich selbst (4) als Betreiber von Mathematik. Im Fokus der Einstellungs-Forschung stehen deren Entstehung, deren Ausprägung, deren Wirkung auf Lehr-/Lernprozesse und deren Änderung.

Einstellungen werden zusammengefasst zu Einstellungssystemen oder Weltbildern. Da sich die Einstellungen gegenseitig beeinflussen können, ist die Erforschung von Weltbildern gegenüber einzelnen Einstellungen vorzuziehen um die Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht abzubilden, ganz analog zum Belief-System versus einzelnen Beliefs. Eine statische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht, die Mathematik als System auffasst, steht der prozesshaften, dynamischen

Sicht auf Mathematik gegenüber, die Mathematik als Tätigkeit begreift. Die Umsetzung forschend-entdeckender Unterrichtskonzepte passt eher zu einer dynamischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht. Mathematikbezogene Einstellungen der Lehrkräfte haben zum einen Einfluss auf Lehr-/Lernprozesse, zum anderen prägen die aus Lehr-Lernprozessen erworbenen Einstellungen die Schülersicht auf Mathematik und Mathematikunterricht bzw. drücken sich darüber aus. Untersuchungen haben gezeigt, dass Einstellungen von Lehrenden und Einstellungen von Lernenden aufeinander wirken können. Unter anderem konnten signifikante Effekte von Motivation und bestimmten Beliefs der Lehrkräfte auf die Leistung und Motivation ihrer Schülerinnen und Schüler nachgewiesen werden.

Im schulischen Kontext werden Untersuchungen oft im Rahmen von diesbezüglichen Lehrerfortbildungen durchgeführt.

Das Fortbildungskonzept Mathe.Forscher der Stiftung Rechnen (Kapitel 3) hat sich die Implementierung von forschend-entdeckendem Unterricht zum Ziel gesetzt. Die vom Programm entwickelten Mathe.Forscher-Dimensionen versuchen die Implementierung des Unterrichtsansatzes zu unterstützen. Am Beispiel des Programms soll untersucht werden, welche Einstellung die am Programm teilnehmenden Lehrpersonen mitbringen und ob sich diese durch die Teilnahme am Programm ändern. Reaktionen auf das Programm sollen mit der Zustimmung zu den Mathe.Forscher-Dimensionen erhoben werden. Diese werden deshalb zunächst darauf überprüft, ob sie eigenständig und voneinander unabhängig bestehen können, um anschließend die Zustimmung der Lehrkräfte zu erheben.

Stimmen die Lehrkräfte den Programminhalten zu und bringen sie eine dynamische Einstellung mit in ihren Mathematikunterricht, so sind die Grundweichen für forschend-entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht gelegt. Nur wenn die Lehrkräfte dieses Konzept umsetzen, kann von Seite der Schülerinnen und Schüler forschend-entdeckendes Lernen stattfinden. Das Ermöglichen von Querbezügen von Mathematik zu anderen Kontexten kann den Unterrichtsinhalten einen Sinn geben. Positive Emotionen und Motivation werden ermöglicht.

Basierend auf dem zuvor vorgestellten Forschungsgegenstand und seinem theoretischen Hintergrund ergaben sich folgende zwei Fragestellungen.

4.1 Forschungsfrage 1: Lehrende

Im Fokus dieser Fragestellung stehen die am Programm beteiligten Lehrkräfte. Zum einen beinhaltet die Frage die Wirkungen auf die Einstellung gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht, wie sie im theoretischen Hintergrund vorgestellt wurden (Kapitel 2.3.2). Laut Grigutsch, Raatz und Törner sind die Aspekte Formalismus, Schema, Prozess und Anwendung die wesentlichen Elemente des Einstellungs-Systems von Lehrkräften, die sich in Kombination als dynamische Sicht oder statische Sicht auf Mathematik äußern (Grigutsch, Raatz, & Törner, 1998). Zum anderen wird hier auch die Wirkung auf die Zustimmung bezüglich der Mathe.Forscher-Dimensionen untersucht. Nur bei positiver Reaktion auf Bestandteile des Fortbildungskonzepts setzen die Lehrkräfte dessen Inhalte in ihrem eigenen Unterricht um.

Wirkt das Programm Mathe.Forscher auf die Einstellung der Lehrerinnen und Lehrer gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht?

Die Forschungsfrage soll mittels folgender Hypothesen beantwortet werden.

Hypothese 1.1:

Durch die Teilnahme am Programm Mathe.Forscher wird die statische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht schwächer.

Hypothese 1.2:

Durch die Teilnahme am Programm Mathe.Forscher wird die dynamische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht stärker.

Hypothese 1.3:

Durch die Teilnahme am Programm Mathe.Forscher ändert sich die Zustimmung zu den Mathe.Forscher-Dimensionen.

4.2 Forschungsfrage 2: Lernende

Die zweite Forschungsfrage beleuchtet die Wirkung auf die Lernenden genauer.

Das Programm Mathe.Forscher trägt den Slogan „Entdecke Mathematik in deiner Welt". Durch diese Entdeckung sollen die Schülerinnen und Schüler mehr Freude am Mathematikunterricht erlangen. Außerdem sollen Sie neue Zugänge zum Mathematikunterricht kennen lernen. Im Fokus steht die Wirkung der Teilnahme am Programm auf die Schülerinnen und Schüler.

Wirkt das Programm Mathe.Forscher auf die Schülerinnen und Schüler?

Die Frage umfasst Aspekte bezüglich der Wirkungen auf die Einstellungen der Lernenden, die vom Programm angestrebte Entdeckung von Bezügen zwischen Mathematik und der Lebenswelt von den Schülerinnen und Schülern oder eine Wirkung auf die Freude am Fach Mathematik.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden die folgenden Hypothesen aufgestellt.

Hypothese 2.1:

Die Teilnahme am Programm Mathe.Forscher ändert die Einstellung der Schülerinnen und Schüler gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht.

Hypothese 2.2:

Während der Teilnahme am Programm verknüpfen die Schülerinnen und Schüler verstärkt Mathematik mit anderen Kontexten sowohl im innerschulischen als auch im außerschulischen Bereich.

Hypothese 2.3:

Während der Teilnahme am Programm Mathe.Forscher empfinden die Schülerinnen und Schüler Freude in Bezug auf ihren Mathematikunterricht.

5 Forschungsmethodik

5.1 Untersuchungsdesign

Die aufgestellten Forschungsfragen wurden im Rahmen einer Längsschnittstudie untersucht. Sie war als Kombination von Pre-Post-Design mit parallelem Mixed-Methods-Design konzipiert (Kuckartz, 2014), das sich aus einer Fragebogenerhebung und semistrukturierten Interviews zusammensetzte (Abb. 5.1). Alle am Programm teilnehmenden Lehrpersonen sowie deren Klassen, mit denen Mathe.Forscher-Einheiten durchgeführt wurden, sollten an der Befragung teilnehmen und erhielten Fragebögen zum Ausfüllen. Parallel dazu sollte von jeder Schule aus mindestens zwei von den Schulverantwortlichen ausgewählten Klassen zufällig je ein Schüler und eine Schülerin interviewt werden.

Bei der Untersuchung handelt es sich um eine quasiexperimentelle Untersuchung (Bortz & Döring, 2006). Da die Ausgangsstichprobe Teil des Mathe.Forscher-Programms sein muss, können sowohl die Lehrpersonen als auch die Schulklassen nicht rein zufällig ausgewählt werden. Die interviewten Kinder pro Klasse dagegen werden zufällig ausgewählt. Somit handelt es sich um eine nicht-probabilistische Quotenstichprobe. Bei der Kontrollgruppe handelt es sich um eine Gelegenheitsstichprobe (Bortz & Döring, 2006).

5.1.1 Untersuchungsdurchführung

Sowohl Fragebögen als auch Interviewleitfäden wurden zwischen Mai 2015 und Juli 2015 einem Vorlauf unterzogen. Diese Pilotierung fand in der Mathe.Forscher-Region Rhein-Neckar statt. Das Programm startete in dieser Region 2012 und befand sich 2015 bereits im zweiten Durchlauf. Alle befragten Lehrpersonen und Schulkinder nahmen somit innerhalb der vorangegangenen zwei Jahre an mindestens einer Mathe.Forscher-Aktivität teil. Die Teilnahme an der Pilot-Befragung erfolgte auf freiwilliger Basis während einer Fortbildung. Die daran teilnehmenden Lehrkräfte füllten dort die Fragebögen aus und bekamen Fragebögen für ihre Mathe.Forscher-Klassen, die sie im Laufe der nachfolgenden drei Wochen ausfüllen ließen. Mit dem Zurücksenden der ausgefüllten Fragebögen im Klassensatz erklärten die Lehrkräfte die gegebenenfalls vorhandene Bereitschaft einzelner Schülerinnen und Schüler interviewt zu werden mitsamt der Einverständniserklärungen der jeweiligen Erziehungsberechtigten.

Die Hauptuntersuchung fand zwischen Januar 2016 und Juli 2017 zu drei Erhebungszeiträumen statt (Abb. 5.1). Befragt wurden hier Lehrende und Schülerinnen und Schüler in der Mathe.Forscher-Region Heilbronn-Franken. In dieser Region startete das Programm mit einer Auftaktveranstaltung im Dezember 2015, alle weiteren Mathe.Forscher-Aktivitäten fanden nach der ersten Befragung ab Januar 2016 statt. Alle Schulen, die am Programm teilnahmen, erklärten sich bereit, auch an den Befragungen teilzunehmen. Letztendlich fand die Befragung der Lehrerinnen und Lehrer auf freiwilliger Basis statt. Ausgewertet wurden alle zurückerhaltenen Fragebogendaten. Die Fragebögen für die Schülerinnen und Schüler wurden in Klassensätzen an die Schulverantwortlichen geschickt. Die Schulverantwortlichen bilden die Schnittstelle zwischen Lehrenden und der Programmleitung. Somit erhalten sie einerseits Einblicke in die Mathe.Forscher-Organisation der einzelnen Lehrpersonen, andererseits fungieren sie als Ansprechpartner, sowohl für die Kolleginnen und Kollegen an ihrer Schule, als auch für die Programmleitung.

Die Schulverantwortlichen verteilten die Bögen im Mathe.Forscher-Kollegium, die die Bögen mit ihren Mathe.Forscher-Klassen in ihrem Unterricht ausfüllten. Danach wurden die Bögen gesammelt vom Schulverantwortlichen zurückgeschickt. Die Klassensätze wurden jeweils mit dem Code der unterrichtenden Lehrkraft gekennzeichnet. Jede teilnehmende Lehrperson erhielt einen Link zu einem Online-Fragebogen per Mail. Da hier zu Beginn derselbe Code eingetragen wurde, konnten somit die Fragebögen der Schülerinnen und Schüler in Klassensätzen mit den Fragebögen der Lehrpersonen in Verbindung gebracht werden und dennoch die Lehrpersonen anonym bleiben. Mit den Schulverantwortlichen wurde außerdem in den Befragungsrunden zwei und drei ein Termin vereinbart, an dem die Schule vor Ort besucht und zufällig ausgewählte Lernende jeder Mathe.Forscher-Klasse in Einzelinterviews befragt werden sollten.

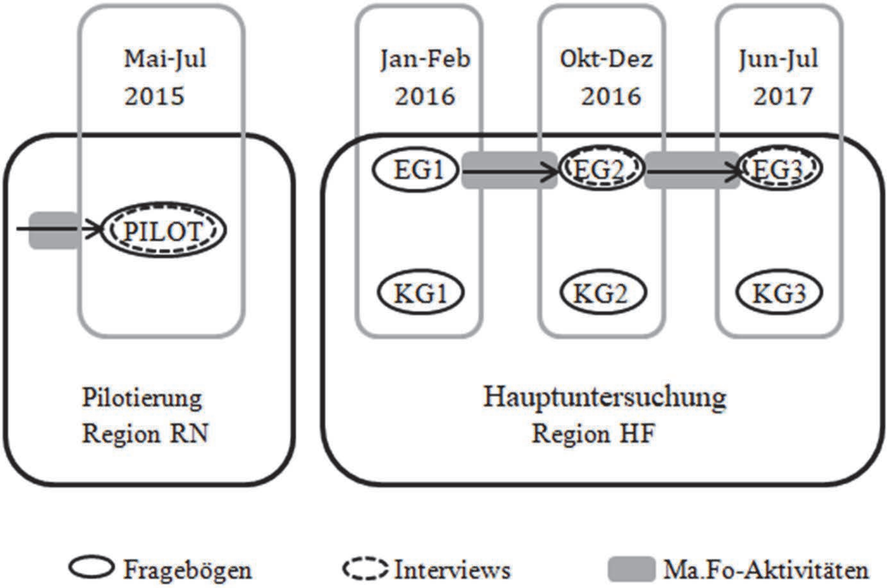


Abb. 5.1: Übersicht der Untersuchungsdurchführung

Zeitgleich mit der Hauptbefragung in der Region Heilbronn-Franken wurde eine Reihe Lehrpersonen mit ihren Klassen als Kontrollgruppe befragt. Voraussetzung war hier, dass die Schulen nicht in einer Region des Mathe.Forscher-Programms liegen. Die Schulen der Kontrollgruppe wurden nach Verfügbarkeit ausgewählt: Schulen verschiedener Schularten wurden angeschrieben und bei Bereitschaft zur Teilnahme an der Studie in die Auswertung mit aufgenommen.

5.1.2 Beschreibung der Ausgangsstichprobe

Die am Mathe.Forscher-Programm teilnehmenden Schulen in der Region Heilbronn-Franken wurden zu Beginn der Programmlaufzeit allesamt dazu angehalten, die Befragungen mit ihren Klassen zu unterstützen.

Im Rahmen des Programms haben die befragten Lehrkräfte vor der ersten Befragung

- an der Auftaktveranstaltung (evtl. vertreten durch die Schulverantwortlichen) teilgenommen.

Im Rahmen des Programms haben die befragten Schülerinnen und Schüler vor der ersten Befragung

- an keiner Mathe.Forscher-Aktivität im Unterricht teilgenommen (evtl. wurde von den Mathematik-Lehrkräften kurz das Vorhaben geschildert).

Bis zu ihrer zweiten Befragung haben die an der Studie teilnehmenden Lehrkräfte

- bereits an einer Befragung teilgenommen,
- an mindestens einer Fortbildung teilgenommen,
- mindestens eine Mathe.Forscher-Einheit mit ihren Schülerinnen und Schülern durchgeführt,
- evtl. ein Doku-Tool ausgefüllt und eingereicht.

Bis zu ihrer zweiten Befragung haben die an der Studie teilnehmenden Schülerinnen und Schüler

- an der ersten Befragung teilgenommen,
- an mindestens einer Mathe.Forscher-Einheit teilgenommen.

Bis zur dritten Befragung haben die an der Studie teilnehmenden Lehrkräfte

- bereits an zwei Befragungen teilgenommen,
- an mindestens einer Fortbildung nach der zweiten Befragung teilgenommen,
- mindestens eine Mathe.Forscher-Einheit mit ihren Schülerinnen und Schülern nach der zweiten Befragung durchgeführt,
- evtl. ein Doku-Tool ausgefüllt und eingereicht.

Bis zu ihrer zweiten Befragung haben die an der Studie teilnehmenden Schülerinnen und Schüler

- an zwei Befragungen teilgenommen,
- an mindestens einer Mathe.Forscher-Einheit seit der zweiten Befragung teilgenommen.

Die Ausgangsstichprobe (Tab. 5.1) setzte sich in den drei Befragungsrunden aus denjenigen Schulen zusammen, die am Programm mindestens im zuvor geschilderten Umfang teilnahmen und die ausgefüllten Fragebögen zurücksendeten. Insgesamt wurden Lehrende und ihre Klassen an Gymnasien (GY), an Werkrealschulen (WRS), an Gemeinschaftsschulen (GeS) und Grundschulen (GrS) befragt. Alle am Programm teilnehmenden Schulen wurden angeschrieben, alle teilnehmenden Schulen nahmen an mindestens einer Befragungsrunde teil. Die erste Kontaktaufnahme erfolgte somit über die Schulverantwortlichen. Manche Schulen beendeten die Teilnahme am Programm Mathe.Forscher nach der ersten Befragungsrunde (GY4, GY6, GrS1 und

GrS2) und nahmen ab dann auch an keiner Befragung mehr teil. Drei Schulen stiegen im November 2016 in das Programm neu ein und nahmen ab dann an den Befragungen teil (GY7, GeS1 und GeS2). Interviewt wurde an diesen drei Schulen analog zu den anderen Schulen erst nach der Umsetzung von Mathe.Forscher-Einheiten im Unterricht, also erst in der dritten Befragungsrunde. Es gelang nicht, alle am Mathe.Forscher-Programm teilnehmende Klassen vertreten durch jeweils einen Schüler und eine Schülerin zu interviewen.

Tab. 5.1: Befragte Lehrkräfte (L) und Klassen (K) der einzelnen Mathe.Forscher-Schulen

	Runde 1 (Jan-Feb 2016)	Runde 2 (Nov-Dez 2016)		Runde 3 (Jun-Jul 2017)	
Schule	Fragebögen	Fragebögen	Interviews	Fragebögen	Interviews
GY1EG	L, K	L, K		L, K	K
GY2EG	L, K	L, K	K	L, K	K
GY3EG	L, K	L, K	K	L, K	K
GY4EG	L, K				
GY5EG	L, K	L, K		L	
GY6EG	L, K				
GY7EG		L, K		L, K	K
WRS1EG	L, K	L, K	K	L, K	
GeS1EG		L, K		L, K	
GeS2EG		L, K		L, K	K
GrS1EG	L, K				
GrS2EG	L, K				
GrS3EG	L, K	L, K	K	L, K	K

Die Kontrollschulen nahmen in ebenfalls unterschiedlicher Besetzung an der Befragung teil (Tab. 5.2). Befragt wurde hier an Gymnasien (GY), Haupt-Realschulen (HRS) und Grundschulen (GrS). Auch in der Kontrollgruppe nahmen drei Schulen erst ab der zweiten Befragungsrunde teil (GY4, GY5 und GrS1).

Tab. 5.2: Befragte Lehrkräfte (L) und Klassen (K) der Kontrollgruppen-Schulen

Schule	Runde 1 (Jan-Feb 2016) Fragebögen	Runde 2 (Nov-Dez 2016) Fragebögen	Runde 3 (Jun-Jul 2017) Fragebögen
GY1KG	L, K	L, K	L, K
GY2KG	L, K	L, K	L, K
GY3KG	L, K	L, K	L, K
GY4KG		L, K	L, K
GY5KG		L, K	L, K
HRS1KG	L, K	L, K	L, K
GrS1KG		L, K	L, K

Da die Befragung sowohl in der Experimental- als auch in der Kontrollgruppe zum einen auf freiwilliger Basis und zum anderen anonymisiert mit lediglich den schulverantwortlichen Lehrkräften als Kontaktpersonen durchgeführt wurde, variierten die Rücklaufquoten stark. Die Teilnahme nahm von der ersten bis zur dritten Befragung vor allem in der Experimentalgruppe stark ab. Zusätzlich kamen Schülerfragebögen ohne zugehörige Lehrerfragebögen zurück und umgekehrt. Kapitel 5.3 beschreibt die Bildung der Analysestichproben, die sich an den Rücklaufquoten der Ausgangsstichprobe orientiert.

5.2 Messinstrumente

Der Beantwortung der aufgestellten Fragen liegt ein empirisch-analytischer Forschungsansatz zugrunde. Das Pre-Post-Design wird in den Post-Erhebungen als paralleles Mixed-Methods-Design konzipiert (Kuckartz, 2014). Alle an der Studie teilnehmenden Lehrenden wurden mittels Online-Fragebogen befragt. Die Schülerinnen und Schüler erhielten klassenweise Fragebögen in Paper-Pencil-Format. Zusätzlich wurden ab der zweiten Erhebungsrunde Einzelinterviews mit Lernenden der Experimentalgruppe durchgeführt. Bei diesen Gesprächen handelte es sich um halbstrukturierte Interviews. Die nachfolgende Tabelle (Tab. 5.3) stellt eine Übersicht der Messinstrumente mit den zugehörigen Variablen dar.

Tab. 5.3: Übersicht über das Untersuchungsinstrumentarium

Ebene	Instrument	Variablen	Stichprobe
Lehrpersonen (EG)	Lehrendenfragebogen (L-Fb) online	A: Einstellungen zu Mathematik und Mathematikunterricht B: allgemein formulierte Mathe.Forscher-Inhalte	Mathe.Forscher-Lehrpersonen
Schulkinder (EG)	Lernendenfragebogen (S-Fb) Paper-pencil	- Einstellungen zu Mathematik und Mathematikunterricht - allgemein formulierte Mathe.Forscher-Inhalte	Mathe.Forscher-Schulklassen
	Lernendeninterviews (S-I)	- konkrete Mathe.Forscher-Inhalte	Je ein Schüler und eine Schülerin einer Mathe.Forscher-Schulklasse

Lehrpersonen (KG)	Lehrendenfragebogen (L-Fb) online	A: Einstellungen zu Mathematik und Mathematikunterricht B: allgemein formulierte Mathe.Forscher-Inhalte	Lehrpersonen ohne Programmteilnahme
Schulkinder (KG)	Lernendenfragebogen (S-Fb) Paper-pencil	- Einstellungen zu Mathematik und Mathematikunterricht - allgemein formulierte Mathe.Forscher-Inhalte	Schulklassen ohne Programmteilnahme

Die Messinstrumente wurden zunächst einer Pilotierung unterzogen. Die Fragebögen der Hauptuntersuchung setzen sich aus den in der Pilotstudie als reliabel erwiesenen Skalen zusammen. Die Interviewstruktur wurde in der Pilotierung auf ihre Schlüssigkeit und Vollständigkeit getestet.

5.2.1 Pilotstudie

Im Folgenden werden die aus der Pilotierung resultierenden einzelnen Messinstrumente vorgestellt.

5.2.1.1 Fragebögen der Lehrenden

Der Fragebogen für die Lehrenden setzt sich neben einigen allgemeinen personenbezogenen Daten aus zwei weiteren Teilen zusammen. Teil A umfasst Items bezüglich der Einstellung gegenüber Mathematik (vgl. Kapitel 2.3.2, S. 69), die von den standardisierten Einstellungstests von Törner und Grigutsch übernommen wurden (Grigutsch, Raatz, & Törner, 1998). Teil B umfasst Items zu den Mathe.Forscher-Dimensionen, die teils im Rahmen der Untersuchung entwickelt wurden und teils aus anderen thematisch passenden Fragebögen entnommen wurden (vgl. 10A.1.1). Unter anderem gehen hier Items angelegt an die MT21-Studie und Items aus einer Evaluation des Programms Mathe.Forscher von 2012 ein. Nach der Zusammenlegung der verschiedenen Items bestand der Fragebogen der Lehrenden aus 132 inhaltlichen Items.

Die Items wurden im Rahmen der hier durchgeführten Untersuchung mit jeweils fünf Antwortkategorien versehen. Die Abstufung der Kategorien ist im Sinne einer Likert-Skala (Bortz & Döring, 2006) erfolgt.

Skalenbildung und statistische Gütekriterien

Teil A versuchte mittels Hauptkomponentenanalyse, einem Faktorenanalyseverfahren, die von Grigutsch et al. (Grigutsch, Raatz, & Törner, 1998) ermittelten Skalen abzubilden (vgl. Kapitel 2.3). Faktoren sind hierbei zugrunde liegende latente Variablen. Die Items, die untereinander stark korrelieren, werden hierbei zu einem Faktor zusammengefasst. Die Faktorladung gibt dabei eine Korrelation als Maß für die Stärke und die Richtung der Zusammenhänge zwischen Faktoren und ursprünglichen Variablen an (Backhaus, Erichson, Plinke, & Weiber, 2018). In Teil B wurde ebenfalls eine Hauptkomponentenanalyse durchgeführt, um zu überprüfen, ob die Mathe.Forscher-Dimensionen mit dem Fragebogen abgebildet werden können.

Die Bewertung der Eigenschaften der somit ermittelten Faktoren erfolgt mit Reliabilitätsanalysen. Die korrigierte Trennschärfe eines Items gibt die Korrelation der Beantwortung des Items mit dem Summenwert der übrigen Skala an (Bortz & Döring, 2006). Der Cronbach-Alpha-Koeffizient gibt die Höhe der mittleren Itemzusammenhänge in Abhängigkeit von der Itemanzahl an. Er ist die Standardmethode zur Schätzung der inneren Konsistenz (Bühner, 2010). Es handelt sich bei dem verwendeten Fragebogen um eine Kombination aus bereits standardisierten Skalen und neuen Items. Die Gesamtzahl der Items wurde zugunsten einer angemessenen Item-Anzahl gekürzt. Die sich daraus ergebenden Werte werden nach folgenden Gütekriterien beurteilt:

Tab. 5.4: Gütekriterien der Faktoren- und Reliabilitätsanalysen (Lehrende)

Faktorladungen	werden ab .55 berücksichtigt
	in der Literatur werden Werte ab .50 (Backhaus, Erichson, Plinke, & Weiber, 2018, S. 418) und .60 (Bortz & Schuster, 2010, S. 422) angegeben
Korrigierte Trennschärfe	zwischen .30 und .50 mittel; ab .50 hoch
	(Bortz & Döring, 2006, S. 478), (Bühner, 2010, S. 140)
Innere Konsistenz (Cronbach-Alpha)	ab .80; bei geringen Itemzahlen auch darunter
	in der Literatur werden Werte ab .80 (Bortz & Döring, 2006, S. 443), gegebenenfalls auch niedrigere Testwerte akzeptiert (Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 135 ff)

Nachfolgend werden die Teile A und B des Fragebogens nach diesen Gütekriterien ausgewertet und beurteilt. Die Nummerierung der Items wurde hier zwecks Übersichtlichkeit nicht entsprechend der Nummerierungen im Fragebogen übernommen, sondern nach

Vorkommen in dieser Arbeit. Die Originalfragebögen befinden sich im Anhang (10A.1)

Zu Beginn jedes Fragebogens wurden einige personenbezogene Daten erhoben, wobei Pilotierung und Hauptuntersuchung dieselben Merkmale erhoben, sie wurden nicht geändert. Dieser allgemeine Teil erhob nach dem Generieren eines Codes das Geschlecht und die Jahre im Schuldienst. Des Weiteren wurden das studierte Lehramt und die studierten Fächer erhoben, danach die Schulform an der zur Zeit der Befragung unterrichtet wird und die unterrichteten Fächer. Das letzte Item dieses Abschnitts erfragte laufende Mathematikprojekte an der jeweiligen Schule.

Teil A: Einstellungen zu Mathematik und Mathematikunterricht

Teil A des Fragebogens wurde auf die vier Skalen Formalismus-Aspekt, Schema-Aspekt, Prozess-Aspekt und Anwendungsaspekt untersucht, wie sie in Kapitel 2.3.2 näher erläutert wurden.

Formalismus-Aspekt

In der folgenden Tabelle (Tab. 5.5) werden die Items der Skala „Formalismus-Aspekt" aufgeführt. Die Faktorenanalyse weist nur bei vier der von Grigutsch et al. (Grigutsch, Raatz, & Törner, 1998) diesem Faktor zugewiesenen Items Ladungen von über .550 auf. Die korrigierte Trennschärfe kann hier als mittel bis hoch beurteilt werden. Die innere Konsistenz ist knapp gegeben.

Tab. 5.5: Skala „Formalismus“ (Lehrende)

Nr.	Item	Faktorenladung	Korr. Trennschärfe	Cronbachs Alpha	Antwortkategorien
F1	Kennzeichen von Mathematik sind Klarheit, Exaktheit und Eindeutigkeit.	.878	.641	.770	1=stimmt überhaupt nicht 2=stimmt nicht 3= weder zutreffend noch nicht zutreffend 4=stimmt 5=stimmt genau
F2	Mathematisches Denken wird durch Abstraktion und Logik bestimmt.	.839	.542		
F3	Für die Mathematik benötigt man insbesondere formal-logisches Herleiten sowie das Abstraktions- und Formalisierungsvermögen	.743	.695		
F4	Mathematik entsteht durch das Setzen von Axiomen oder Definitionen und eine anschließende formal-logische Deduktion von Sätzen.	.551	.464		
F5	Die entscheidenden Basiselemente der Mathematik sind ihre Axiomatik und die strenge deduktive Methode.	.521			
F6	Unabdingbar für die Mathematik ist ihre begriffliche Strenge, das heißt eine exakte und präzise mathematische Fachsprache.	<.300			

Schema-Aspekt

In der folgenden Tabelle (Tab. 5.6) werden die Items der Skala „Schema-Aspekt" aufgeführt. S5 hat eine zu geringe Faktorladung und wird deshalb für die Berechnungen unberücksichtigt gelassen. Die korrigierte Trennschärfe der einzelnen Items kann bis auf S4 als hoch beurteilt werden. Die Skala ist mit einem Cronbachs Alpha von .780 als reliabel zu werten.

Tab. 5.6: Skala „Schema" (Lehrende)

Nr.	Item	Faktoren-ladung	Korr. Trenn-schärfe	Cronbachs Alpha	Antwortkategorien
S1	Mathematik besteht aus Lernen, Erinnern und Anwenden.	.877	.544	.780	1=stimmt überhaupt nicht 2=stimmt nicht 3= weder zutreffend noch nicht zutreffend 4=stimmt 5=stimmt genau
S2	Mathematik-Betreiben verlangt viel Übung im korrekten Befolgen von Regeln und Gesetzen.	.696	.722		
S3	Mathematik ist Behalten und Anwenden von Definitionen und Formeln, von mathematischen Fakten und Verfahren.	.929	.611		
S4	Mathematik-Betreiben verlangt viel Übung im Befolgen und Anwenden von Rechenroutinen und - schemata.	.519	.494		
S5	Fast alle mathematischen Probleme können durch direkte Anwendung von bekannten Regeln, Formeln und Verfahren gelöst werden.	<.300			

Prozess-Aspekt

Tab. 5.7 führt die Items der Skala „Prozess-Aspekt“ auf. Wieder gibt es einige Items (P5, P6, P7), deren Ladungen zu gering sind um in die weiteren Berechnungen aufgenommen zu werden. Die jeweils korrigierte Trennschärfe pro Item ist hoch. Die Skala ist reliabel.

Tab. 5.7: Skala „Prozess“ (Lehrende)

Nr.	Item	Faktorenladung	Korr. Trennschärfe	Cronbachs Alpha	Antwortkategorien
P1	Mathematik-Betreiben heißt: Sachverhalte verstehen, Zusammenhänge sehen, Ideen haben.	.829	.694	.847	1=stimmt überhaupt nicht 2=stimmt nicht 3=weder zutreffend noch nicht zutreffend 4=stimmt 5=stimmt genau
P2	Mathematik lebt von Einfällen und neuen Ideen.	.800	.758		
P3	In der Mathematik kann man viele Dinge selber finden und ausprobieren.	.793	.739		
P4	Es gibt gewöhnlich mehr als einen Weg, Aufgaben und Probleme zu lösen.	.704	.685		
P5	Mathematik ist eine Tätigkeit, bei der man über Probleme nachdenkt und Erkenntnisse gewinnt.	.483			
P6	Mathematische Tätigkeit besteht im Erfinden bzw. Nach-Erfinden (Wiederentdecken) von Mathematik.	.427			

P7	Mathematik verstehen wollen heißt Mathematik erschaffen wollen.	<.300			

Anwendungs-Aspekt

In der letzten Tabelle von Teil A (Tab. 5.8) werden die Items der Skala „Anwendungs-Aspekt" aufgeführt. Die Antworten der Items A3 und A6 wurden negiert. Die Items A5, A6 und A7 werden von den weiteren Berechnungen ausgeschlossen, da sie bei unserer Faktorenanalyse zu geringe Ladungen aufweisen. Die korrelierte Trennschärfe kann hier bei den Items A1 bis A4 als hoch eingestuft werden, die Skala ist reliabel.

Tab. 5.8: Skala „Anwendung" (Lehrende)

Nr.	Item	Faktoren-ladung	Korr. Trenn-schärfe	Cronbachs Alpha	Antwortkategorien
A1	Kenntnisse in Mathematik sind für das spätere Leben der Schülerinnen und Schüler wichtig.	.893	.893	.858	1=stimmt überhaupt nicht 2=stimmt nicht 3= weder zutreffend noch nicht zutreffend 4=stimmt 5=stimmt genau
A2	Mathematik ist nützlich in jedem Beruf.	.766	.758		
A3	Nur einige wenige Dinge, die man im Mathematikunterricht lernt, kann man später verwenden. (neg)	.751	.794		
A4	Im Mathematikunterricht beschäftigt man sich mit Aufgaben, die einen praktischen Nutzen haben.	.726	.562		

A5	Mathematik hilft, alltägliche Aufgaben und Probleme zu lösen.	.418			
A6	Im Mathematikunterricht kann man – unabhängig davon, was immer unterrichtet werden wird – kaum etwas lernen, was in der Wirklichkeit von Nutzen ist. (neg)	<.300			
A7	Viele Teile der Mathematik haben einen praktischen Nutzen oder einen direkten Anwendungsbezug.	<.300			

Teil B: allgemein formulierte Mathe.Forscher-Inhalte

Da die Items hier selbst entwickelt wurden oder aus anderen Quellen übernommen wurden, handelt es sich in Teil B um nicht standardisierte Items bzw. Skalen.

Die wissenschaftliche Begleitung des Programms traf eine Vorauswahl der Items bezüglich der Zugehörigkeit zum Programm Mathe.Forscher orientiert an den Elementen der Mathe.Forscher-Dimensionen. Nach dieser Expertenauswahl blieben von den insgesamt 94 restlichen Items 22 übrig. Da die Zuordnung zu den einzelnen fünf Mathe.Forscher-Dimensionen nicht eindeutig war, wurden die ausgewählten Items einer Faktorenanalyse unterzogen. Es ergaben sich 8 Faktoren, von denen die Faktoren 1 bis 3 inhaltlich sinnvoll interpretiert werden konnten.

Mathe.Forscher-Dim 1

Tab. 5.9 stellt die Items des ersten Faktors dar, die unter „Lernenden-aktivität/Handeln als Lernbegleiter“ zusammengefasst werden können. Item 1Dim4 hat zu geringe Faktorladungen und wird deshalb von den Berechnungen ausgeschlossen. Die jeweilige Trennschärfe ist hoch, die Skala kann mit Cronbachs Alpha von .811 als reliabel beurteilt werden.

Tab. 5.9: Skala „Mathe.Forscher-Dim1: Lernendenaktivität/Handeln als Lernbegleiter“ (Lehrende)

Nr.	Item	Faktoren-ladung	Korr. Trenn-schärfe	Cronbachs Alpha	Antwortkategorien
1Dim1	Welche Bedeutung hat für Sie: Die Schülerinnen und Schüler Mathematik präsentieren lassen.	.836	.749	.811	1=gar nicht wichtig 2=nicht wichtig 3= weder wichtig noch unwichtig 4=wichtig 5=sehr wichtig
1Dim2	Welche Bedeutung hat für Sie: Die Schülerinnen und Schüler mathematische Projekte durchführen lassen.	.835	.723		
1Dim3	Welche Bedeutung hat für Sie: Die Schülerinnen und Schüler eigene mathematische Entdeckungen machen lassen.	.749	.584		

1Dim4	Welche Bedeutung hat für Sie: Die Schülerinnen und Schüler in kleinen Gruppen arbeiten lassen.	.526			

Mathe.Forscher-Dim 2

Die Items 2Dim1 bis 2Dim4 werden zusammengefasst unter der Skala „Unterricht öffnen". Auch hier ist die korrigierte Trennschärfe der einzelnen Items hoch, die Skala kann insgesamt als reliabel eingestuft werden (vgl. Tab. 5.10).

Tab. 5.10: Skala „Mathe.Forscher-Dim2: Unterricht öffnen" (Lehrende)

Nr.	Item	Faktoren-ladung	Korr. Trenn-schärfe	Cronbachs Alpha	Antwortkategorien
2Dim1	Die Lehrperson sollte außerschulische Experten in den Unterricht holen oder diese mit der Klasse aufsuchen, wenn ein Thema die Möglichkeit dazu bietet.	.828	.539	.720	1=gar nicht wichtig 2=nicht wichtig 3= weder wichtig noch unwichtig 4=wichtig 5=sehr wichtig
2Dim2	Ich möchte, dass meine Schülerinnen und Schüler mathematische Inhalte auch an außerschulischen Lernorten vermittelt bekommen.	.752	.643		

2Dim3	Außerschulische Lernorte sollte man den Naturwissenschaften und den Gesellschafts-wissenschaften überlassen.	.622	.479		

Mathe.Forscher-Dim 3

Die dritte Skala „Mathematik sichtbar machen“ besitzt wie die beiden Skalen zuvor ebenfalls hohe korrigierte Trennschärfen der einzelnen Items und gilt insgesamt als reliabel, wie der nachfolgenden Tabelle (Tab. 5.11) entnommen werden kann.

Tab. 5.11: Skala „Mathe.Forscher-Dim3: Mathematik sichtbar machen“ (Lehrende)

Nr.	Item	Faktoren-ladung	Korr. Trenn-schärfe	Cronbachs Alpha	Antwortkategorien
3Dim1	Ich möchte, dass meine Schülerinnen und Schüler lernen, mathematische Ideen zu erläutern bzw. in Worte zu fassen.	.916	.693	.758	1=gar nicht wichtig 2=nicht wichtig 3= weder wichtig noch unwichtig 4=wichtig 5=sehr wichtig
3Dim2	Ich möchte, dass meine Schülerinnen und Schüler nicht nur lernen, Standard-aufgaben mit den Verfahren und Tech-niken zu lösen, die sie in der Schule gelernt haben, sondern auch	.807	.577		

	Probleme lösen können, die Neugierde, Kreativität und Phantasie erfordern.				
3Dim3	Ich möchte, dass meine Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, über mathematische Inhalte zu kommunizieren.	.563	.502		

Die anderen Items des Fragebogens sind durch ihre nicht sinnvoll interpretierbaren Faktorladungen unbrauchbar.

In der weiteren Untersuchung der Daten wird nur auf die drei vorgestellten Dim-Skalen zurückgegriffen.

5.2.1.2 Fragebögen der Lernenden

Die 75 einzelnen inhaltlichen Items der Fragebögen für die Schülerinnen und Schüler wurden selbst entwickelt oder aus Teilen von anderen Fragebögen entnommen (vgl. 10A.1.5) und oftmals stark verändert. Dadurch erfolgt eine eigene Analyse des gesamten Lernenden-Fragebogens, wie es im Lehrenden-Fragebogen nur in Teil B nötig war.

Wie auch bei den Fragebögen der Lehrkräfte wurden die zu Skalen verdichteten Items mit fünf Antwortkategorien im Sinne einer Likert-Skala (Bortz & Döring, 2006) versehen. Negativ-Items wurden auch hier zur Auswertung umgekehrt.

Skalenbildung und statistische Gütekriterien

Die Analyseverfahren zur Skalenbildung und die Gütekriterien entsprechen den Verfahren bei den Lehrenden-Fragebögen (Kapitel 5.2.1.1 und Tab. 5.4). Für die Studie sollte ein einheitlicher Fragebogen in allen an der Studie beteiligten Jahrgängen (Klassenstufe 3 bis 13) verwendet werden. Die Anzahl der Items sollte deshalb möglichst gering gehalten werden. In die Formel zur Berechnung von Cronbachs Alpha geht die Anzahl der Items ein. Bei geringer Itemanzahl kommt es bei gleicher mittlerer Interkorrelation zu geringeren Reliabilitäten (Schecker, 2014). Aus diesen Gründen wurden im Vergleich zu den Gütekriterien des Lehrenden-Fragebogens auch deutlich niedrigere Werte akzeptiert (Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 135; Schmitt, 1996).

Die sich daraus ergebenden Werte werden nach folgenden Gütekriterien beurteilt:

Tab. 5.12: Gütekriterien der Faktoren- und Reliabilitätsanalysen (Lernende)

Faktorladungen	werden ab .55 berücksichtigt
	in der Literatur werden Werte ab .50 (Backhaus, Erichson, Plinke, & Weiber, 2018, S. 418) und .60 (Bortz & Schuster, 2010, S. 422) angegeben
Korrigierte Trennschärfe	zwischen .30 und .50 mittel; ab .50 hoch
	(Bortz & Döring, 2006, S. 478), (Bühner, 2010, S. 140)
Innere Konsistenz (Cronbach-Alpha)	ab .70; bei geringen Itemzahlen auch darunter
	in der Literatur werden Werte ab .80 (Bortz & Döring, 2006, S. 443), gegebenenfalls auch niedrigere Testwerte akzeptiert (Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 135 ff)

Diese Gütekriterien werden nun verwendet, um die Fragebögen der Schülerinnen und Schüler auszuwerten und zu beurteilen. Die Nummerierung der Items wurde hier zwecks Übersichtlichkeit ebenfalls wie bei den Lehrenden nach Vorkommen hier in der Arbeit geändert. Die Originalfragebögen befinden sich im Anhang (10A.1).

Personenbezogene Daten

Die Schülerinnen und Schüler wurden nach dem Generieren ihres individuellen Codes nach ihrem Alter und ihrem Geschlecht gefragt. Außerdem sollten sie ihre Klassenstufe und die von ihnen besuchte Schulform angeben.

Einstellungen zu Mathematik und Mathematikunterricht und allgemein formulierte Mathe.Forscher-Inhalte

Die zu analysierenden Items wurden wie auch in Teil B der Fragebögen für die Lehrkräfte zunächst von der wissenschaftlichen Begleitung des Programms vorausgewählt. Diese Auswahl reduzierte die Anzahl der Items auf 25. Die Faktorenanalyse ergab hier 7 Faktoren, von denen drei Faktoren inhaltlich sinnvoll interpretiert werden konnten. Diese drei Faktoren werden im nachfolgenden genauer vorgestellt.

Dynamische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht

Die nachfolgende Tabelle zeigt alle Items, die der Skala „dynamische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht“ zugeordnet werden konnten (vgl. Tab. 5.13). Die Items Dyn4 und Dyn5 laden unter .550 und wurden deshalb nicht in die Reliabilitätsanalyse einbezogen. Die anderen drei Items zeigen ausreichend hohe Faktorladungen, ihre korrigierte Trennschärfe ist jeweils mit hoch zu bewerten. Die innere Konsistenz ist ausreichend.

Tab. 5.13: Skala „Dynamische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht“ (Lernende)

Nr.	Item	Faktoren-ladung	Korr. Trenn-schärfe	Cronbachs Alpha	Antwortkategorien
Dyn1	Ich überlege gerne, wie ich etwas möglichst geschickt ausrechnen kann.	.739	.620	.721	1=stimmt gar nicht 2=stimmt nicht 3= weder zutreffend noch nicht zutreffend 4=stimmt 5=stimmt genau
Dyn2	Ich finde es spannend, in Mathematik Regeln oder Tricks selber zu entdecken.	.727	.513		
Dyn3	Ich lerne Mathematik, weil ich weiß, wie sinnvoll Mathematik im Leben ist.	.642	.504		
Dyn4	Ich rechne gerne Textaufgaben.	.415			
Dyn5	Mathematik brauche ich für viele Dinge im Alltag.	.314			

Statische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht

Die Skala „statische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht“ umfasst die in der nächsten Tabelle aufgeführten Items (vgl. Tab. 5.14). Die drei zugehörigen Items zeigen ausreichend hohe Faktorladungen, ihre korrigierte Trennschärfe ist allerdings sehr gering. Die Reliabilität ist unzureichend. Die Skala wird dennoch verwendet, da die Skala aus nur drei Items besteht. Die Reliabilität kann erhöht werden, wenn mehr Items pro Skala verwendet werden. Aus Kosten-Nutzen-Abwägungen wird auf ein höher reliables Testverfahren verzichtet.

Tab. 5.14: Skala „Statische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht“ (Lernende)

Nr.	Item	Faktoren-ladung	Korr. Trenn-schärfe	Cronbachs Alpha	Antwortkategorien
Stat1	Für die Mathematik benötigt man insbesondere logisches Herleiten.	.681	.206	.359	1=stimmt gar nicht 2=stimmt nicht 3= weder zutreffend noch nicht zutreffend 4=stimmt 5=stimmt genau
Stat2	Schematische Lösungswege helfen mir bei vielen Aufgaben.	.669	.220		
Stat3	Mathematik besteht für mich nur aus Lernen, Erinnern und Anwenden.	.607	.203		

Mathe.Forscher-Dimensionen

Die dritte Skala „Mathe.Forscher-Dimensionen“ besitzt ausreichend hohe Faktorladungen bei den Items Dim1 bis Dim3 (Tab. 5.15). Die Werte des Negativitems Dim1 wurden hier zur Analyse umgekehrt. Die korrigierte Trennschärfe des Items Dim1 besitzt eine mittlere korrigierte Trennschärfe, die anderen beiden Items weisen hier einen nur geringen Wert auf. Auch der Wert Cronbachs Alpha ist zu gering um als reliabel zu gelten. Die Skala wird dennoch ebenso wie die Skala der statischen Sicht auf Mathematik verwendet.

Tab. 5.15: Skala „Mathe.Forscher-Dimensionen“ (Lernende)

Nr.	Item	Faktoren-ladung	Korr. Trenn-schärfe	Cronbachs Alpha	Antwortkategorien
Dim1	Kreativität wird in meinem Mathematik-unterricht nicht gefördert, sondern eher bekämpft.	.792	.355	.424	1=stimmt gar nicht 2=stimmt nicht 3= weder zutreffend noch nicht zutreffend 4=stimmt 5=stimmt genau
Dim2	Am Ende der Stunde fassen wir die Ergebnisse des Unterrichts zusammen.	.610	.258		
Dim3	Mathematik treiben ist für mich das Erfinden bzw. Nach-Erfinden von Mathematik.	.603	.164		
Dim4	Das Aufsuchen außerschulischer Lernorte im Mathematikunterricht finde ich spannend.	.408			

Der Fragbogen beinhaltete als weiteren Abschnitt die nachfolgenden beiden Items in offenem Antwortformat (Tab. 5.16).

Tab. 5.16: positive/negative Aspekte am eigenen Mathematikunterricht (Lernende_Pilotierung)

Nr.	Item	Antwortkategorien
MU_pos	Nenne ein bis drei Dinge, die du an deinem Mathematikunterricht gut findest:	Erstens: Zweitens: Drittens: (Antwortformat offen)
MU_neg	Nenne ein bis drei Dinge, die du an deinem Mathematikunterricht weniger gut findest:	

Die Antworten dieser Items fanden in der Hauptuntersuchung gesondert Beachtung (vgl. Tab. 5.19, S. 161).

Unter forschungspragmatischen Gesichtspunkten wurde trotz der teilweise geringen Kennzahlen entschieden, die oben vorgestellten Skalen weiter zu verwenden. Die Aussagekraft der Ergebnisse kann durch die geringere als gewünschte Reliabilität verzerrt oder geschwächt werden. Bei der Interpretation sollte dieser Aspekt beachtet werden. Einzelne Items werden außerdem im Sinne adaptiver Testverfahren gesondert betrachtet.

5.2.1.3 Interviews der Lernenden

Der Interviewleitfaden (zu finden im Anhang unter 10A.2.1) startete wie schon der Fragebogen mit allgemeinen Fragen nach personenbezogenen Daten. Nach dieser kurzen Aufwärmphase wurde der Fokus auf das

Programm Mathe.Forscher gelegt. Die Gespräche wurden mit digitalen Aufnahmegeräten aufgenommen und diese Audiodateien anschließend transkribiert. Die Themenfelder wurden mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring kodiert (Mayring, 2010).

Hussy et. al. definieren die Inhaltsanalyse als systematisches und datenreduzierendes Verfahren, das Segmente von gegebenem Material einem Kategoriensystem zuordnet und meist von zwei unabhängig Codierenden vorgenommen wird (Hussy, Schreier, & Echterhoff, 2013). Ganz allgemein beschäftigt sich eine Inhaltsanalyse mit fixierter Kommunikation wie Texten, sie kann aber auch visuelles Material analysieren (Hussy, Schreier, & Echterhoff, 2013, S. 259). Deren Analyse erfolgt systematisch, regel- und theoriegeleitet mit dem Ziel, Rückschlüsse auf bestimmte Aspekte der Kommunikation ziehen zu können (Mayring, 2010, S. 13). Zu unterscheiden sind hierbei die qualitative und die quantitative Inhaltsanalyse, wobei eine dichotome Trennung dabei nicht möglich ist. Oft werden qualitative und quantitative Ansätze gleichzeitig verwendet, die Inhaltsanalyse steht somit zwischen qualitativer und quantitativer Forschung (Hussy, Schreier, & Echterhoff, 2013, S. 256). Die qualitative Analyse verfolgt einen verstehenden Ansatz, der sich auf das Besondere bezieht und eher induktiv vorgeht, während die quantitative Analyse eher erklärend arbeitet und sich deduktiv dem Allgemeinen widmet (Mayring, 2010, S. 19).

Schwerpunkte der qualitativen Inhaltsanalyse sind unter anderem die Hypothesenfindung und Theoriebildung, die Vertiefung von Kenntnissen z.B. durch Ergänzung von zu kurz geratenen Informationen oder unklar gebliebenen Themenbereichen, die Auswahl von Variablen für die Erstellung von Typologien oder auch die Hypothesen- und Theorieprüfung (Mayring, 2010, S. 22-25).

Bei der zusammenfassenden Inhaltsanalyse nach Mayring (Mayring, 2010, S. 68) wird versucht, unter Berücksichtigung allen Materials die gemachten Aussagen auf das Wesentliche zu reduzieren. Darauf aufbauend leitet die induktive Kategorienbildung beim zusammenfassenden Verallgemeinerungsprozess ein System an Kategorien zu einem bestimmten Themenfeld ab (Mayring, 2010, S. 85 ff.). Die Analyse der Interviews der hier vorliegenden Studie wurde bezüglich zweier Themenfelder im Sinne der induktiven Kategorienbildung als zusammenfassende Inhaltsanalyse durchgeführt. Die beiden Themenfelder I: Mathematik und Lebenswelt („ML“) und II: Freude im Mathematikunterricht („F“) durchliefen jeweils die Stufen des von Mayring aufgestellten Prozessmodells induktiver Kategorienbildung (vgl. Abb. 5.2). Die Pilotierung umfasste dabei die Stufen eins bis vier dieses Prozessmodells.

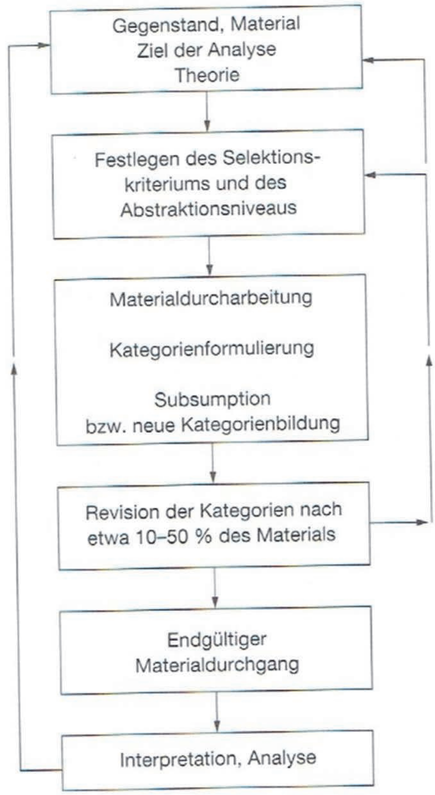


Abb. 5.2: Prozessmodell induktiver Kategorienbildung (Mayring, 2010, S. 86)

Der Prozess der induktiven Kategorienfelder wurde für beide Themenfelder getrennt durchlaufen. Ausgehend von den in Kapitel 4 vorgestellten Forschungshypothesen wurde auf der ersten Stufe für jedes Themenfeld jeweils das Ziel der Analyse festgelegt. Das Ziel der Analyse bezüglich Themenfeld I waren Kategorien zur Beantwortung der Frage: „Welche Kontexte werden während der Programmteilnahme mit Mathematik oder Mathematikunterricht verknüpft?“. Zu Themenfeld II wurden Aspekte im

Ausgangsmaterial gesucht, die sich auf die Frage „Empfinden die Schülerinnen und Schüler Freude in Bezug auf ihren Mathematikunterricht während der Teilnahme am Programm Mathe.Forscher?“.

Die zweite Stufe der induktiven Kategorienbildung umfasst die Festlegung von Selektionskriterium und Abstraktionsniveau. Zu beiden Themenfeldern sollten Aussagen bezüglich der Beantwortung der Fragen ausgewählt werden, die subjektiv erfahren wurden. Das Abstraktionsniveau sollte so gehalten werden, dass individuelle Empfindungen des jeweils Interviewten (Themenfeld II) bzw. individuell erkannte Querbezüge (Themenfeld I) erfasst werden sollten, ohne konkrete Situationen als eigenständige Kategorie zu benennen. Pauschale Vermutungen wurden hier nicht beachtet. Das Abstraktionsniveau wurde somit auf eine mittlere Ebene festgelegt.

Auch die Analyseeinheiten (Kodiereinheit, Kontexteinheit und Auswertungseinheit) müssen festgelegt werden (Mayring, 2010, S. 61, 87, 88). Der kleinste Materialbestandteil, der ausgewertet wurde, war bei beiden Themenfeldern ein klares bedeutungstragendes Element im Text (Kodiereinheit). Die Kontexteinheit, also der größte auszuwertende Textteil, wurde festgelegt auf das aufgenommene Interview eines Schülers bzw. einer Schülerin. Zusätzliche Notizen wurden nicht ausgewertet. Die Auswertungseinheit wurde für beide Themenfelder auf alle 38 Interviews festgelegt.

In einem ersten Durchlauf wurden so die Kategorien formuliert und evtl. subsumiert (Stufe drei der induktiven Kategorienbildung). Die vierte Stufe umfasst die Überprüfung des Kategoriensystems jeden Themenfeldes auf Sinnhaftigkeit unter Rückbezug auf das Ziel der Analyse. Sollte es hierbei zu Abweichungen kommen, müssen die Kategorien bzw. das Selektionskriterium und das Abstraktionsniveau angepasst und das Material erneut durchgegangen werden (Mayring, 2010, S. 87). Die finalen Kodierleitfäden befinden sich im Anhang (10A.2.3).

Die Intercoderreliabilität des Kategoriensystems wurde mit dem Koeffizienten Cohens Kappa ermittelt (Hammann, Jördens, & Schecker, 2014). Im Vergleich zur einfachen prozentualen Übereinstimmung zweier Kodierender bereinigt der Cohens Kappa Wert die prozentuale Übereinstimmung um Zufallsüberschneidungen bei der Kodierung (Bortz & Döring, 2016, S. 567). Bortz und Döring (Bortz & Döring, 2006) bewerten Kappa-Werte zwischen .40 und .60 als ausreichend, Werte zwischen .60 und .75 als gut und Werte über .75 als sehr gut. Die Kategoriensysteme werden nachfolgend auf diese Gütekriterien untersucht.

Themenfeld I: Mathematik und Lebenswelt („ML“)

Unter diesem Themenfeld wurden die Transkripte der Lernenden nach 5 Kategorien kodiert (vgl. Tab. 5.17). Der Kategorienleitfaden von diesem Themenfeld kann mit einem Kohens Kappa-Wert von 0.77 als sehr gut beurteilt werden.

Tab. 5.17: Kategorien ML1 bis ML5 der Interviews (Lernende)

ML1	mathematische Aspekte über den Mathematikunterricht hinaus im schulischen Kontext erkennbar a: mit konkretem Bezug zum Programm Mathe.Forscher b: ohne konkreten Bezug zum Programm Mathe.Forscher
ML2	mathematische Aspekte über den Mathematikunterricht hinaus im außerschulischen Kontext erkennbar a: mit konkretem Bezug zum Programm Mathe.Forscher b: ohne konkreten Bezug zum Programm Mathe.Forscher
ML3	keine mathematischen Aspekte über den Mathematikunterricht hinaus erkennbar
ML4	mathematische Aspekte über den Mathematikunterricht hinaus ohne Begründung erkennbar
ML5	keine Einordnung möglich

Themenfeld II: Freude im Mathematikunterricht („F“)

In einem letzten Durchgang wurden die Interviews der Lehrpersonen nach Aussagen zur Freude der Schülerinnen und Schüler an Matheunterricht oder Mathe.Forscher-Aktivitäten untersucht. Folgende Kategorien standen hier zur Auswahl (vgl Tab. 5.18).

Tab. 5.18: Kategorien F1 bis F6 der Interviews (Lernende)

F1	empfundene Freude während Ma.Fo, die sich auch auf den RU auswirkt
F2	empfundene Freude während Ma.Fo, die sich ausschließlich auf das Projekt bezieht
F3	empfundene Freude während Ma.Fo
F4	empfundene Freude während Ma.Fo, aber nicht begründet
F5	wenig oder kein Gefallen an Ma.Fo
F6	keine eindeutige Aussage

Der Kategorienleitfaden von diesem Themenfeld kann mit einem Kohens Kappa-Wert von 0.79 ebenfalls als sehr gut beurteilt werden.

Der fünfte und sechste Block des Prozessmodells induktiver Kategorienbildung (Abb. 5.2, S. 156) beinhalten die endgültige Materialsichtung und die anschließende Diskussion der Ergebnisse. Die Ergebnisse dieser finalen Sichtung erfolgten im Rahmen der Hauptuntersuchung und finden sich in Kapitel 6.2.2, 6.2.3 und 6.2.4 ab Seite 211. Die Ergebnisdiskussion mit Rückbezug zum theoretischen Hintergrund findet in Kapitel 7 (ab Seite 223) statt.

5.2.2 Hauptuntersuchung

Sowohl die Fragebögen als auch die Interviewleitfäden resultieren aus den Ergebnissen der Pilotierung. Im Nachfolgenden werden die Änderungen der Fragebögen und der Interviewleitfäden aufgeführt. Die Kontrollgruppe erhielt die gleichen Fragebögen wie die Experimentalgruppe. Interviews wurden nur in der Experimentalgruppe geführt.

5.2.2.1 Fragebögen

In der Hauptuntersuchung wurden die durch Kürzung auf Grund der Auswertung in der Pilotierung (Kapitel 5.2.1) entstandenen Fragebögen verwendet. Der Fragebogen der Lehrenden wurde nur gekürzt, die übernommenen Items wurden nicht verändert. Die Skalen finden sich in den jeweiligen Kapiteln der Pilotierung (Kapitel 5.2.1.1). Der Fragebogen der Lernenden wurde auf Grund der Auswertung in der Pilotstudie ebenfalls gekürzt (Kapitel 5.2.1.2). Zusätzlich zu den gekürzten Skalen wurden die Items im Lernenden-Fragebogen zu positiven und negativen Aspekten bzgl. des Mathematikunterrichts verändert und in die Fragebögen der Hauptuntersuchung übernommen. Die Items aus der Pilotierung in offenem Antwortformat (Tab. 5.16, S. 153) wurden zu Multiple-Choice-Items mit anschließender Kommentar-Möglichkeit (Tab. 5.19). Hierzu wurden die Antworten aus der Pilotierung analysiert und die am häufigsten vorkommenden Antworten aufgeführt.

Tab. 5.19: positive/negative Aspekte am eigenen Mathematikunterricht (Lernende_Hauptuntersuchung)

Nr.	Item	Antwortkategorien
MU_pos	Kreuze bis zu drei Dingen an, die du an deinem Mathematikunterricht gut findest. Mir gefällt...	..., dass wir interessante Themen behandeln. ..., dass wir auch mal Gruppenarbeit machen. ..., dass es immer eine Lösung gibt. ..., dass wir einen guten Lehrer/ eine gute Lehrerin haben. ..., dass man Knobelaufgaben lösen kann. ..., dass wir selbst Sachen herausfinden dürfen. ..., dass wir auch Aufgaben lösen, die man im Leben gebrauchen kann.
	Gibt es noch etwas, dass du sehr gut findest? Dann schreibe es hier auf:	(Antwortformat offen)
MU_neg	Kreuze bis zu drei Dinge an, die du an deinem Mathematikunterricht überhaupt nicht magst.	...nicht, dass man auch Textaufgaben lösen muss.

	Ich mag...	...nicht, dass wir nie in Gruppen arbeiten. ...nicht, dass die Aufgaben so schwierig sind. ...nicht, dass viele Aufgaben nichts mit meinem Leben zu tun haben. ...unseren Lehrer/unsere Lehrerin nicht. ...nicht, dass die Themen so langweilig sind.
	Gibt es noch etwas, das du überhaupt nicht an Mathe oder Mathematikunterricht magst? Dann schreibe es hier auf:	(Antwortformat offen)

Die Kontrollgruppen erhielten die gleichen Fragebögen wie die Experimentalgruppe gekürzt um die spezifischen Mathe.Forscher-Fragen.

5.2.2.2 Interviews

Die Interviewleitfäden der Lernenden (vgl. Kapitel 5.2.1.3) wurden nur leicht verändert. Die Kodierleitfäden blieben erhalten. Die Versionen der Pilotierung und der Hauptuntersuchung beider Gruppen befinden sich im Anhang unter 10A.2 ab Seite 367.

5.3 Bildung und Beschreibung der Analysestichproben

5.3.1 Übersicht aller Teilnehmenden

Die nachfolgende Tabelle listet die Gesamtzahlen der zurückerhaltenen Fragebögen und geführten Interviews zusammengefasst nach Schulform auf (Tab. 5.20). In der letzten Spalte „Fb 1u2u3“ steht die Anzahl der Befragten, die an allen drei Fragebogenerhebungen teilgenommen haben.

Tab. 5.20: Stichprobengröße der Lehrkräfte (L) und Schulkinder (S) sortiert nach Schulart

Gruppe (Befragungsart)	Schulform	Runde 1 (Jan-Feb 2016)	Runde 2 (Nov-Dez 2016)		Runde 3 (Jun-Jul 2017)		
		Fb	Fb	I	Fb	I	Fb 1u2u3
Lehrkräfte-EG	GY_EG	12	12	-	12	-	
	WRS_EG	2	3	-	1	-	
	GeS_EG	-	5	-	4	-	
	GrS_EG	4	4	-	4	-	
	kA_EG	-	-	-	1	-	
	gesamt_EG	18	24	-	22	-	4
Schulkinder-EG	GY_EG	231	238	8	177	14	
	WRS_EG	21	87	2	20	-	
	RS_EG	-	26	2	-	-	
	GeS_EG	-	56	-	69	-	
	GrS_EG	99	111	4	110	8	
	kA_EG	10	10	-	2	-	
	gesamt_EG	361	528	16	378	22	29

Lehrkräfte-KG	GY_KG	4	7	-	6	-	
	HRS_KG	1	1	-	1	-	
	GrS_KG	-	3	-	3	-	
	gesamt_KG	5	11	-	10	-	4
Schulkinder-KG	GY_KG	123	211	-	174	-	
	HRS_KG	16	20	-	20	-	
	GrS_KG	-	48	-	54	-	
	kA_KG	4	5	-	-	-	
	gesamt_KG	143	284	-	248	-	8

Von insgesamt 43 verschiedenen befragten Lehrkräften in der Experimental- und 13 verschiedenen befragten Lehrkräften in der Kontrollgruppe gab es in Verbindung mit den Fragebögen der Klassen und den Interviews in beiden Gruppen fünf verschiedene Kombinationen der Teilnahme. Die nachfolgende Tabelle (Tab. 5.21) stellt die verschieden auftretenden Kombinationen mit der Anzahl des Vorkommens dar. Manche Lehrkräfte nahmen mit mehreren Klassen an der Fragebogenerhebung teil, allerdings wurden teils nur aus einer Klasse Schulkinder interviewt. Die Summe der Befragungskombinationen (EG = 77, KG = 30) ist deshalb höher als die Anzahl der befragten Lehrkräfte.

Tab. 5.21: Befragungskombinationen

EG / KG	L-Fb	S-Fb	S-I	gesamt
EG	x	.	.	26
EG	.	x	.	17
EG	.	x	x	4
EG	x	x	.	10

EG	x	x	x	20
KG	x	.	.	2
KG	.	x	.	1
KG	x	x	.	27

Geplant war eine Analyse der Daten zu drei Erhebungszeitpunkten in Klassensätzen in Verknüpfung mit den Daten der zugehörigen Lehrpersonen. Damit sollte untersucht werden, ob sich durch die Teilnahme am Programm über die gesamte Laufzeit von eineinhalb Jahren Änderungen in der Einstellung gegenüber Mathematik bei den Lehrenden aber vor allem bei den Lernenden feststellen lassen. Die in diesem Kapitel vorgestellten Zahlen machen deutlich, dass eine Auswertung der Daten wie ursprünglich geplant nicht sinnvoll umgesetzt werden konnte, da die Stichprobe sonst zu gering wäre. Die Befragten wurden deshalb in verschiedene Gruppen unterteilt, die im folgenden Kapitel detailliert vorgestellt werden.

5.3.2 Gruppeneinteilung der Stichprobe

Die unterschiedlichen Rücklaufquoten machten es notwendig, die Teilnehmenden in Gruppen einzuteilen. Die Ergebnisse wurden dann bezogen auf die unterschiedlichen Gruppen analysiert. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht der Gruppeneinteilung (Tab. 5.22). Pretest beschreibt den pro Gruppe jeweils ersten Test, Posttest dementsprechend den pro Gruppe jeweils letzten Test (in der Experimentalgruppe somit nach mindestens einer Teilnahme an einer Mathe.Forscher-Aktivität).

Gruppe 1: 1.MZP

Die erste Gruppe setzt sich aus allen Fragebögen zusammen, die vor der ersten Durchführung von Mathe-Forscher-Aktivitäten ausgefüllt wurden. In der Kontrollgruppe umfasst diese Gruppe alle Befragten, die zum ersten Mal einen Fragebogen ausgefüllt haben. Es handelt sich also um einen Zusammenschluss aller individuellen 1. Messzeitpunkte, die zu allen drei Erhebungszeiträumen möglich sein können.

Gruppe 2: A1,5

Nur ein sehr geringer Teil der Befragten nahm an allen drei Erhebungsrunden teil. Die zweite Gruppe bilden somit diejenigen Befragten, die an mindestens der ersten und der dritten Erhebungsrunde teilnahmen, somit also in einem Abstand von 1;6 Jahren befragt wurden.

Gruppe 3: A0,75

Die dritte Gruppe nahm an zwei Befragungen im Abstand von 0;9 Jahren teil. Diese Gruppe setzt sich also aus den Befragten der ersten und zweiten Erhebungsrunde sowie der zweiten und dritten Erhebungsrunde zusammen. Letztere wurden nur dann in die Gruppe aufgenommen, wenn vor der zweiten Erhebungsrunde keine Mathe.Forscher-Aktivitäten umgesetzt wurden.

Tab. 5.22: Übersicht der Gruppeneinteilung zur Analyse der erhobenen Daten

EG/KG	Gruppe	L-Fb	S-Fb
EG	1.MZP	36	748
EG	A1,5	5	36
EG	A0,75	13	251
KG	1.MZP	13	469
KG	A1,5	4	26
KG	A0,75	9	180

Die Tabelle zeigt eine sehr hohe Panel-Mortalität, die Stichproben werden teilweise zu gering, um sie aussagekräftig auswerten zu können. Bei den Schülerinnen und Schülern werden die Gruppen A1,5 und A0,75 analysiert. Die beiden A0,75- Gruppen haben allerdings eine deutlich höhere Testpower und werden deshalb als aussagekräftiger eingestuft. Bei den Lehrerinnen und Lehrern sind die Teststärken der A1,5-Gruppen mit n=5 und n=4 zu gering, um sinnvoll ausgewertet werden zu können. Hier werden nur die beiden A0,75-Gruppen betrachtet und vor dem Hintergrund analysiert, dass sie mit n=13 und n=9 eine immer noch sehr schwache Teststärke aufweisen.

Die Interviews wurden zu zwei Zeitpunkten durchgeführt, im Oktober 2016 und im Juli 2017 (Tab. 5.23). Alle Interviews wurden nach mindestens einer Mathe.Forscher-Aktivität durchgeführt. Alle Gespräche mit Schulkindern fanden nach der Programmlaufzeit von einem Jahr in dieser Klasse statt. Keines der befragten Schulkinder wurde somit zweimal interviewt und keines der interviewten Schulkinder nahm länger als ein Schuljahr am Programm Mathe.Forscher teil. Sie werden deshalb in einer Gruppe zusammengefasst.

Tab. 5.23: Übersicht der geführten Interviews

Gruppenname	Anzahl
I2	16
I3	22
gesamt	38

5.4 Auswertungsverfahren

Die Auswertung der durch die Fragebögen ermittelten Daten erfolgte mittels Varianzanalyse. Um Unterschiede zwischen unabhängigen Stichproben wie hier Experimental- und Kontrollgruppe aufzuzeigen, wurde die einfaktorielle Varianzanalyse angewendet (ANOVA) (Bortz & Döring, 2016, S. 709). Die einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung wird benutzt um Unterschiede innerhalb einer Stichprobe zu verschiedenen Messzeitpunkten aufzuzeigen. Sie wurde deshalb sowohl auf die Daten der Experimentalgruppe als auch auf die Kontrollgruppendaten angewendet.

Zusätzlich wurde bei den Lernenden mittels Kovarianzanalyse (ANCOVA) untersucht, ob sich ein Geschlechterunterschied zwischen Experimental- und Kontrollgruppe erkennen lässt.

Voraussetzungen für die Varianzanalyse mit Messwiederholung sind (Bortz & Döring, 2016, S. 705 ff):

1. Die Daten müssen metrisch skaliert sein.
2. Die Residuen müssen normalverteilt sein.
3. Die Varianzen von Experimental- und Kontrollgruppe müssen homogen sein.

Die Daten der Fragebögen wurden mittels Likert-Skalen erhoben. Diese gelten als quasimetrisch. Voraussetzung 1 ist somit erfüllt.

Zu jeder Skala werden im Rahmen der Auswertung die Histogramme und die Q-Q-Diagramme grafisch auf Normalverteilung untersucht. Das Histogramm der Messwerte einer Skala sollte dafür eine annähernde Glockenkurve aufzeigen. Die Q-Q-Plots weisen auf Normalverteilung hin, wenn die Messwerte annähernd auf einer Geraden liegen.

Zur Überprüfung der Varianzhomogenität wird zu den einzelnen Skalen der Levene-Test durchgeführt. Beim Levene-Test wird die Nullhypothese geprüft, dass sich die Varianzen der Experimental- und der Kontrollgruppe nicht unterscheiden. Ist der Levene-Test nicht signifikant auf dem 5%-Niveau, so kann von homogenen Varianzen ausgegangen (Backhaus, Erichson, Plinke, & Weiber, 2018, S. 195).

Zeigt die Varianzanalyse signifikante Unterschiede auf dem 5%-Niveau zwischen den Gruppen auf, so wird anschließend die Effektstärke der Unterschiede berechnet. Die Standardmethode zur Ermittlung der Effektstärke ist die Berechnung des f-Wertes (Cohen, 1988), der wie folgt mittels partiellem Eta-Quadrat η^2 errechnet wird:

$$f = \sqrt{\frac{\eta^2}{1-\eta^2}}\ .$$

Die Gütekriterien werden wie folgt interpretiert: Werte bis .25 gelten als kleiner Effekt, Werte bis .40 gelten als mittlerer Effekt, Werte ab .40 gelten als großer Effekt (Cohen, 1988, S. 285).

Das Ankreuzverhalten zu dem Item „Mir gefällt, dass wir auch Aufgaben lösen, die man im Leben gebrauchen kann.“ wird mit dem McNemar-Test statistisch überprüft. Dieser wird für Pre-Post-Designs verwendet, bei denen die Stichproben demnach abhängig und die Variablen bei der Auswertung dichotom gezählt werden (Thyer, 2009, S. 97). Der McNemar-Test prüft mittels Chi²-Test (siehe weiter unten), ob Veränderungen statistisch bedeutsam sind. Die Effektgröße bei signifikantem McNemar-Test ermittelt der w-Wert. Er berechnet sich mit

$w = \sqrt{\frac{\chi^2}{n}}$, wobei n für die Stichprobengröße steht.

Werte bis .30 gelten als kleiner Effekt, Werte bis .50 gelten als mittlerer Effekt, Werte ab .50 gelten als großer Effekt (Cohen, 1992, S. 157).

Die verschiedenen Auswertungsverfahren und deren Gütekriterien sind in der nachfolgenden Tabelle (Tab. 5.24) nochmals zusammengefasst.

Tab. 5.24: Gütekriterien der Auswertungsverfahren

Signifikanz der Varianzanalyse	signifikant unter dem 5%-Niveau, hoch signifikant unter dem 1%-Niveau (Bortz & Döring, 2016, S. 668, 868)
Effektstärke bei signifikanter Varianzanalyse (Cohens f)	von .10 bis .25 klein; zwischen .25 und .40 mittel; ab .40 groß (Cohen, 1988, S. 285), (Bortz & Döring, 2016, S. 821)

Signifikanz nach McNemar	signifikant unter dem 5%-Niveau, hoch signifikant unter dem 1%-Niveau (Bortz & Döring, 2016, S. 668, 868)
Effektstärke bei signifikantem McNemar-Test (w-Wert)	von .10 bis .30 klein; zwischen .30 und .50 mittel; ab .50 groß (Cohen, 1992, S. 157), (Bortz & Döring, 2016, S. 821)
Chi²-Test	signifikant unter dem 5%-Niveau (Leonhart, 2010, S. 137)
Effektstärke bei signifikantem Chi²-Test (w-Wert)	von .10 bis .30 klein; zwischen .30 und .50 mittel; ab .50 groß (Cohen, 1992, S. 157), (Bortz & Döring, 2016, S. 821)

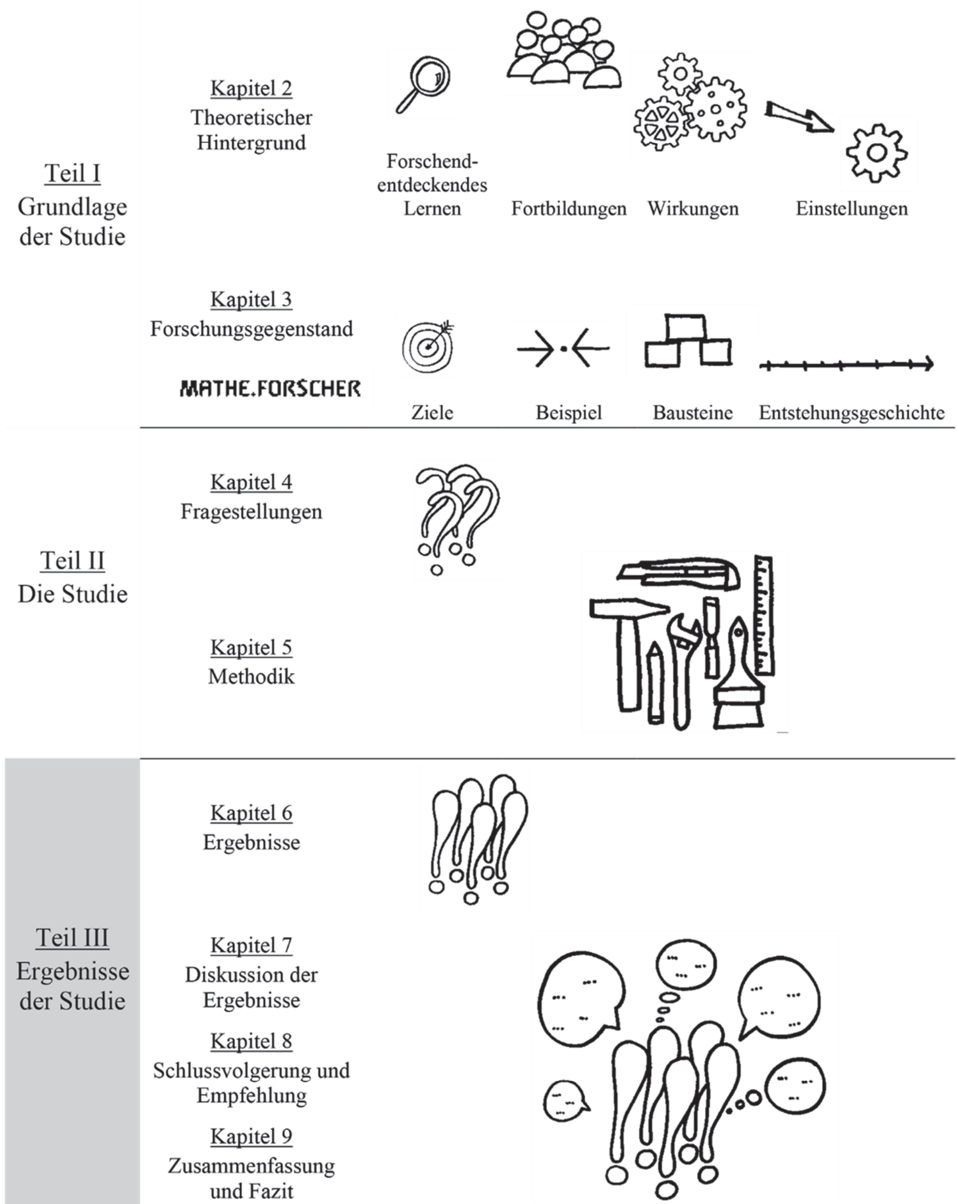
Wie schon unter Kapitel 5.2.1.3 ab Seite 153 beschrieben, wurden die Interviews mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (Mayring, 2010) ausgewertet. Die einzelnen Kategorien der unterschiedlichen Themenfelder wurden somit erstellt und die befragten Schülerinnen und Schüler danach den unterschiedlichen Ausprägungen der Themenfelder zugeordnet.

Um einen möglichen Zusammenhang der beiden nominalskalierten Themenfelder statistisch zu überprüfen, wird der Chi²-Test verwendet. Es wird die Nullhypothese überprüft, dass zwischen den beiden Variablen Unabhängigkeit besteht. Der Ch²Test vergleicht dabei die empirische Häufigkeitsverteilung mit einer erwarteten Verteilung. Die Differenz der Werte wird auf Signifikanz geprüft (Leonhart, 2010, S. 137). Es wird damit getestet, ob ein vermuteter Zusammenhang nur zufällig in der

Stichprobe auftaucht oder sich auf die Grundgesamtheit übertragen lässt (Backhaus, Erichson, Plinke, & Weiber, 2018, S. 347). Seine Effektgröße wird analog zum Mc-Nemar-Test mit dem w-Wert ermittelt (Cohen, 1988, S. 223), wobei Werte bis .30 als kleiner Effekt, Werte bis .50 als mittlerer Effekt und Werte ab .50 als großer Effekt (Cohen, 1992, S. 157) gelten (vgl. Tab. 5.24).

5.5 Verwendete Programme

Zur Auswertung der Daten wurden die Programme SPSS, Excel und QCAmap verwendet.



Teil I
Grundlage der Studie
Kapitel 2
Theoretischer Hintergrund
Forschend-entdeckendes Lernen
Fortbildungen
Wirkungen
Einstellungen
Kapitel 3
Forschungsgegenstand
MATHE.FORSCHER
Ziele
Beispiel
Bausteine
Entstehungsgeschichte
Teil II
Die Studie
Kapitel 4
Fragestellungen
Kapitel 5
Methodik
Teil III
Ergebnisse der Studie
Kapitel 6
Ergebnisse
Kapitel 7
Diskussion der Ergebnisse
Kapitel 8
Schlussvolgerung und Empfehlung
Kapitel 9
Zusammenfassung und Fazit

Teil III – Ergebnisse der Studie

Der dritte und letzte Teil dieser Studie befasst sich mit deren Ergebnissen. Sie werden auf Grundlage des Theoretischen Hintergrunds diskutiert, über den theoretischen Hintergrund hinaus erläutert und in einem abschließenden Fazit zusammengefasst.

Kapitel 6 führt die Ergebnisse der Studie auf, die durch die in Kapitel 5.4 erläuterten Auswertungsverfahren gewonnen wurden.

Kapitel 7 diskutiert die gewonnen Ergebnisse auf Basis der in Teil I vorgestellten Grundlage der Studie.

Kapitel 8 beschäftigt sich mit Schlussfolgerungen auf Grundlage der Ergebnisse. Diese Erläuterung geht über die in Teil I vorgestellten theoretischen Grundlagen hinaus. Es folgen Empfehlungen zum Umgang mit den Ergebnissen und ein Ausblick anschließender Forschungsmöglichkeiten.

Kapitel 9 fasst die vorangegangenen Kapitel zusammen.

6 Ergebnisse

Die Präsentation der Ergebnisse ist kapitelweise einheitlich gegliedert. Zunächst werden die einzelnen Hypothesen in Unterkapiteln geprüft. (Kapitel 6.1.1 bis 6.1.3 bzw. Kapitel 6.2.1 bis 6.2.3). Hierzu erfolgt zunächst eine deskriptive Auswertung, anschließend wird nach der Überprüfung der Voraussetzungen die Varianzanalyse ausgewertet. Die beiden Kapitel 6.1.4 und 6.2.5 fassen die Ergebnisse zu jeder Forschungsfrage nach der Hypothesenprüfung kurz zusammen.

6.1 Ergebnisse zu Forschungsfrage 1

Die Frage

„Wirkt das Programm Mathe.Forscher auf die Einstellung der Lehrerinnen und Lehrer gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht?“

soll anhand von drei Hypothesen beantwortet werden.

6.1.1 Hypothese 1.1: Statische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht

Die Hypothese 1.1 war folgendermaßen formuliert.

H1.1:	Durch die Teilnahme am Programm Mathe.Forscher wird die statische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht schwächer.

Die statische Sicht auf Mathematik fasst die beiden Skalen Formal-Aspekt und Schema-Aspekt zusammen.

Formal-Aspekt

Betrachten wir zunächst die deskriptive Auswertung des Formal-Aspekts (Tab. 6.1). Die Stichprobe der Experimentalgruppe mit n=13 zeigt zum Anfangs-Zeitpunkt einen Mittelwert des Formal-Aspekts von 3,53, der nach 0;9 Jahren auf 3,21 sinkt. Die Kontrollgruppe (n=9) dagegen zeigt einen leichten Anstieg der Mittelwerte von 3,36 (Zeitpunkt 0) auf 3,56 (Zeitpunkt 0;9).

Tab. 6.1: Deskriptive Statistik Formal-Aspekt

Deskriptive Statistiken

	EGuKG	Mittelwert	Standardabweichung	N
0	EG	3,5321	,56164	13
	KG	3,3611	,80147	9
	Gesamt	3,4621	,65754	22
0;9	EG	3,2115	,53858	13
	KG	3,5556	,68211	9
	Gesamt	3,3523	,61071	22

Es lässt sich vermuten, dass die Zustimmung zum Formal-Aspekt in der Experimentalgruppe sinkt, wohingegen sie in der Kontrollgruppe ansteigt. Auch der Boxplot (Abb. 6.1) lässt diese Entwicklung vermuten. Beim Boxplot werden alle Mittelwerte grafisch dargestellt, wobei die Box 50 Prozent aller Werte umfasst und der Median mit einem dickeren schwarzen Balken gekennzeichnet ist. Vergleicht man die Anfangswerte (jeweils auf der linken Seite dargestellt) beider Gruppen mit den Werten nach 0;9 Jahren, so lässt die Experimentalgruppe eine sinkende Tendenz, die Kontrollgruppe dagegen eine steigende Tendenz erkennen.

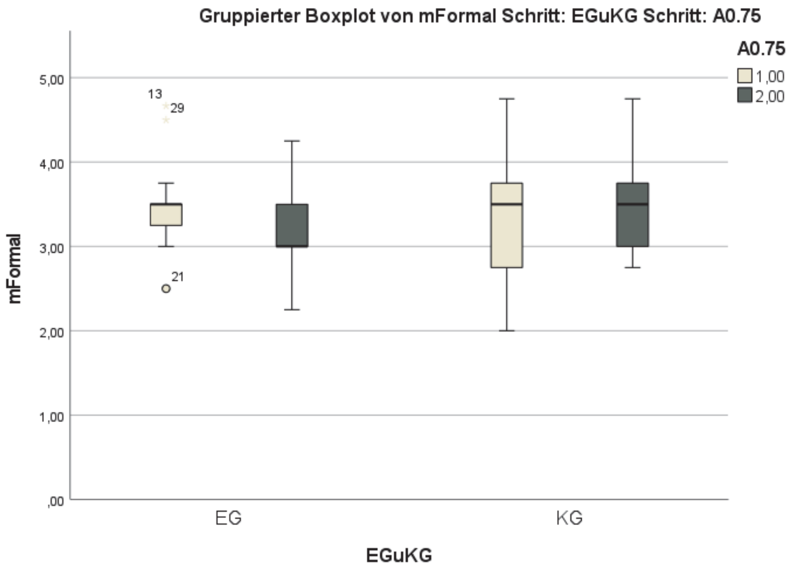


Abb. 6.1: Boxplot Mittelwerte Formal-Aspekt

Überprüfen wir die Vermutung der Unterschiedshypothese nun durch eine Varianzanalyse. Der Levene-Test ist mit einem Wert von 0.253 bzw. 0.599 nicht signifikant, die Voraussetzung der homogenen Varianzen ist somit erfüllt. Eine Betrachtung von Histogramm und Q-Q-Plot beider Messzeitpunkte (Abb. 6.2) zeigt die annähernde Normalverteilung der Residuen, somit ist auch diese Voraussetzung erfüllt.

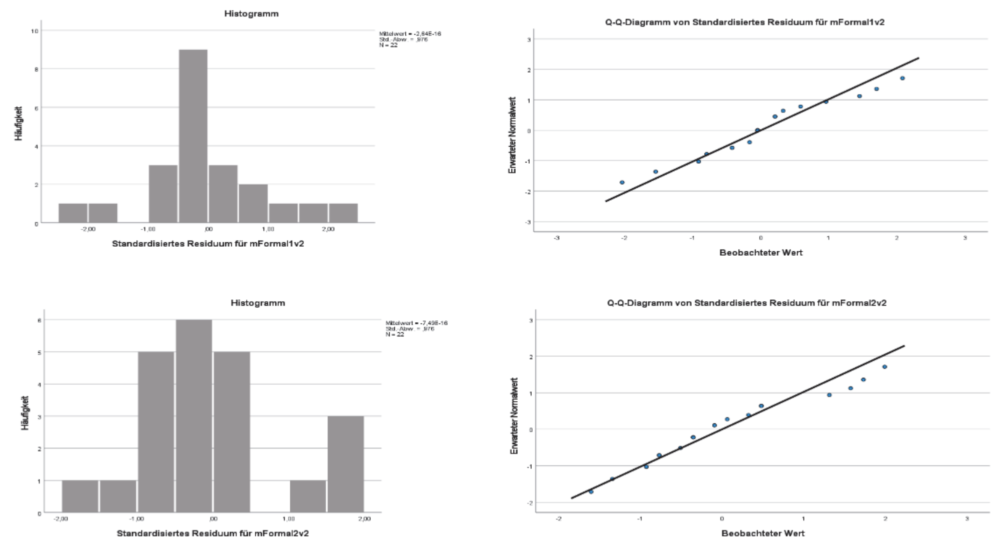


Abb. 6.2: Histogramme und Q-Q-Plots Formal-Aspekt

Bei der Varianzanalyse mit Messwiederholung konnten keine statistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen Experimentalgruppe und Kontrollgruppe für den Formal-Aspekt nachgewiesen werden (F(1, 20)=3.303; p=.084). Auch der Haupteffekt zeigt kein signifikantes Ergebnis (F(1, 20)=.198; p=.661).

Beim Test der Zwischensubjekteffekte ergab sich ein p-Wert von 0.718. Das bedeutet, dass es auch keinen signifikanten Gruppenunterschied bezogen auf den Formal-Aspekt ohne Berücksichtigung des Zeitaspekts gibt. Der Wert sinkt allerdings bei steigender Stichprobengröße, was vor dem Hintergrund der geringen Stichprobengröße beachtet werden sollte.

Schema-Aspekt

Die deskriptive Auswertung des Schema-Aspekts (Tab. 6.2) macht deutlich, dass der Anfangswert der Experimentalgruppe (n=13) von 3,23 nach 0;9 Jahren um etwa 0,2 auf 3,02 sinkt, wohingegen die Kontrollgruppe (n=9) im Abstand von 0;9 Jahren einen Anstieg um etwa 0,35 von 3,11 auf 3,47 zeigt. Bemerkenswert ist die Standardabweichung, die bei der Experimentalgruppe mit 0,59 und 0,41 jeweils etwa nur halb so groß ist wie die jeweilige Standardabweichung in der Kontrollgruppe mit 1,13 und 1,03. Die Zustimmung zum Schema-Aspekt schwankt in der Kontrollgruppe stärker als in der Experimentalgruppe. Hier wird die Zustimmung vom Pre- zum Posttest sogar homogener.

Tab. 6.2: Deskriptive Statistik Schema-Aspekt

Deskriptive Statistiken

	EGuKG	Mittelwert	Standardabweichung	N
0	EG	3,2308	,59039	13
	KG	3,1111	1,12577	9
	Gesamt	3,1818	,82801	22
0;9	EG	3,0192	,41409	13
	KG	3,4722	1,02656	9
	Gesamt	3,2045	,74257	22

Analog zum Formal-Aspekt lässt sich auch hier vermuten, dass die Zustimmung zum Schema-Aspekt in der Experimentalgruppe sinkt, wohingegen sie in der Kontrollgruppe ansteigt. Durch den Boxplot scheint dies bekräftigt (Abb. 6.3). Box und Median scheinen bei der Experimentalgruppe bei der 2. Datenerhebung tiefer zu liegen als bei der Anfangserhebung. Box und Median der Kontrollgruppe zeigen den gegenteiligen Effekt: Beide wandern aufwärts. Auch das homogenere Antwortverhalten der Experimentalgruppe verglichen mit der Kontrollgruppe zeigt sich bei der grafischen Veranschaulichung. Die Boxen der Kontrollgruppe sind deutlich höher als in der Experimentalgruppe, was die Daten von jeweils 50% der Befragten umfasst. Die Spannweite der Kontrollgruppe ist annähernd doppelt so groß wie die Spannweite der Experimentalgruppe.

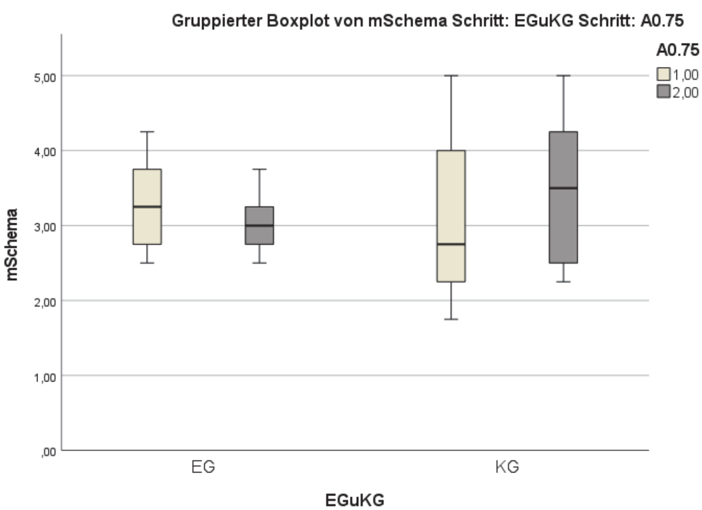


Abb. 6.3: Boxplot Mittelwerte Schema-Aspekt

Auch hier soll die Varianzanalyse Klarheit schaffen, ob die Unterschiedsvermutung zutrifft und falls ja, wie stark der Effekt einzustufen ist. Der Levene-Test ist mit einem Anfangswert von 0.06 nicht signifikant, die Voraussetzung der homogenen Varianzen ist hier somit erfüllt. Bei der zweiten Erhebung ist der Levene-Test allerdings signifikant, somit sind die Varianzen hier nicht homogen. Dieses Ergebnis könnte mit den stark unterschiedlichen Standardabweichungen zwischen Experimental- und Kontrollgruppe zusammenhängen. Da die Gruppengrößen gering aber annähernd gleich sind, kann der nicht signifikante Levene-Test hier unberücksichtigt bleiben (Field, 2018, S. 259). Histogramme und Q-Q-Plots beider Messzeitpunkte (Abb. 6.4) machen eine annähernde Normalverteilung der Residuen deutlich. Diese Voraussetzung ist damit erfüllt.

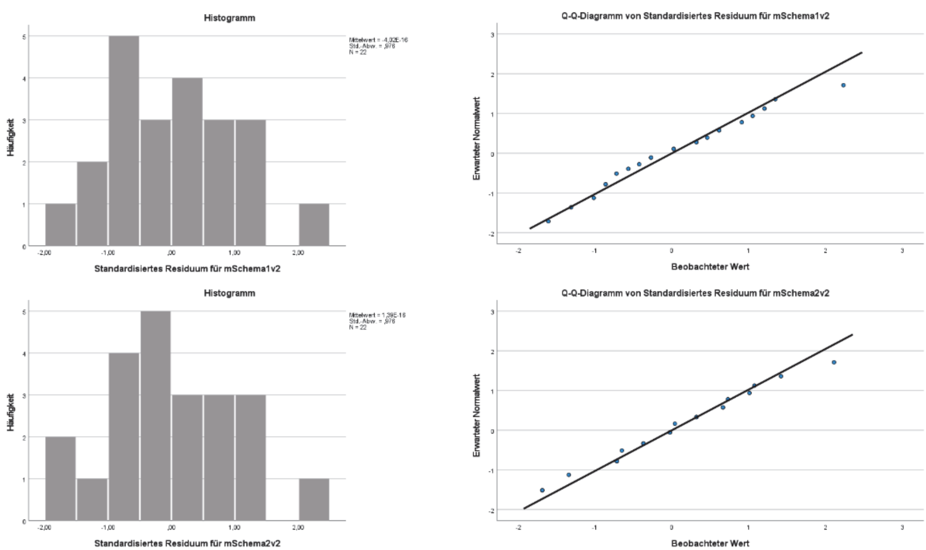


Abb. 6.4: Histogramme und Q-Q-Plots Schema-Aspekt

Bei der Varianzanalyse mit Messwiederholung ergab sich für den Schema-Aspekt ein p-Wert von 0.033. Der Unterschied zwischen Experimentalgruppe und Kontrollgruppe ist somit auf dem 5%-Niveau signifikant ($F(1, 20)=5.269$; $p=.033$). Mit einem partiellen Eta² von 0.209 ergibt sich die Effektstärke $f=0.51$. Es handelt sich somit um einen großen Effekt.

Beim Test der Zwischensubjekteffekte ergab sich ein p-Wert von 0.606. Das bedeutet, dass es keinen signifikanten Gruppenunterschied bezogen auf den Schema-Aspekt ohne Beachtung der Zeit gibt.

Statische Sicht auf Mathematik

Fasst man die Ergebnisse zum Formal-Aspekt und zum Schema-Aspekt zusammen, so wird die Hypothese

H1.1:	Durch die Teilnahme am Programm Mathe.Forscher wird die statische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht schwächer.

insgesamt bekräftigt. Die statische Sicht auf Mathematik nimmt während der Programmteilnahme ab, bei der Kontrollgruppe verstärkt sich dagegen die statische Sicht auf Mathematik im Verlauf der Zeit.

6.1.2 Hypothese 1.2: Dynamische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht

H1.2:	Durch die Teilnahme am Programm Mathe.Forscher wird die dynamische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht stärker.

Der Prozess-Aspekt und der Anwendungs-Aspekt bilden gemeinsam eine dynamische Sicht auf Mathematik ab.

Prozess-Aspekt

Auch hier betrachten wir zunächst die deskriptive Auswertung von Experimental- und Kontrollgruppe (Tab. 6.3). Experimentalgruppe und Kontrollgruppe zeigen bei der Zustimmung zum Prozess-Aspekt ein sehr ähnliches Bild. Bei der Experimentalgruppe (n=13) sinkt der Mittelwert von 4,33 auf 4,23, während er bei der Kontrollgruppe (n=9) von 4,47 auf 4,31 sinkt.

Tab. 6.3: Deskriptive Statistik Prozess-Aspekt

Deskriptive Statistiken

	EGuKG	Mittelwert	Standardabweichung	N
0	EG	4,3269	,44936	13
	KG	4,4722	,23199	9
	Gesamt	4,3864	,37581	22
0:9	EG	4,2308	,48371	13
	KG	4,3056	,44683	9
	Gesamt	4,2614	,45954	22

Beim Vergleich der Boxplots fällt ebenfalls kein großer Unterschied auf (Abb. 6.5). Auffällig ist hier lediglich, dass die Streuung bei der Zustimmung zum Prozess-Aspekt in der Kontrollgruppe beim Pretest deutlich geringer ist als beim Posttest. Interessant ist zu beobachten, dass die Boxplots beider Gruppen mit mindestens 75% aller Teilnehmer zwischen den Mittelwerten 4 und 5 liegen. Ob signifikante Unterschiede zwischen Experimental- und Kontrollgruppe vorliegen, zeigt die Varianzanalyse.

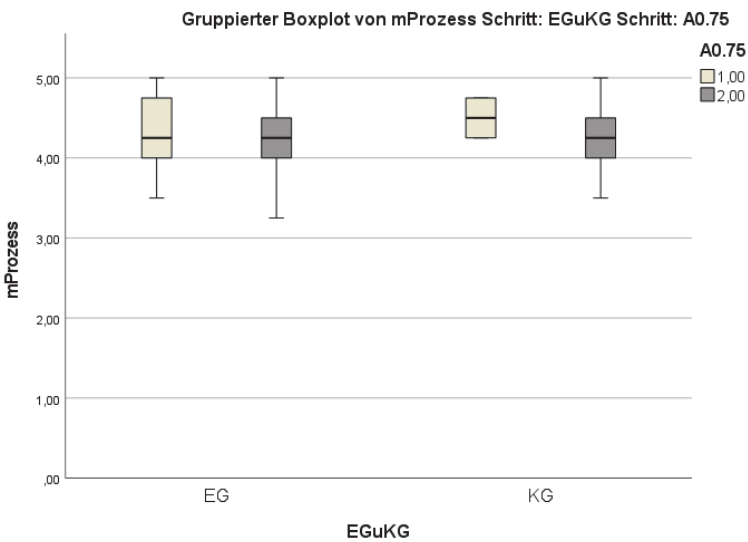


Abb. 6.5: Boxplot Mittelwerte Prozess-Aspekt

Der Levene-Test zeigt hier kein signifikantes Ergebnis (p_0=0.141; $p_{0;9}$=0.964), es kann also von Varianzhomogenität ausgegangen werden. Auch die annähernde Normalverteilung ist gegeben, wie die Betrachtung der Histogramme und Q-Q-Plots zeigt (vgl. Abb. 6.6).

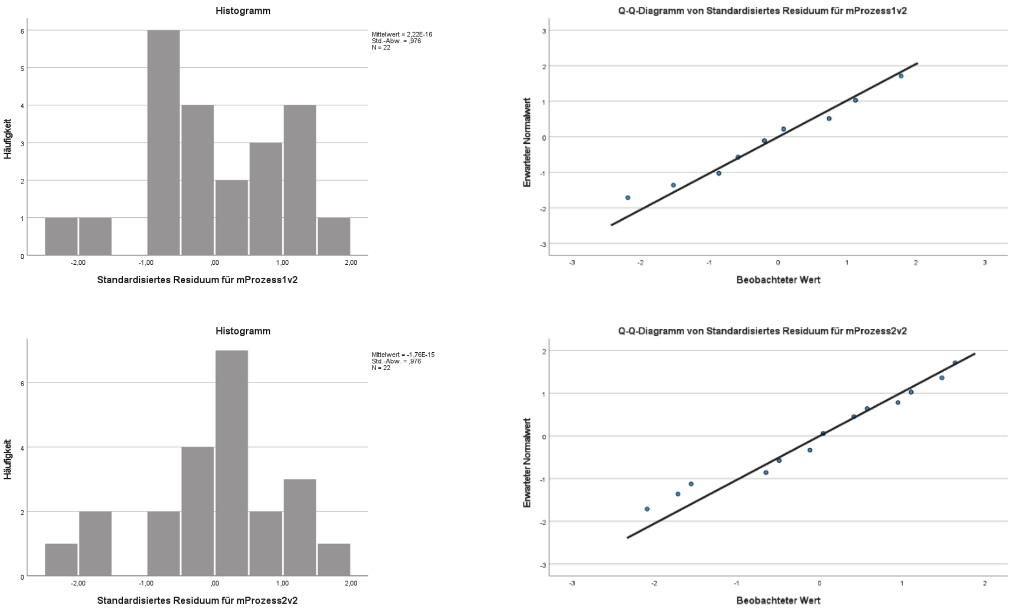


Abb. 6.6: Histogramme und Q-Q-Plots Prozess-Aspekt

Die Varianzanalyse mit Messwiederholung ergibt F(1, 20)=.172; p=.682, es kann also kein signifikanter Unterschied zwischen Experimental- und Kontrollgruppe festgestellt werden. Der Haupteffekt ist ebenfalls nicht signifikant (F(1, 20)=2.395; p=.137).

Auch der Test der Zwischensubjekteffekte zeigt mit einem Wert von 0.51 keine Signifikanz im Gruppenunterschied, wenn der Zeitpunkt unbeachtet bleibt.

Anwendungs-Aspekt

Die deskriptive Auswertung des Anwendungsaspekts zeigt, dass es kaum einen Unterschied zwischen Experimental- (n=13) und Kontrollgruppe (n=9) gibt (vgl. Tab. 6.4). Die Mittelwerte verändern sich über die 0;9 Jahre Programmteilnahme bei der Experimentalgruppe von 3,83 zu 3,62. Die Kontrollgruppe zeigt über diesen Zeitraum eine Veränderung von 4,06 auf 3,92.

Tab. 6.4: Deskriptive Statistik Anwendungs-Aspekt

Deskriptive Statistiken

	EGuKG	Mittelwert	Standardabweichung	N
0.	EG	3,8269	,86232	13
	KG	4,0556	,85493	9
	Gesamt	3,9205	,84651	22
0;9	EG	3,6154	,79461	13
	KG	3,9167	,83853	9
	Gesamt	3,7386	,80725	22

Die Boxplots zeigen hier ebenfalls keine auffälligen Unterschiede zwischen Experimental- und Kontrollgruppe (vgl. Abb. 6.7).

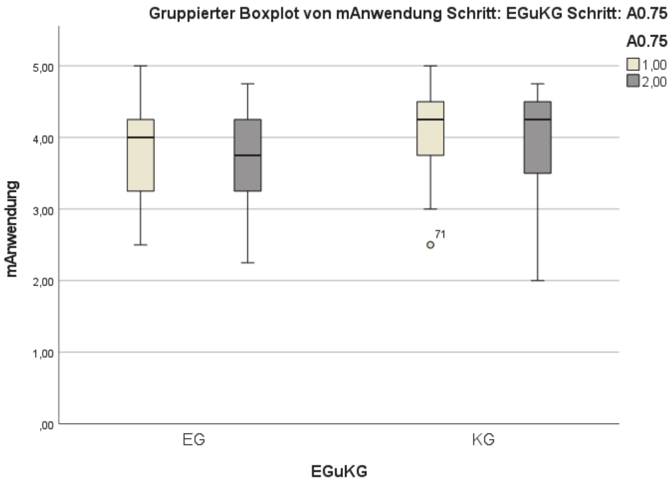


Abb. 6.7: Boxplot Mittelwerte Anwendungs-Aspekt

Mit einem nicht signifikanten Levene-Test (p_0=0.886; $p_{0;9}$=0.751) und annähernder Normalverteilung sind die Voraussetzungen für die Varianzanalyse gegeben.

Diese bekräftigt mit F(1, 20)=.037; p=.850 die Vermutung, dass sich die beiden Gruppen bei diesem Aspekt nicht unterscheiden, auch der Haupteffekt ist nicht signifikant (F(1, 20)=.850; p=.368). Auch ohne Beachtung des Zeitpunkts zeigt sich bei dem Test der Zwischensubjekteffekte mit p=0.401kein statistisch bedeutsamer Unterschied.

Dynamische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht

Die Hypothese

H1.2:	Durch die Teilnahme am Programm Mathe.Forscher wird die dynamische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht stärker.

kann damit nicht bekräftigt werden. Die Teilnahme am Programm hat hier keinen Einfluss auf die dynamische Sichtweise der Lehrkräfte. Beide Gruppen zeigen eine hohe bis sehr hohe Zustimmung zur dynamischen Sichtweise auf Mathematik, die sich von Pretest zu Posttest nicht signifikant ändert.

6.1.3 Hypothese 1.3: Zustimmung zu den Mathe.Forscher-Dimensionen

H1.3:	Durch die Teilnahme am Programm Mathe.Forscher ändert sich die Zustimmung zu den Mathe.Forscher-Dimensionen.

Die Mathe.Forscher-Dimensionen zeigen sich in drei Skalen, die nachfolgend getrennt voneinander analysiert werden:

- Mathe.Forscher-Dim1: Lernendenaktivität/Handeln als Lernbegleiter
- Mathe.Forscher-Dim2: Unterricht öffnen
- Mathe.Forscher-Dim3: Mathematik sichtbar machen

Mathe.Forscher-Dim1: Lernendenaktivität/Handeln als Lernbegleiter

Deskriptiv betrachtet zeigt sich zwischen der Experimental- (n=13) und der Kontrollgruppe (n=9) kaum ein Unterschied bei der Zustimmung zur Mathe.Forscher-Dim1: Lernendenaktivität/Handeln als Lernbegleiter (vgl. Tab. 6.5). Beide Mittelwerte sind mit Werten um 4 hoch angesiedelt und sinken im Verlauf von 0;9 Jahren leicht ab.

Tab. 6.5: Deskriptive Statistik Mathe.Forscher-Dim1

Deskriptive Statistiken

	EGuKG	Mittelwert	Standardabweichung	N
0	EG	4,0577	,48038	13
	KG	4,1111	,51707	9
	Gesamt	4,0795	,48419	22
0;9	EG	3,8654	,52654	13
	KG	4,0000	,70711	9
	Gesamt	3,9205	,59455	22

Der Boxplot (vgl. Abb. 6.8) zeigt ein ähnliches Bild. Die Spannweiten aller Boxplots sind ähnlich. Einzige kleine Auffälligkeit ist der kleine Anstieg des Medians der Kontrollgruppe vom Pretest zum Posttest, während der Median der Experimentalgruppe unverändert bei dem Wert 4 liegt.

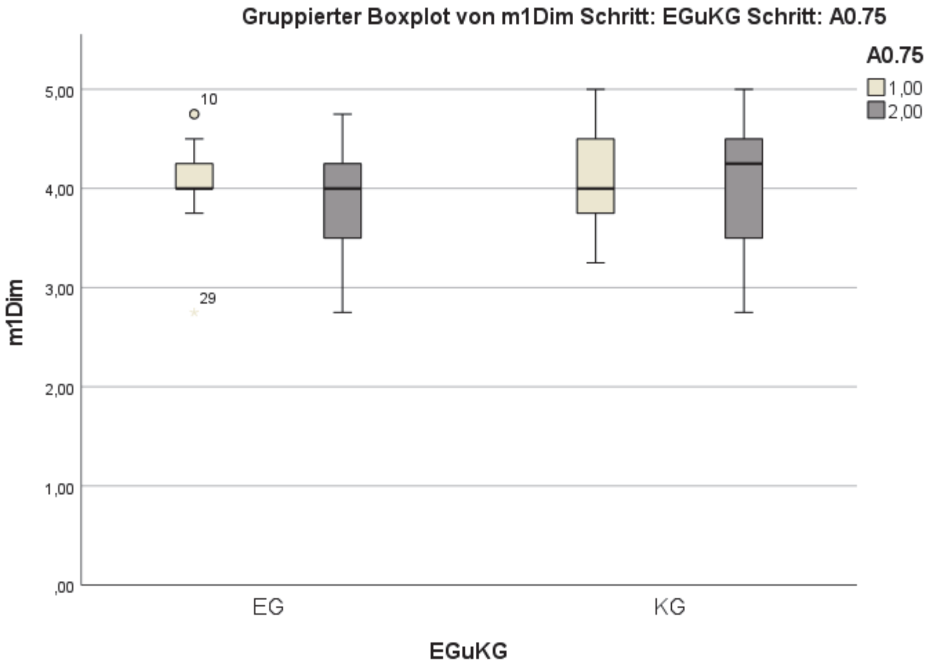


Abb. 6.8: Boxplot Mittelwerte Mathe.Forscher-Dim1

Der Levene-Test ist nicht signifikant (p_0=0.529; $p_{0;9}$=0.502), es kann also von Varianzhomogenität ausgegangen werden. Histogramme und Q-Q-Plot zeigen die Normalverteilung der Residuen (Abb. 6.9).

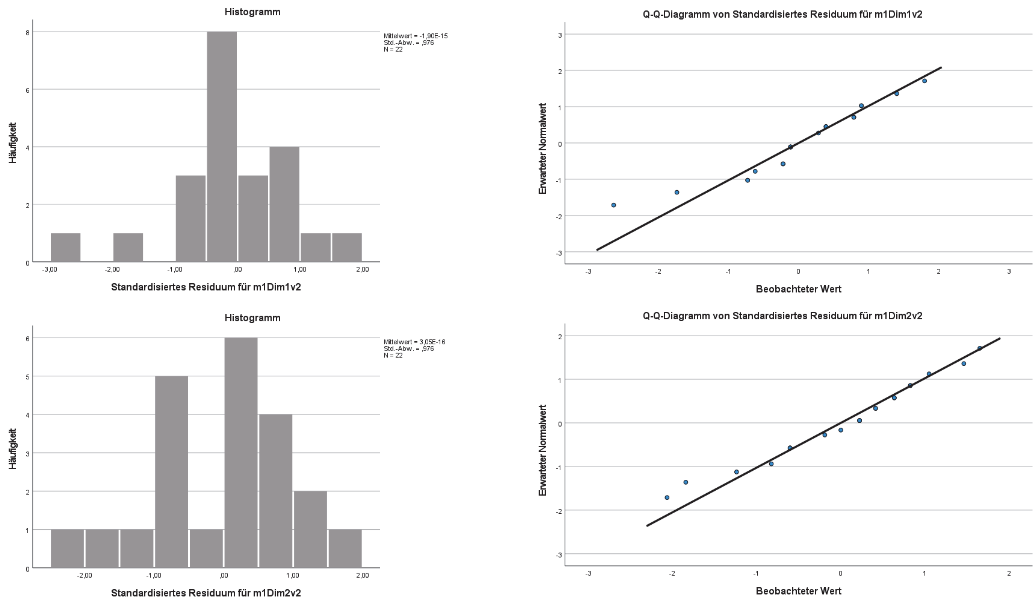


Abb. 6.9: Histogramme und Q-Q-Plots Mathe.Forscher-Dim1

Die Varianzanalyse weist keinen signifikanten Unterschied zwischen Kontroll- und Experimentalgruppe nach ($F(1, 20)=.155$; $p=.968$), auch der Haupteffekt ist nicht signifikant ($F(1, 20)=2.160$; $p=.157$). Der Test der Zwischensubjekteffekte, der den Zeitfaktor unberücksichtigt lässt, ist mit $p=0.669$ ebenfalls nicht signifikant.

Mathe.Forscher-Dim2: Unterricht öffnen

Die deskriptive Betrachtung der Werte von Mathe.Forscher-Dim2 (vgl. Tab. 6.6) zeigt analog zur Mathe.Forscher-Dim1 keinen großen Unterschied zwischen Experimental- und Kontrollgruppe. Beide Werte sinken von 3,85 auf etwa 3,5.

Tab. 6.6: Deskriptive Statistik Mathe.Forscher-Dim2

Deskriptive Statistiken

	EGuKG	Mittelwert	Standardabweichung	N
0	EG	3,8462	,60270	13
	KG	3,8519	1,10694	9
	Gesamt	3,8485	,82120	22
0;9	EG	3,5641	,62929	13
	KG	3,4444	,76376	9
	Gesamt	3,5152	,67241	22

Die Betrachtung der Boxplots (vgl. Abb. 6.10) zeigt ein ähnliches Bild. Die Boxen beider Gruppen wandern vom Pretest zum Posttest leicht abwärts.

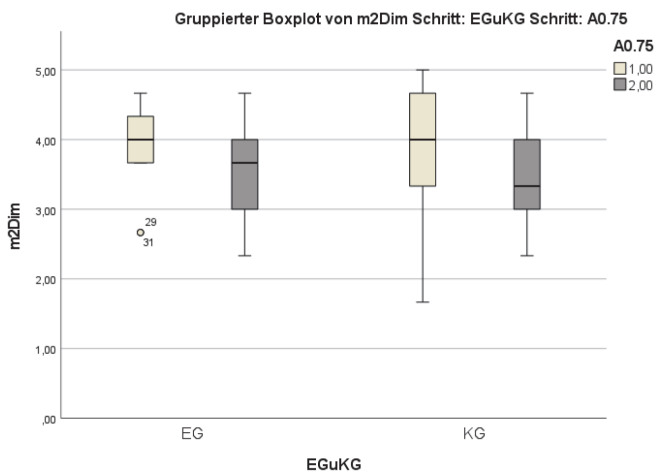


Abb. 6.10: Boxplot Mittelwerte Mathe.Forscher-Dim2

Die Voraussetzungen der Varianzhomogenität und der annähernden Normalverteilung der Residuen sind mit einem nicht signifikanten Levene-Test (p_0=0.117; $p_{0,75}$=0.638) und der Betrachtung der Histogramme und der Q-Q-Plots (vgl. Abb. 6.11) gegeben.

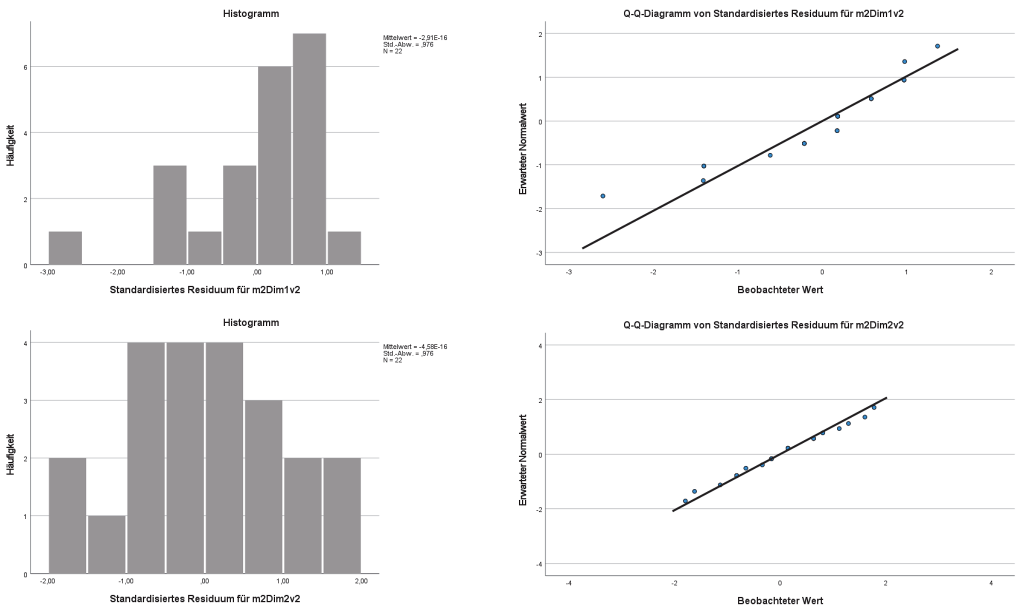


Abb. 6.11: Histogramme und Q-Q-Plots Mathe.Forscher-Dim2

Die Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigt beim Haupteffekt die in der deskriptiven Auswertung beobachtete Mittelwertveränderung (F(1, 20)=4.679; p=.043; f=.48). Ein Gruppenunterschied ist allerdings nicht nachweisbar (F(1, 20)=.155; p=.698). Der Test auf Zwischensubjekteffekte bekräftigt dies ohne Beachtung des Zeitaspekts mit einem nicht signifikanten p=0.847.

Mathe.Forscher-Dim3: Mathematik sichtbar machen

Der deskriptive Vergleich von Experimental- und Kontrollgruppe (Tab. 6.7) zeigt auch bei dem dritten Mathe.Forscher-Dim-Aspekt wie schon bei den zwei Mathe.Forscher-Dimensionen davor keinen Unterschied. Hier sinken beide Anfangswerte von 4,33 auf etwa 4,2.

Tab. 6.7: Deskriptive Statistik Mathe.Forscher-Dim3

Deskriptive Statistiken

	EGuKG	Mittelwert	Standardabweichung	N
0	EG	4,3333	,54433	13
	KG	4,3333	,50000	9
	Gesamt	4,3333	,51434	22
0;9	EG	4,2308	,47890	13
	KG	4,2963	,45474	9
	Gesamt	4,2576	,45926	22

Die grafische Darstellung in Boxplots bekräftigt diese Beobachtung (Abb. 6.12). Interessant ist, dass 75% aller Werte zwischen 4 und 5 liegen und die Spannweiten aller vier Boxplots einzeln betrachtet identisch sind.

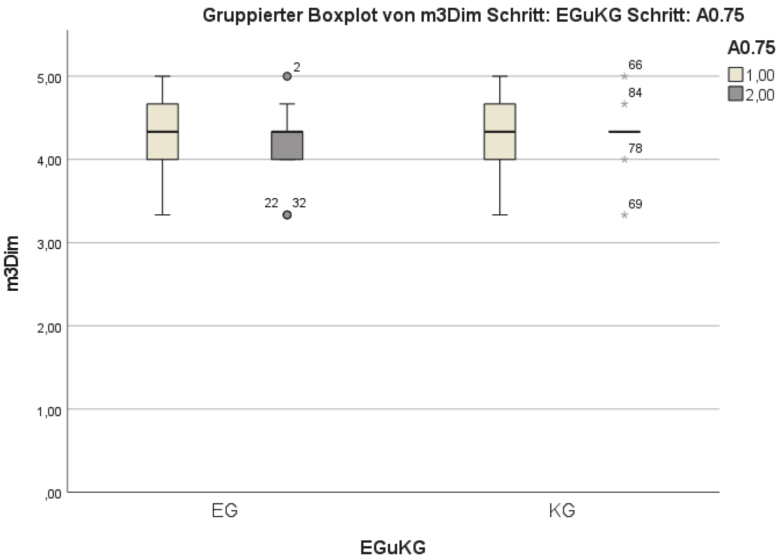


Abb. 6.12: Boxplot Mittelwerte Mathe.Forscher-Dim3

Der nicht signifikante Levene-Test (p_0=0.781; $p_{0;9}$=0.765) und die Betrach-tung der Histogramme und Q-Q-Plots (Abb. 6.13) zeigen, dass die Voraus-setzungen für die Varianzanalyse gegeben sind.

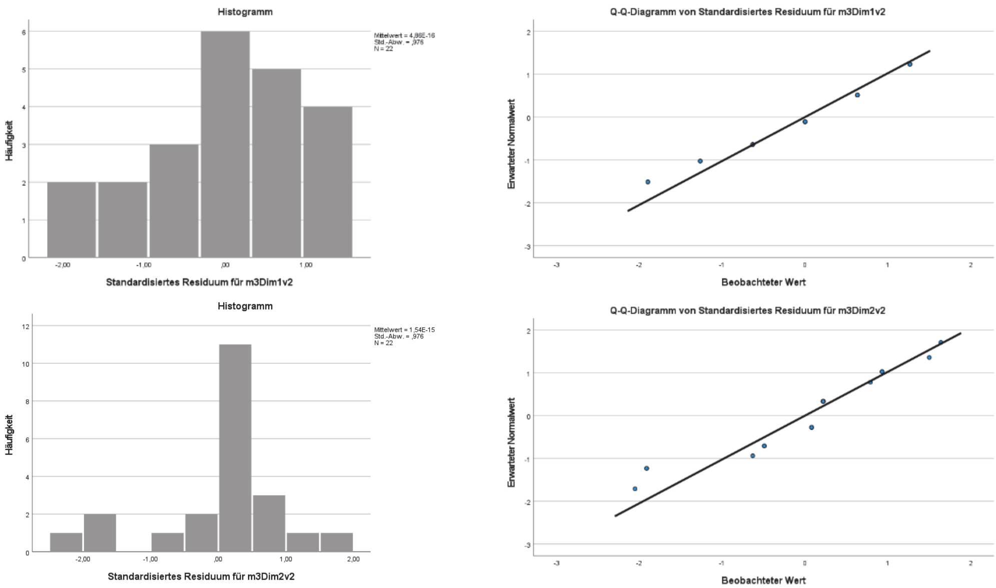


Abb. 6.13:Histogramme und Q-Q-Plots Mathe.Forscher-Dim3

Die Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigt auch hier keinen statistisch bedeutsamen Unterschied zwischen den Gruppen (F(1, 20)=.104; p=.751). Auch beim Haupteffekt ist keine Veränderung nachweisbar (F(1, 20)=.470; p=.501). Ohne Beachtung des Zeitfaktors lässt sich mit dem Test auf Zwischensubjekteffekte ebenfalls kein signifikanter Unterschied der Gruppen nachweisen (p=0.866).

Mathe.Forscher-Dimensionen

Die Hypothese

H1.3:	Durch die Teilnahme am Programm Mathe.Forscher ändert sich die Zustimmung zu den Mathe.Forscher-Dimensionen.

kann nicht bekräftigt werden. Experimental- und Kontrollgruppe unterscheiden sich nicht signifikant. Beide Gruppen zeigen eine sehr hohe Zustimmung zu den Mathe.Forscher-Dim-Skalen, die sich über die Zeit kaum verändert.

6.1.4 Zusammenfassung

Wie in Kapitel 5 ab Seite 126 dargestellt, werden Experimentalgruppe und Kontrollgruppe in Hinblick auf sieben Skalen untersucht. Aus Teil A des Fragebogens bezüglich der Einstellungen gegenüber Mathematik ergaben sich die vier Skalen zu Formalismus-Aspekt, Schema-Aspekt, Prozess-Aspekt und Anwendungs-Aspekt. Teil B des Fragebogens ergab die drei Skalen Lernendenaktivität/Handeln als Lernbegleiter (Dim1), Unterricht öffnen (Dim2) und Mathematik sichtbar machen (Dim3).

H1.1:	Durch die Teilnahme am Programm Mathe.Forscher wird die statische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht schwächer.	Formal-Aspekt, Schema-Aspekt	bekräftigt
H1.2:	Durch die Teilnahme am Programm Mathe.Forscher wird die dynamische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht stärker.	Prozess-Aspekt, Anwendungs-Aspekt	nicht bekräftigt
H1.3:	Durch die Teilnahme am Programm Mathe.Forscher ändert sich die Zustimmung zu den Mathe.Forscher-Dimensionen.	Mathe.Forscher-Dim1, -Dim2, -Dim3	nicht bekräftigt

Von den drei aufgestellten Hypothesen kann nur die erste bekräftigt werden. Die anderen beiden Hypothesen H1.2 und H1.3 konnten nicht bekräftigt werden. Die dynamische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht sowie die Mathe.Forscher-Dimensionen erhalten von allen Befragten Lehrkräften eine sehr hohe Zustimmung.

6.2 Ergebnisse zu Forschungsfrage 2

Auch die Frage

„Wie wirkt das Programm Mathe.Forscher auf die Schülerinnen und Schüler?“

soll anhand von drei Hypothesen beantwortet werden.

6.2.1 Hypothese 2.1: Einstellungen der Lernenden

H2.1:	Die Teilnahme am Programm Mathe.Forscher ändert die Einstellung der Schülerinnen und Schüler gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht.

Sowohl Experimental- als auch Kontrollgruppe wurden im Hinblick auf die drei in Kapitel 5 ab Seite 126 entwickelten Skalen Statische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht (Stat), Dynamische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht (Dyn) und Mathe.Forscher-Dimensionen (Dim) ausgewertet.

Wie schon bei Forschungsfrage 1 werden zunächst die Daten mittels Boxplots veranschaulicht. Danach wird analog zu den Lehrenden mittels Varianzanalyse mit Messwiederholung überprüft, ob etwaige Unterschiede signifikant sind.

Statische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht

Die Betrachtung der deskriptiven Auswertung der Schülerfragebögen zur statischen Sicht auf Mathematik im Abstand von 0;9 Jahren (Tab. 6.8) zeigt einen leichten Rückgang der Zustimmung zur statischen Sicht sowohl in der Experimentalgruppe (n=251) von einem Mittelwert von 3,8 auf 3,7 als auch in der Kontrollgruppe (n=180) von einem Mittelwert von 3,8 auf 3,7.

Tab. 6.8: Deskriptive Statistik statische Sicht (A0,75)

Deskriptive Statistiken

	KGuEG	Mittelwert	Standardabweichung	N
0	EG	3,8240	,81529	251
	KG	3,8390	,73867	180
	Gesamt	3,8303	,78335	431
0;9	EG	3,7265	,81392	251
	KG	3,6973	,76973	180
	Gesamt	3,7143	,79498	431

Der Boxplot bekräftigt die Ähnlichkeit grafisch (vgl. Abb. 6.14).

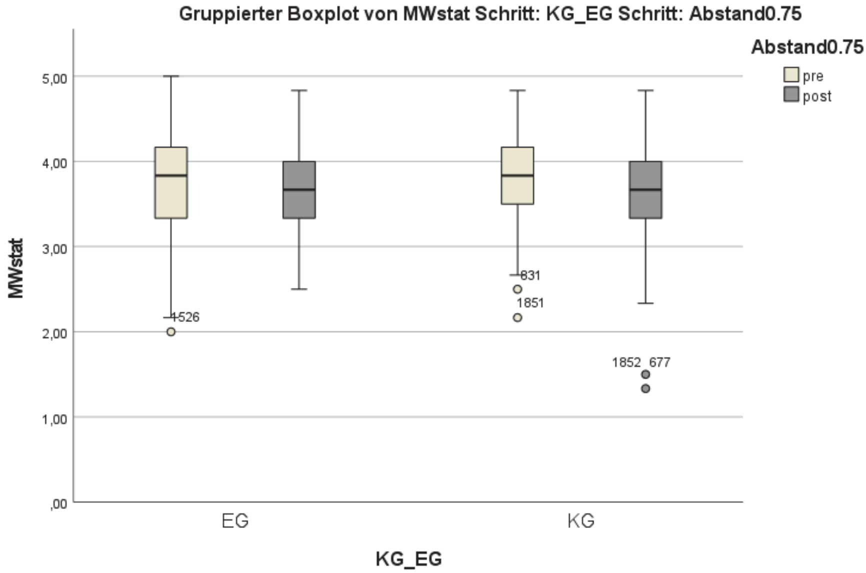


Abb. 6.14:Boxplot Mittelwerte statische Sicht (A0,75)

Der nicht signifikante Levene-Test (p_0=0.090; $p_{0;9}$=0.691) und die Betrachtung der Histogramme und Q-Q-Plots (Abb. 6.15) zeigen, dass Varianzhomogenität und Normalverteilung der Residuen, die Voraussetzungen für die Varianzanalyse, gegeben sind.

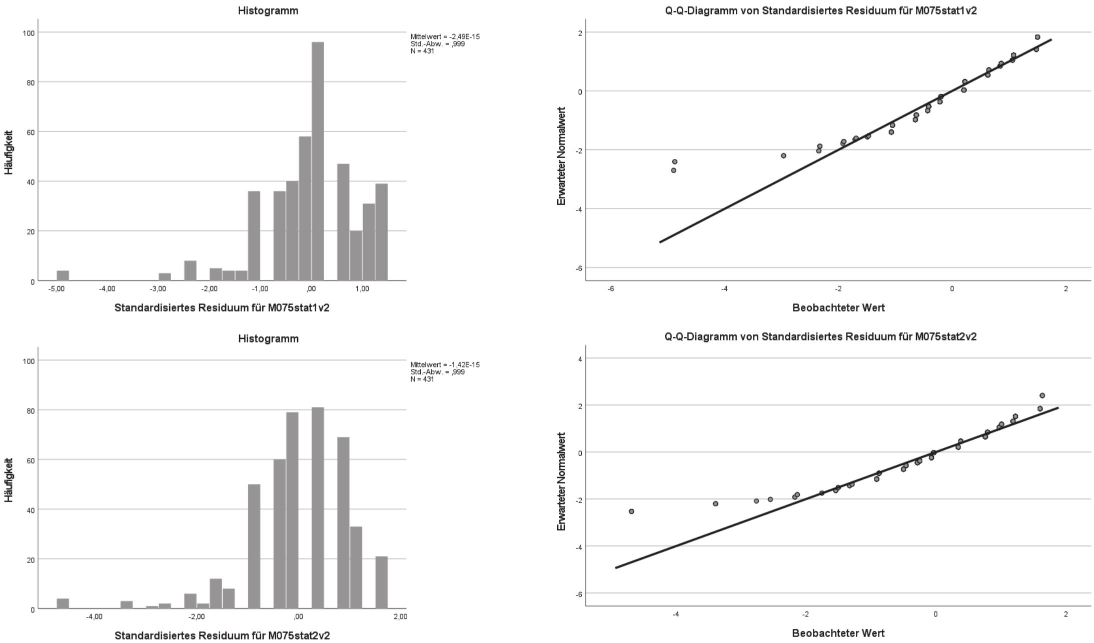


Abb. 6.15:Histogramme und Q-Q-Plots statische Sicht (A0,75)

Die Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigt beim Haupteffekt die in der deskriptiven Auswertung beobachtete Mittelwertveränderung (F(1, 429)=6.017; p=.015; f=.48). Ein Gruppenunterschied ist allerdings nicht nachweisbar (F(1, 429)=.205; p=.651). Der Test auf Zwischensubjekteffekte zeigt ohne Beachtung des Zeitaspekts ebenfalls keinen signifikanten Unterschied der beiden Gruppen mit p=.906.

Auch die Kovarianzanalyse zeigt keinen statistisch bedeutsamen Unterschied zwischen Schülerinnen verglichen mit Schülern (F(1, 419)=4.818; p=.166).

Dynamische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht

Die dynamische Sicht auf Mathematik ändert sich sowohl in der Experimentalgruppe (n=251) als auch in der Kontrollgruppe (n=180) kaum im Abstand von 0;9 Jahren. Die Tabelle zeigt allerdings, dass die dynamische Sicht auf Mathematik als in der Experimentalgruppe mit 3,63 und 3,53 etwas höher liegt als in der Kontrollgruppe mit 3,18 und 3,11 (vgl.Tab. 6.9).

Tab. 6.9: Deskriptive Statistik dynamische Sicht (A0,75)

Deskriptive Statistiken

	KGuEG	Mittelwert	Standardabweichung	N
0	EG	3,6275	,95410	251
	KG	3,1751	1,06633	180
	Gesamt	3,4386	1,02590	431
0;9	EG	3,5312	,97334	251
	KG	3,1128	,94624	180
	Gesamt	3,3564	,98295	431

Der Boxplot bekräftigt diesen Unterschied (vgl. Abb. 6.16). Die 50%-Boxen liegen bei der Kontrollgruppe (rechts im Bild) über 0;9 Jahre nahezu unverändert etwas unterhalb der Boxen der Experimentalgruppe (links im Bild), deren Lage sich ebenfalls kaum ändert von Pretest zu Posttest.

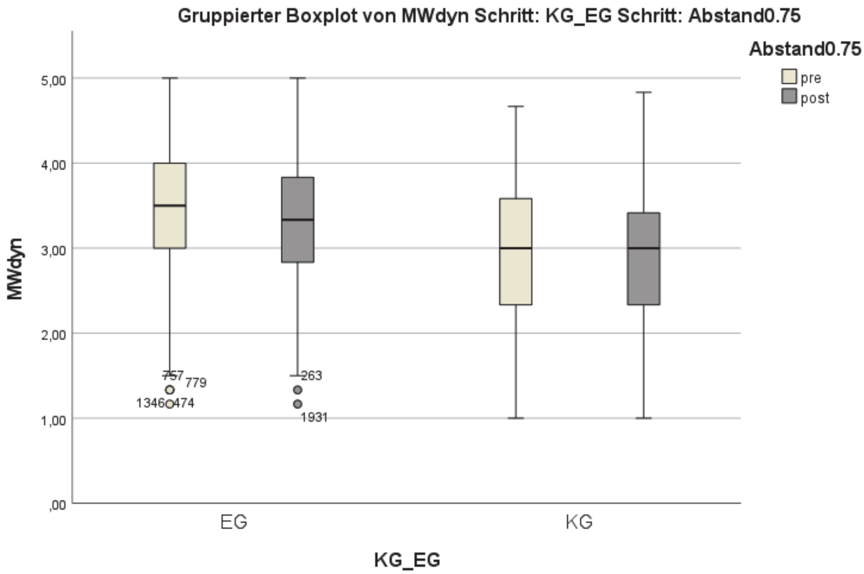


Abb. 6.16:Boxplot Mittelwerte dynamische Sicht (A075)

Die Voraussetzungen für die Varianzanalyse sind auch hier erfüllt. Der Levene-Test ist nicht signifikant (p_0=0.063; $p_{0;9}$=0.878), die Varianzen sind somit homogen. Histogramme und Q-Q-Plots zeigen die annähernde Normalverteilung (Abb. 6.17).

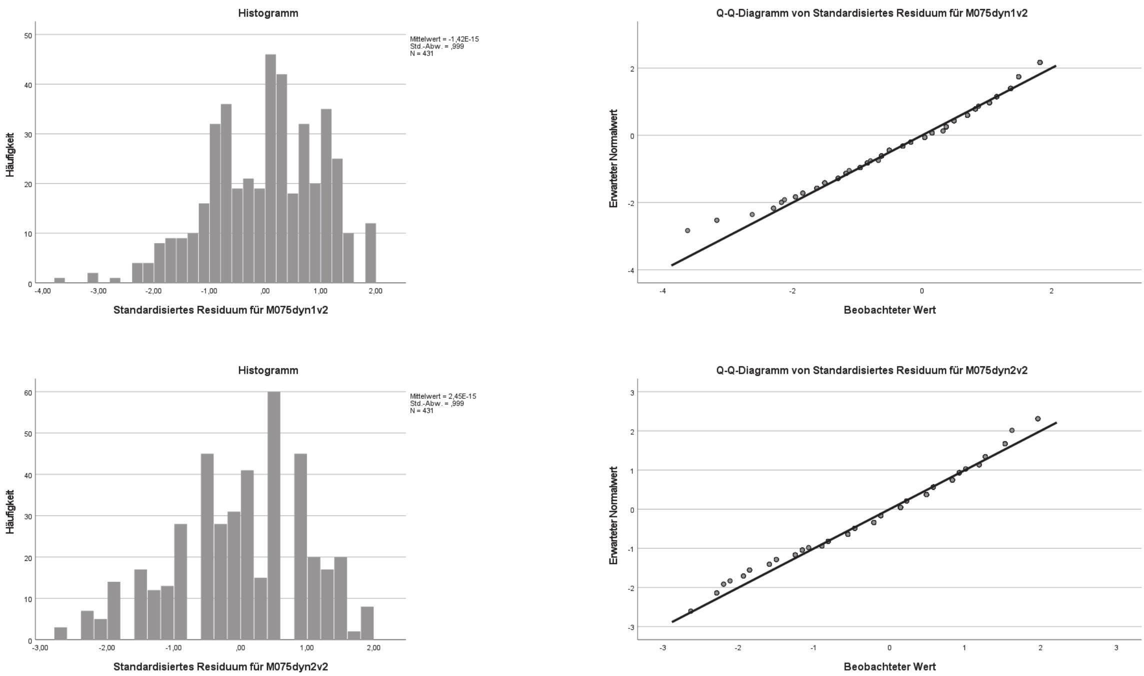


Abb. 6.17:Histogramme und Q-Q-Plots dynamische Sicht (A0,75)

Die Varianzanalyse ist mit F(1, 429)=.169; p=.681) nicht signifikant. Beim Haupteffekt lassen sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede erkennen (F(1, 429)=3.678; p=.056). Der Test auf Zwischensubjekteffekte ohne Beachtung des Zeitpunkts ist unter dem 1%-Niveau signifikant mit einem eta² von 0.056 und einem Cohens f=0,24, was für einen mittleren Effekt spricht. Der Test zeigt, was sich schon beim Vergleich der Boxplots erahnen ließ: Die beiden Gruppen sind auf unterschiedlichen Niveaus relativ zeitkonstant. Da in der vorliegenden Studie allerdings Veränderungen durch die Intervention untersucht werden sollen, liegt der

Fokus auf dem Ergebnis der Varianzanalyse, der wie oben dargestellt nicht signifikant ist.

Bezüglich der dynamischen Sicht auf Mathematik kann mittels Kovarianzanalyse kein statistisch bedeutsamer Unterschied zwischen Schülerinnen und Schülern festgestellt werden (F(1, 419)=.853; p=.356).

Mathe.Forscher-Dimensionen

Der deskriptive Vergleich von Experimentalgruppe (n=251) und Kontrollgruppe (n=180) zeigt keine Veränderung in der Zustimmung zu den Mathe.Forscher-Dimensionen über eine Zeit von 0;9 Jahren (Tab. 6.10). Sowohl in der Experimental- als auch in der Kontrollgruppe liegen die Mittelwerte im Pre- und Posttest zwischen 2,82 und 2,96.

Tab. 6.10: Deskriptive Statistik Mathe.Forscher-Dimensionen (A0,75)

Deskriptive Statistiken

	KGuEG	Mittelwert	Standardabweichung	N
0	EG	2,8942	,81275	251
	KG	2,9108	,76874	180
	Gesamt	2,9011	,79380	431
0;9	EG	2,8238	,72621	251
	KG	2,9648	,67180	180
	Gesamt	2,8827	,70664	431

Auch ein Vergleich der Boxplots zeigt keinen Unterschied über die Zeit oder zwischen Experimental- und Kontrollgruppe (Abb. 6.18). Alle vier Plots sind ähnlich angesiedelt und zeigen eine ähnliche Spannweite.

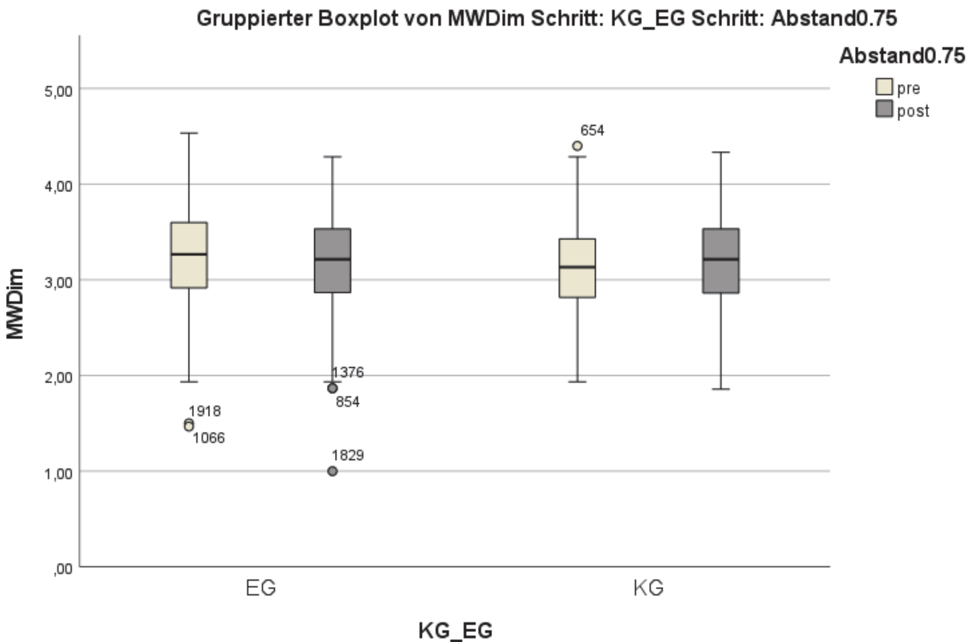


Abb. 6.18: Boxplot Mittelwerte Mathe.Forscher-Dimensionen (A075)

Die Voraussetzungen der Varianzanalyse sind mit nicht signifikanten p-Werten beim Levene-Test (p_0=0.570; $p_{0;9}$=0.445) und der grafisch dargestellten Normalverteilung (Abb. 6.19) gegeben.

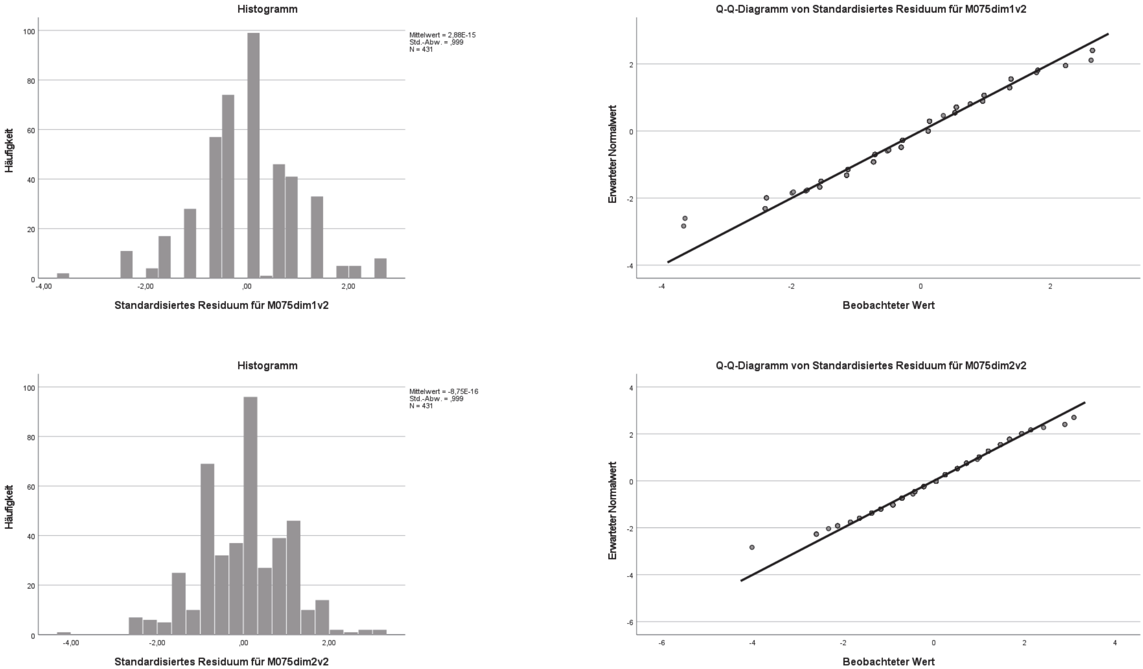


Abb. 6.19: Histogramme und Q-Q-Plots Mathe.Forscher-Dimensionen (A0,75)

Die Varianzanalyse bekräftigt die Beobachtung, dass kein bedeutsamer Unterschied zwischen den Gruppen über die Zeit zu erkennen ist (F(1, 429)=1.947; p=.164). Der Haupteffekt zeigt ebenfalls keine bedeutsamen Unterschiede (F(1, 429)=.034; p=.854). Auch der Test auf Zwischensubjekteffekte ohne Beachtung der Zeit ist nicht signifikant (p=0.176).

Die Kovarianzanalyse weist keinen statistisch bedeutsamen Unterschied zwischen Schülerinnen und Schülern auf (F(1, 419)=2.041; p=.154).

Einstellungen der Lernenden

Die Hypothese

H2.1:	Die Teilnahme am Programm Mathe.Forscher ändert die Einstellung der Schülerinnen und Schüler gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht.

kann damit nicht bekräftigt werden. Experimental- und Kontrollgruppe können nicht unterschieden werden, wenn man die Veränderung der statischen und dynamischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht und die Zustimmung zu den Mathe.Forscher-Dimensionen im Abstand von 0;9 Jahren betrachtet.

6.2.2 Hypothese 2.2: Verknüpfung von Mathematik

H2.2:	Während der Teilnahme am Programm verknüpfen die Schülerinnen und Schüler verstärkt Mathematik mit anderen Kontexten sowohl im innerschulischen als auch im außerschulischen Bereich.

Die Studie verfolgt die Überprüfung dieser Hypothese mittels Interviews. In Kapitel 5.2 wird die Entstehung der Kategorien dieses Themenfeldes ausführlich erläutert (vgl. Kapitel 5.2.1.3). Die nachfolgende Tabelle führt das Vorkommen der jeweiligen Kategorien auf (Tab. 6.11). Die Anzahlen werden außerdem aufgeschlüsselt nach Geschlecht und Jahrgang der Befragten. Gewertet wurde jeweils die am höchsten einzustufende Kategorie. Da innerschulische und außerschulische Bezüge keiner Rangordnung unterliegen, umfasst Kategorie ML1 die Schülerinnen und Schüler, die im Interview von innerschulischen Querbezügen berichteten.

ML2 umfasst all diejenigen, die außerschulische Bezüge nannten. Wurden sowohl inner- als auch außerschulische Bezüge von Mathematik benannt und erläutert, wurden die Befragten in der Zeile ML1u2 gezählt.

Kategorie ML5 umfasst zwei Befragte, die zu Querbezügen von mathematischen Inhalten keine eindeutige Aussage trafen.

Von den insgesamt 38 befragten Schülerinnen und Schülern konnten 8 der Befragten keine Bezüge erkennen. Die Kategorie verteilt sich über die Jahrgänge 3/4 bis 9.

Die genauere Betrachtung der Tabelle macht deutlich, dass der Großteil der interviewten Schülerinnen und Schüler mathematische Aspekte über den Mathematikunterricht hinaus im inner- und außerschulischen Kontext erkennen (ML1, ML2, ML1u2 und ML4). Zu dieser Gruppe zählen 28 von 38 Lernenden, das entspricht 74%. Sie verteilen sich über alle Jahrgangsstufen und weisen ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis auf (m:w wie 13:15). 23 Schülerinnen und Schüler dieser Gruppe erkennen mathematische Aspekte im außerschulischen Kontext, 5 davon können gleichzeitig auch innerschulische Querbezüge herstellen.

Tab. 6.11: Übersicht zu Hypothese 2.2: Verknüpfung von Mathematik

Kategorie		ges	Geschlecht		Jahrgang						
			m	w	3/4	5	6	7	8	9	10
ML1	mathematische Aspekte über den Mathematikunterricht hinaus im schulischen Kontext erkennbar	4	3	1	2	-	1	-	-	1	-
ML2	mathematische Aspekte über den Mathematikunterricht hinaus im außerschulischen Kontext erkennbar	18	8	10	4	2	9	-	2	-	1
ML1u2	mathematische Aspekte über den Mathematikunterricht hinaus erkennbar	5	2	3	2	-	-	-	3	-	-
ML3	keine mathematischen Aspekte über den Mathematikunterricht hinaus erkennbar	8	5	3	1	-	2	-	2	3	-
ML4	mathematische Aspekte über den Mathematikunterricht hinaus erkennbar ohne Begründung	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-
ML5	keine Einordnung möglich	2	1	1	2	-	-	-	-	-	-
Gesamt		38	19	19	12	2	12	-	7	4	1

Die Hypothese

H2.2:	Während der Teilnahme am Programm verknüpfen die Schülerinnen und Schüler verstärkt Mathematik mit anderen Kontexten sowohl im innerschulischen als auch im außerschulischen Bereich.

kann damit bekräftigt werden. Die Schülerinnen und Schüler verknüpfen während der Teilnahme verstärkt Mathematik mit anderen Fächern und ihrer Lebenswelt.

Zusätzlich zu den Interviews soll hier ein Item der Lernenden-Fragebögen untersucht werden. Das Ankreuzverhalten bei dem Multiple-Choice Item: „Kreuze bis zu drei Dinge an, die du an deinem Mathematikunterricht gut findest“, führt als mögliche Antwort auf: „Mir gefällt, dass wir auch Aufgaben lösen, die man im Leben gebrauchen kann.“ Das Ankreuzverhalten unterscheidet sich stark bei den unterschiedlichen Gruppen (vgl. Tab. 6.12). Nach 0;9 Jahren Mathe.Forscher-Teilnahme zeigt die Experimentalgruppe (n=251) einen relativen Zuwachs von 5%. Das Ankreuzverhalten in der Kontrollgruppe (n=180) sinkt dagegen in diesem Zeitraum um 5%. Betrachtet man das Ankreuzverhalten über einen Zeitraum von 1;6 Jahren, so wird dieser Effekt sogar noch deutlicher: Während diesem Aspekt in der Experimentalgruppe (n=36) beim Pretest noch 44% der Befragten zustimmen, wächst dieser Anteil um 23% auf zwei Drittel aller im Abstand von 1;6 Jahren befragten Schülerinnen und Schüler. Die Kontrollgruppe (n=26) zeigt hier den gegenläufigen Trend: nach 50% Zustimmung zu diesem Item beim Pretest stimmen dem Item nach 1;6 Jahren nur noch 39% im Posttest zu.

Tab. 6.12: Ankreuzverhalten zu „Mir gefällt, dass wir auch Aufgaben lösen, die man im Leben gebrauchen kann.“

		Pretest		Posttest		Differenz	
Gruppe	N=	Absolut	relativ	absolut	relativ	relativ	McNemar
EG A0,75	251	107	0,43	120	0,48	+5%	.250
EG A1,5	36	16	0,44	24	0,67	+23%	.077
KG A0,75	180	71	0,39	62	0,34	-5%	.321
KG A1,5	26	13	0,50	10	0,39	-11%	.508

Die deskriptive Betrachtung (Spalte „relative Differenz“) lässt das Folgende vermuten: Je länger die Teilnahme am Programm Mathe.Forscher andauert, desto mehr Zustimmung findet das Argument, dass im Mathematikunterricht auch Aufgaben gelöst werden, die man im sonstigen Leben gebrauchen kann. Ohne Mathe.Forscher-Teilnahme ist diese Steigerung nicht zu beobachten, die Zustimmung sinkt sogar ab.

Überprüfen wir diese Vermutung nun mit dem McNemar-Test auf Signifikanz. Die Ergebnisse sind in obiger Tabelle (Tab. 6.12) in der letzten Spalte aufgeführt. Keiner der Werte ist auf dem 5%-Niveau signifikant. Die Vermutung lässt sich statistisch nicht bekräftigen.

6.2.3 Hypothese 2.3: Freude

H2.3:	Während der Teilnahme am Programm Mathe.Forscher empfinden die Schülerinnen und Schüler Freude in Bezug auf ihren Mathematikunterricht.

Die Entstehung der Kategorien dieses Themenfeldes durch Interviews wird ebenfalls in Kapitel 5.2 ausführlich erläutert (vgl. Kapitel 5.2.1.3). Die nachfolgende Tabelle schlüsselt die Kategorien nach Gesamtzahl, Geschlecht und Jahrgang auf (vgl. Tab. 6.13). Die Kategorien wurden wie oben beschrieben aus den Interviews der Pilotstudie heraus gebildet. Kategorie F4 umfasst alle Lernenden, die Freude während der Projektdurchführung empfanden, diese jedoch nicht begründeten. Bei der Hauptuntersuchung wurden die Interviewer angewiesen, ausdrücklich nach einer Begründung zu fragen, falls keine genannt wurde. Kategorie F4 umfasst hierbei keine Nennungen. Allen Transkripten konnte demnach eine Begründung entnommen werden.

Kategorie F6 umfasst die beiden Lernenden, die auf nahezu alle auf Freude bezogenen Fragen mit „weiß nicht“ antworteten. Sie konnten deshalb keiner der vorangegangenen Kategorien zugeteilt werden.

Nur 2 der 38 befragten Schülerinnen und Schüler fanden wenig oder keinen Gefallen an der Projektdurchführung (Kategorie F5). Eine Schülerin begründete ihre Antwort mit dem Thema des Projekts (Statistiken). Die andere Schülerin empfand das Lehrerhandeln als frustrierend. Sie nennt wiederholt Schwierigkeiten bei der Durchführung ihres

Themas ohne Hilfestellung seitens der Lehrkraft, weder bei inhaltlichen Problemen noch bei Problemen innerhalb der Gruppe.

Die Kategorien F1 bis F3 können zusammengefasst werden als „empfundene Freude während der Projektdurchführung“. Die Kategorien verteilen sich über die Jahrgänge 3/4 bis 9 und sind nahezu ausgeglichen Schülerinnen und Schüler (16 zu 18). Insgesamt umfasst dieser Zusammenschluss 34 der 38 interviewten Schülerinnen und Schüler, das entspricht 89%. In einem dieser 34 Fälle wurde eine positive Auswirkung der Freude während des Projekts auch auf den Regelunterricht berichtet (Kategorie F1). Kategorie F2 umfasst 15 der interviewten Lernenden, denen die Projektdurchführung Freude bereitete. Gleichzeitig gaben sie an, dass sie keine Auswirkungen auf den Regelunterricht feststellen konnten. Bei 18 interviewten Schülerinnen und Schüler wurde Freude während der Teilnahme am Projekt geschildert und begründet. Zu Auswirkungen auf den Regelunterricht konnte allerdings keine eindeutige Aussage entnommen werden. Oft antworteten die Schülerinnen und Schüler auf Nachfrage mit „weiß nicht“ oder Vergleichbarem.

Tab. 6.13: Übersicht zu Hypothese 2.3: Freude

			Geschlecht		Jahrgang						
Kategorie		ges	m	w	3/4	5	6	7	8	9	10
F1	empfundene Freude während Ma.Fo, die sich auch auf den RU auswirkt	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-
F2	empfundene Freude während	15	6	9	2	-	9	-	2	2	-

	Ma.Fo, die sich ausschließlich auf das Projekt bezieht											
F3	empfundene Freude während Ma.Fo	18	12	6	9	2	2	-	3	2	-
F4	empfundene Freude während Ma.Fo, aber nicht begründet	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F5	wenig oder kein Gefallen an Ma.Fo	2	-	2	-	-	-	-	1	-	1
F6	keine eindeutige Aussage	2	1	1	-	-	1	-	1	-	-
gesamt		38	19	19	12	2	12	-	7	4	1

Fasst man diese Daten zusammen, kann die Hypothese

H2.3:	Während der Teilnahme am Programm Mathe.Forscher empfinden die Schülerinnen und Schüler Freude in Bezug auf ihren Mathematikunterricht.

bekräftigt werden. Während der Teilnahme am Programm Mathe.-Forscher empfinden die Schülerinnen und Schüler Freude in Bezug auf ihren Mathematikunterricht.

6.2.4 Zusammenführung der Ergebnisse von H2.2 und H2.3

Die nachfolgende Tabelle „Zusammenführung H2.2/H2.3 (Anzahlen)" (Tab. 6.14) zeigt die gemeinsamen Vorkommen der Aussagen zu

Themenfeld 1: Freude und Themenfeld 2: Verknüpfung von Mathematik. Im Anhang befindet sich eine Tabelle aller interviewten Lernenden und ihrer Aussagen sortiert nach laufender Nummer (10A.2.4, S. 380).

Tab. 6.14: Zusammenführung H2.2/H2.3 (Anzahlen)

Kategorie	F1	F2	F3	F4	F5	F6	gesamt
ML1	-	1	3	-	-	-	4
ML2	1	8	6	-	1	2	18
ML1u2	-	1	3	-	1	-	5
ML3	-	4	4	-	-	-	8
ML4	-	-	1	-	-	-	1
ML5	-	1	1	-	-	-	2
gesamt	1	15	18	-	2	2	38

Zur Überschaubarkeit werden die Gruppen wie folgt zusammengefasst: Betrachten wir zunächst das Themenfeld Verknüpfung von Mathematik und der Lebenswelt (H2.2: ML, vgl. Kapitel 6.2.2, S. 211). Die Kategorien ML1, ML2 und ML4 werden zusammengefasst unter $ML_{positiv}$. Diese drei Kategorien beinhalten alle Schülerinnen und Schüler, die mathematische Bezüge im inner- und außerschulischen Kontext erkennen. $ML_{negativ}$ beinhaltet nur Kategorie ML3. Kategorie ML5 bleibt hier unberücksichtigt. Das Themenfeld Freude (H2.3: F, vgl. Kapitel 6.2.3, S. 216) lässt unter den Kategorien F1, F2, F3 und F4 eine beschriebene Freude während der Teilnahme am Programm Mathe.Forscher erkennen. Diese drei Kategorien werden zusammengefasst unter $F_{positiv}$. Kategorie F5 bildet die Kategorie $F_{negativ}$. Kategorie F6 wird in dieser

Zusammenfassung vernachlässigt. Die dabei entstehenden Anzahlen sind in nachfolgender Tabelle (Tab. 6.15) aufgeführt.

Tab. 6.15: Zusammenfassung der positiven und negativen Kategorien von F und ML

Kategorie	$F_{negativ}$	$F_{positiv}$	gesamt
$ML_{negativ}$	0	8	8
$ML_{positiv}$	2	24	26
Gesamt	2	32	34

Kategorie $F_{positiv}$ umfasst 32 der 34 Lernenden, das entspricht etwa 94%. Die 26 Lernenden, die mathematische Aspekte über den Mathematikunterricht hinaus erkennen können ($ML_{positiv}$), nehmen 76% der insgesamt 34 Schülerinnen und Schüler ein. 24 dieser Schülerinnen und Schüler empfinden gleichzeitig eine gesteigerte Freude bei der Teilnahme an Mathe.Forscher-Projekten, das entspricht etwa 70 % der insgesamt 34 aufgeführten Lernenden. Es scheint, als gibt es einen Zusammenhang zwischen der Verknüpfung von Mathematik mit inner- und außerschulischen Kontexten und empfundener Freude.

Mittels Chi²-Test soll überprüft werden, ob es sich hierbei um einen zufälligen Zusammenhang handelt. Da zwei Felder der Kreuztabelle Werte unter 5 aufweisen, wird die Signifikanz über den exakten Wert nach Fischer berechnet. Der Test ist auf dem 5%-Niveau nicht signifikant (Chi-Quadrat nach Pearson=0,654 [df=1]; Exakter Test nach Fischer: p=1,000). Es kann somit kein statistischer Zusammenhang zwischen der Verknüpfung der Lernenden von Mathematik mit inner- und außerschulischen Kontexten und ihrer empfundenen Freude nachgewiesen werden.

6.2.5 Zusammenfassung

Wie in Kapitel 5 ab Seite 126 dargestellt, werden Experimentalgruppe und Kontrollgruppe der Lernenden mittels Fragebögen in Hinblick auf drei Skalen untersucht: die statische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht, die dynamische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht und die Zustimmung zu den Mathe.Forscher-Dimensionen. Zusätzlich wurden die Lernenden zu Erfahrungen während der Teilnahme am Mathe.Forscher-Programm interviewt.

H2.1:	Die Teilnahme am Programm Mathe.Forscher ändert die Einstellung der Schülerinnen und Schüler gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht.	Fragebögen: Dynamische Sicht, statische Sicht, Mathe.Forscher-Dimensionen	nicht bekräftigt
H2.2:	Während der Teilnahme am Programm verknüpfen die Schülerinnen und Schüler verstärkt Mathematik mit anderen Kontexten sowohl im innerschulischen als auch im außerschulischen Bereich.	Interviews: Kategorien ML1-5 Fragebögen: MC-Item	bekräftigt
H2.3:	Während der Teilnahme am Programm Mathe.Forscher empfinden die Schülerinnen und Schüler Freude in Bezug auf ihren Mathematikunterricht.	Interviews: Kategorien F1-6	bekräftigt

Von den drei aufgestellten Hypothesen können H2.2 und H2.3 bekräftigt werden. Die erste Hypothese H2.1 konnte nicht bekräftigt werden. Ein statistischer Zusammenhang der beiden Hypothesen H2.2 und H2.3 konnte nicht nachgewiesen werden.

7 Diskussion der Ergebnisse

Das Fortbildungskonzept Mathe.Forscher ist auf eine langfristige Teilnahme über mindestens zwei Schuljahre angelegt. Ziel ist es, Lernmotivation und Lernleistung der Schülerinnen und Schüler durch forschend-entdeckendes Lernen zu erhöhen, indem Freude am Fach vermittelt wird und die Möglichkeit gegeben wird, Mathematik in der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler erkennen zu lassen. Das Unterrichtskonzept soll in den Regelunterricht implementiert werden. Bei der Umsetzung werden die Lehrkräfte unterstützt, vernetzt und im Berufsalltag begleitet. An den Bedürfnissen der Lehrkräfte orientierte Fortbildungen und regelmäßige Hospitationen in den Schulen ergänzen die Unterstützung, Begleitung und Reflexionsarbeit. Zusammenfassend erfüllt dieses Programm Kriterien effektiver Fortbildung. Gelingt es dem Programm damit auch auf die Einstellungen der Lehrkräfte zu wirken, deren unterrichtliches Handeln so zu ändern, dass die Schülerinnen und Schüler auch affektiv-motivationale Änderungen zeigen?

7.1 Wirkung auf die Lehrenden

Wie in Kapitel 5 ausführlich dargestellt sind die Ergebnisse der Wirkung auf die Lehrpersonen vor dem Hintergrund der nur geringen Stichprobe zu betrachten.

Die Teilnahme am Programm hatte keinen Einfluss auf die dynamische Sichtweise auf Mathematik durch die Lehrkräfte. Sowohl Experimental- als auch Kontrollgruppe zeigten eine hohe bis sehr hohe Zustimmung zur dynamischen Sichtweise auf Mathematik, die sich von Pretest zu Posttest nicht signifikant änderte. Diese Konstanz ist kaum verwunderlich. Das Programm Mathe.Forscher strebt eine starke dynamische Sicht auf Mathematik an. Die dynamische Sicht setzt sich aus dem Prozess- und dem Anwendungsaspekt zusammen und umfasst das Verstehen von Sachverhalten, das Einsehen von Zusammenhängen oder die Entwicklung neuer Erkenntnisse. Mathematik als eine Tätigkeit steht hier im Vordergrund. Über 75 Prozent der befragten Lehrkräfte zeigte eine schon zu Beginn der Programmteilnahme hohe Zustimmung zu Prozess- und Anwendungsaspekt mit Werten zwischen 4 und 5 bei einer fünfstufigen Likert-Skala. Eine stärkere Zustimmung wäre aus Gründen der Normalverteilung also kaum möglich. Wie in Kapitel 2 dargestellt, passt das forschend-entdeckende Unterrichtskonzept zu Lehrerinnen und Lehrern mit einer dynamischen Sichtweise auf Mathematik. Diese Lehrpersonen werden von dem Programm Mathe.Forscher, das sich die Implementierung von forschend-entdeckendem Lernen zum Hauptziel gemacht hat, angezogen und entscheiden sich für die Teilnahme an diesem Programm. Lehrerinnen und Lehrer mit einer sehr statischen Sicht auf Mathematik interessieren sich dagegen wahrscheinlich seltener für ein Fortbildungskonzept mit dem Schwerpunkt des forschend-entdeckenden Lernens.

Die statische Sicht auf Mathematik, die sich aus Formalismusaspekt und Schemaaspekt zusammensetzt, wird vom Mathe.Forscher-Programm wenig fokussiert. Mathematik als System mit Strukturen, Begriffen, Regeln, Formeln, Algorithmen, Definitionen und Sätzen hat bei Mathe.Forscher-Aktivitäten eine untergeordnete Rolle. Der Werkzeugcharakter dieser statischen Sicht dient als Stütze bei eigenständigen Entdeckungen von mathematischen Sachverhalten. Die Eigentätigkeit steht klar im Fokus. Die statische Sicht auf Mathematik nahm während der Programmteilnahme ab. Beim Formalismusaspekt zeigte sich keine signifikante Veränderung zwischen Pre- und Posttest. Die Zustimmung zum Schemaaspekt dagegen sank in der Experimentalgruppe. Verstärkend hinzu kam die stärkere Zustimmung zum Schemaaspekt in der Kontrollgruppe. Diese signifikante Veränderung zeigte eine große Effektstärke ($f=0.51$). Gründe für die abschwachende statische Sichtweise durch die Programmteilnahme können hier vermutet werden. An manchen Schulen haben die Schulverantwortlichen oder die Schulleiter im Kollegium Werbung für das Programm Mathe.Forscher gemacht, nachdem sich die Schulen schon zur Teilnahme am Programm entschieden hatten. An einer Schule wurde das gesamte Fachkollegium durch die Schulleitung zur Programm-Teilnahme verpflichtet. Aus manchen Einzelgesprächen mit Lehrkräften ging hervor, dass Freundschaften im Kollegium ausschlaggebend für die Teilnahme waren. Die Voraussetzung, dass sich nur Lehrkräfte mit dynamischer Sicht zur Teilnahme an Fortbildungen zu forschend-entdeckenden Unterrichtskonzepten bereit erklären, wurde damit ausgehebelt. Auch Lehrkräfte mit einer eher statischen Sicht hatten dadurch die Gelegenheit an einem Fortbildungskonzept teilzunehmen, dass sie aus sich heraus vielleicht nicht gewählt hatten. Eventuell konnten dann durch die Programminhalte (wie zum Beispiel selbst zum forschend-entdeckendem Lernenden zu werden, durch die darauf angelegten Fortbildungen, durch verpflichtete Umsetzung von forschend-entdeckenden Einheiten im eigenen Unterricht, durch beobachtete positive Effekte auf die Schülerinnen und Schüler) die Vorzüge von forschend-entdeckendem Lernen aufgezeigt werden und eine Einstellungsänderung der Lehrkräfte bewirken. Weiterführende Untersuchungen hätten die Möglichkeit, diese Vermutungen zu bestätigen. Da Einstellungsänderungen langwierig sind, ist vor dem Hintergrund der Messzeitpunkte im Anstand von neun Monaten zu vermuten, dass größere Abstände hier deutlichere Ergebnisse zeigen würden.

Zusätzlich zu den mitgebrachten Einstellungen und Einstellungsänderungen gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht wurde die Zustimmung zu den Mathe.Forscher-Dimensionen untersucht. Die Mathe.Forscher-Dimensionen „Lernendenaktivität/Handeln als Lernbegleiter“, „Unterricht öffnen“ und „Mathematik sichtbar machen“ bildeten jeweils einen eigenen zu untersuchenden Aspekt. Experimental- und Kontrollgruppe zeigten eine sehr hohe Zustimmung zu den Mathe.Forscher-Dimensionen, die sich über die Zeit kaum veränderte. Die beiden Gruppen unterschieden sich dabei nicht signifikant. Analog zur dynamischen Sicht auf Mathematik zeigten nahezu 75 Prozent der befragten Lehrkräfte eine schon zu Beginn der Programmteilnahme hohe Zustimmung zu den Mathe.Forscher-Dimensionen mit Werten zwischen 4 und 5 bei einer fünfstufigen Likert-Skala. Die drei Mathe.Forscher Dimensionen können den in Kapitel 2 zugeordneten Merkmalen von forschend-entdeckendem Lernen zugeordnet werden.

Die Mathe.Forscher-Dimensionen wurden entwickelt als eine Art Checkliste oder Leitfaden, an dem sich die Lehrerinnen und Lehrer entlangarbeiten können, um forschend-entdeckendes Lernen in den Regelunterricht zu implementieren. Die statistische Nachweisbarkeit der drei Mathe.Forscher-Dimensionen „Lernendenaktivität/Handeln als Lernbegleiter" (1), „Unter-richt öffnen" (2) und „Mathematik sichtbar machen" (3) bedeutet, sie konnten durch eine Faktorenanalyse als eigenständige und unabhängige Mathe.Forscher-Dimensionen bestätigt werden (vgl. Kapitel 5.2.1.1, ab S. 135). Zwei der Mathe.Forscher-Dimensionen erwiesen sich allerdings nicht als tauglich, um in gegebener Form als Leitfaden von den Lehrerinnen und Lehrern verwendet zu werden. Die Mathe.Forscher-Dimension „Anwenden der Mathe.Forscher-Prinzipien" (3) besteht aus den Elementen Entdeckendes Lernen, Forschendes Lernen und Projektartiges Lernen. Da diese drei Elemente erstens nicht immer zu unterscheiden sind (vgl. Kapitel 2.1), zweitens die Dimensionen gerade das forschend-entdeckende Lernen anleiten soll, ist diese Dimension als Leitfaden ungeeignet. Dass ein Leitsatz wie „Um forschend-entdeckendes Lernen im Unterricht zu implementieren, wende forschendes oder entdeckendes Lernen an." nicht hilfreich ist, erklärt sich von selbst. Die zweite Mathe.Forscher-Dimension, die nicht als eigenständiges Merkmal von Mathe.Forscher nachgewiesen werden konnte, ist das „Arbeiten mit Forscherfragen" (5), bestehend aus den drei Elementen „an die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler anknüpfen", „gemeinsam Fragenstellen üben" und „vielfältige Herangehensweisen ermöglichen".

Die Mathe.Forscher-Dimensionen bilden also forschend-entdeckendes Lernen ab, was der dynamischen Sichtweise auf Mathematik und Mathematikunterricht zugeordnet werden kann. Analog dazu ist auch hier zu vermuten, dass die dynamische Sichtweise dazu geführt hat, dass die Teilnehmenden an den Programminhalten interessiert waren, was zur Teilnahme animiert hat. Dies wiederum geht mit einer Zustimmung zu Programminhalten einher.

Tab. 7.1: Die Mathe.Forscher-Dimensionen von 2014 (Quelle: matheforscher.de, zuletzt abgerufen am 05.02.2019)

Anwenden der Mathe.Forscher Prinzipien	Öffnen des Unterrichts	Arbeiten mit Forscherfragen	Handeln als Lernbegleiter	Mathematik sichtbar machen
Entdeckendes Lernen	Zusammenarbeit mit anderen Fächern	An die Lebenswelt der SchülerInnen anknüpfen	SchülerInnen eine aktive Rolle ermöglichen	Mathematische Erkenntnisse dokumentieren
Forschendes Lernen	Aufsuchen außerschulischer Lernorte	Gemeinsam Fragenstellen üben	Konstruktiv mit Ideen der SchülerInnen umgehen	Fachsprache verwenden
Projektartiges Lernen	Zusammenarbeit mit außerschulischen Partnern	Vielfältige Herangehensweise ermöglichen	Mit SchülerInnen gemeinsam Meilensteine erarbeiten	Gefundene Ergebnisse/Ideen besprechen

Mit Hilfe der Mathe.Forscher-Dimensionstabelle können die Lehrkräfte eigenverantwortlich Mathe.Forscher-Einheiten planen und in ihrem Unterricht durchführen. Vorbereitend stehen ihnen dabei die Prozessbegleiter zur Seite, nachbereitend werden Dokumentationen der

Einheiten und deren Durchführung auf einer Internetplattform hochgeladen (Dokutools) und mit den Prozessbegleitern reflektiert. In Einzelgesprächen mit den Lehrkräften wurde deutlich, dass Mathe.Forscher-Einheiten nicht immer wie vom Programm angestrebt im Regelunterricht implementiert werden. Eine Durchführung findet dann zum Beispiel an Projekttagen oder -wochen statt. Manche Lehrkräfte schilderten seltene Umsetzungen von Mathe.Forscher-Einheiten in Zusammenhang mit Unsicherheiten, wie die Ergebnisse der Schülerinnen und Schüler in Noten berücksichtigt werden könnten. In Deutschland entscheiden an den meisten Schulen zu einem großen Teil vielfältig erhobene Noten über die Schullaufbahn der Schülerinnen und Schüler. Eine Voraussetzung, um forschend-entdeckendes Lernen im Regelunterricht implementieren zu können, ist dessen Benotung. Zum einen, um dafür verwendete Zeit nicht unbenotet zu lassen. Zum anderen als Rechtfertigung für die Schülerinnen und Schüler, aber auch für die Eltern und die Lehrkräfte. Eine Bewertung im Sinne von Benotung oder Einbezug in die Mathematiknote ist durchaus möglich, wie unter anderem Beat Wälti ausführlich beschreibt (Wälti, 2017). Auch andere Fächer wie Bildende Kunst, in denen nicht nur die Bewertung von Produkten sondern auch der Einbezug von Prozessen in die Bewertung und Benotung alltäglich sind, geben die Möglichkeit als Vorbild für die Bewertung von Mathe.Forscher-Arbeiten der Schülerinnen und Schüler dienen zu können (vgl. zum Beispiel Peez, 2008). Ein weiterer Grund, warum Mathe.Forscher-Unterricht nicht in den Regelunterricht implementiert wurde, ist eine Art Trägheit im Umsetzen neuer Ideen beim unterrichtlichen Handeln. Um dieses (nachhaltig) zu ändern haben sich unter anderem zwei Strategien als erfolgreich erwiesen: Rollentausch und Perspektivwechsel (Pehkonen & Törner, 1999). Lehrerfortbildungen nach dem Ansatz der Aktionsforschung (Altrichter, Posch, & Spann, 2018; Hussy, Schreier, & Echterhoff, 2013) könnten sich bei Aufnahme in das Mathe.Forscher-Programm als gewinnbringend erweisen. Ein Beispiel wie LFBs in diesem Sinne umgesetzt werden können, bietet eine Fallstudie des IMST (Zehetmeier, 2010), in der Lehrkräfte angeleitet ihren eigenen Unterricht dokumentieren, analysieren und evaluieren. Die vom Mathe.Forscher-Programm eingesetzten Doku-Tools decken einen kleinen Teil dieser Dokumentationen ab und könnten sich durch eine angeleitete Analyse und Evaluation durch die Lehrkräfte selbst ertragreich für das Programm erweisen. Zusätzlich zur damit erreichten (Zwischen-) Evaluierung der Einheiten entsteht ein bewerteter Materialpool, der Anreize zur Umsetzung eigener Mathe.Forscher-Aktivitäten bietet.

Fasst man die oben vorgestellten Ergebnisse zusammen, so kann die Frage „Wirkt das Programm Mathe.Forscher auf die Einstellung der Lehrerinnen und Lehrer gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht?“ insgesamt betrachtet vorsichtig bejaht werden. Durch die Teilnahme am Programm sinkt die Zustimmung auf die statische Sicht gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht.

Bei der unverändert hohen Zustimmung sowohl zur dynamischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht als auch zu den Mathe.Forscher-Dimensionen bleibt offen, ob die bereits vor der Programmteilnahme hohe Zustimmung zu diesen Aspekten eventuell überhaupt zu Teilnahme am Programm und im Falle der Kontrollgruppe zur Teilnahme an der Studie geführt hat. Die Reihenfolge der Wirkungsweisen und Wechselbeziehung ist wie in Kapitel 2.2 dargestellt vielschichtig und nicht linear.

Einen nicht unwesentlichen Einfluss auf Wirkungen jeglicher Art hat die konkrete Umsetzung von Programmeinheiten im Regelunterricht. Diese wurden in der vorliegenden Studie allerdings nicht erhoben. Es muss davon ausgegangen werden, dass sich die Idealvorstellung von Mathematikunterricht einer Lehrperson, die sich in Fragebögen zeigen kann, von real abgehaltenem Unterricht unterscheidet (Handal, 2003; Törner, 1998). Ob die Lehrkräfte Mathe.Forscher-Einheiten also fest implementiert haben oder nur einzelne oder gar nur eine einzige Aktivität durchgeführt wurde, wird hier nicht deutlich.

7.2 Wirkung auf die Lernenden

Die Ergebnisse die Schülerinnen und Schüler betreffend sind vor dem Hintergrund der zum Teil nicht reliablen Skalen zu interpretieren (vgl. hierzu Kapitel 5).

Experimental- und Kontrollgruppe können nicht unterschieden werden, wenn man die Veränderung der statischen und dynamischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht und die Zustimmung zu den Mathe.Forscher-Dimensionen im Abstand von 0;9 Jahren betrachtet. Die erhobenen Daten zeigen, dass die Werte sich in einem Abstand von 0;9 Jahren nicht stark ändern, weder in eine positive, noch in eine negative

Richtung. Der Abstand der Erhebungen ist mit neun Monaten allerdings eher kurz bezogen auf die Untersuchung von Einstellungsänderungen. Eine Follow-Up-Untersuchung könnte hier aufschlussreich sein. Auf Grund der nur geringen Kennzahlen wäre die Entwicklung eines standardisierten und reliableren Messinstruments anzustreben. Da die Fragebögen der Pilotstudie mit 79 Items beachtlich waren, ist vor allem für die unteren Jahrgänge ein knapperes Messinstrument wünschenswert.

Die Interviews, die mit Schülerinnen und Schülern der Experimentalgruppe geführt wurden, konnten hier aussagekräftigere Ergebnisse bringen. Die Leitfragen bezogen sich ausschließlich auf die Programmteilnahme. In den Interviews wurden keine Fragen zum Regelunterricht gestellt. Ob Mathe.Forscher-Aktivitäten wie vom Programm angestrebt bereits fester Bestandteil des Regelunterrichts sind und somit alle Aussagen in diesen Fällen auch für den Regelunterricht gelten, wurde nicht erfragt. Wurden von den befragten Schülerinnen und Schülern Bezüge zum Regelunterricht geschildert, so geschah dies ohne Nachfragen des Interviewenden. Dies lässt vermuten, dass die geschilderten Auswirkungen als prägend weil berichtenswert waren. Eine Überarbeitung der Interviewleitfäden bietet sich an, um auch Daten bezogen auf den Regelunterricht zu erhalten. Die geschilderte Vermutung könnte so bestätigt oder widerlegt werden.

Die Analyse der durchgeführten Interviews ergab, dass die Schülerinnen und Schüler während der Teilnahme am Programm verstärkt Mathematik mit anderen Fächern und ihrer Lebenswelt verknüpfen. Zudem empfinden die Schülerinnen und Schüler während der Teilnahme am Programm

Mathe.Forscher Freude in Bezug auf ihren Mathematikunterricht. Einzelgespräche mit den Lehrkräften der Klassen bestätigten diese beiden Erkenntnisse.

Die Frage, ob es dem Programm Mathe.Forscher gelingt, Auswirkungen auf die affektiv-motivationale Entwicklung der Schülerinnen und Schüler zu zeigen, kann vorsichtig mit ja beantwortet werden. Durch die Teilnahme am Programm kann über einen Zeitraum von 0;9 Jahren zwar keine Einstellungsänderung gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht beobachtet werden. Die empfundene Freude in Bezug auf den Mathematikunterricht während der Teilnahme am Programm und die Verknüpfung von Mathematik mit Aspekten über den Mathematikunterricht hinaus sind dagegen deutlich erkennbar. Die Ziele des Mathe.Forscher-Programms „Freude am Fach Mathematik vermitteln“ und „Inner- und außerschulische Bezüge von Mathematik herstellen“ (vgl. Kapitel 3.1, S. 79) werden nachweislich erreicht. Analog zu Einstellungsänderungen bei Lehrkräften sind Einstellungsänderungen bei Schülerinnen und Schülern ebenfalls langwierig. Empfundene Freude könnte hier allerdings ein Schlüssel sein.

Emotionen und Motivation sind gleichzeitig Voraussetzung und Ergebnis von Lernprozessen und Lernleistung (Schukajlow, Rakoczy, & Pekrun, 2017). Sowohl Emotion als auch Motivation sind mit Interesse verknüpft. Verschiedene Studien zum Thema Interessensverlauf fanden heraus, dass gerade das Interesse an Inhalten der Fächer der Naturwissenschaften und Mathematik im Verlauf der Schulzeit abnimmt (Ehm & Hasselhorn, 2020). Ehm und Hasselhorn beschreiben in diesem Zusammenhang, dass

Lehrkräfte dem entgegenwirken könnten indem sie durch einen „kurzfristigen Zustand von Aktiviertheit und Neugier“ durch die geeignete Unterrichtsgestaltung individuelles Interesse auslösen können. Es handele sich dabei um das situationale Interesse, das ausschlaggebend für anhaltendes individuelles Interesse sein kann (Ehm & Hasselhorn, 2020). Voraussetzung dafür ist laut den Autoren zum einen, dass das situationale Interesse wenigstens so lange durch positive Emotionen bis es lernwirksam werden kann, zum anderen muss es eine individuelle Wertzuschreibung erhalten, zum Beispiel durch die Bedeutung eines Themas (ausführlicher vgl. auch Mitchell, 1993). Durch ein häufiges Kompetenzerleben auf der Stufe einer angemessenen Herausforderung kann das Interesse in das individuelle Wertesystem aufgenommen werden (Ehm & Hasselhorn, 2020, S. 34). Schülerinnen und Schüler beurteilen Aufgaben mit stärkerem Realitätsbezug im Vergleich zu schon vereinfachten Aufgaben als interessanter (Greefrath, 2013). Tsai und Kollegen fanden heraus, dass ganz im Sinne der Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan (2004) diejenigen Lernenden ein höheres Interesse am Unterricht hatten, die sich von ihrer Lehrkraft in der Autonomie gefördert und dennoch unterstützt fühlten als diejenigen, die ein Gefühl von Kontrolle hatten (Tsai, Kunter, Lüdtke, Trautwein, & Ryan, 2008, S. 468). Die Merkmale forschend-entdeckenden Lernens werden genau diesem Umstand gerecht: Realitätsnahe Aufgaben, die selbstbestimmt untersucht werden. Die in der hier vorliegenden Studie bestätigte Freude gegenüber Mathematik im Rahmen des Programms und das Erkennen von Querbezügen zu anderen Kontexten bestätigen das.

8 Reflexion, Empfehlungen, Ausblick und Fazit

In diesem Kapitel werden die hier vorliegende Untersuchung und ihre Ergebnisse über den in Kapitel 2 (ab Seite 24) vorgestellten theoretischen Rahmen hinaus kritisch reflektiert. Somit können die Ergebnisse eingeordnet werden und über das Mathe.Forscher-Programm hinaus übertragen werden.

Anschließend soll eine Empfehlung gegeben werden, welche Handlungsoptionen sich aus den Ergebnissen insgesamt ergeben.

In einem dritten Abschnitt wird ein Ausblick gegeben, welche Fragen offen geblieben sind bzw. welche neuen Fragen sich aus der Untersuchung ergeben haben.

8.1 Kritische Reflexion der Untersuchung

8.1.1 Untersuchungsdesign und -durchführung

Die Studie wurde als Mixed-Methods-Längsschnittstudie im Experimental-Kontrollgruppen-Design mit drei Testzeitpunkten der quantitativen Fragebogenerhebung und parallelen Leitfadeninterviews zum zweiten und dritten Untersuchungszeitpunkt angelegt. Der Erhebungszeitraum erstreckte sich auf eineinhalb Jahre (vgl. Kapitel 5.1). Die Anlage als Längsschnittstudie ermöglichte es, nach der Bestandsaufnahme beim ersten Messzeitpunkt Veränderungen der Einstellungen und der Programm-Zustimmung zu erheben. Durch die parallelen, semistrukturierten Interviews sollten zusätzlich Auswirkungen des Programms auf affektiv-motivationaler Ebene der Schülerinnen und Schüler erhoben werden.

Die Langzeiterhebung wurde auf Grund der nur sehr geringen Teilnahme an der Befragung auf zwei Testzeitpunkte im Abstand von neun Monaten verkürzt. Dieser Abstand ist sehr gering, will man Einstellungsänderungen erheben.

Die Forschungsfragen teilten sich auf in zwei Teile. Zum einen wurden die Auswirkungen des Programms auf die Einstellungen der Lehrpersonen und ihre Zustimmung zu den Mathe.Forscher-Dimensionen untersucht. Zum anderen wurden Auswirkungen auf die Schülerinnen und Schüler untersucht. Die Daten der Lernenden wurden auch auf Geschlechterunterschiede hin untersucht. Eine Zusammenführung der Daten von Lehrpersonen und den jeweiligen Klassen gab es nicht. Um hier Zusammenhänge erkennen zu können – beispielsweise die Einstellungsänderung einer Lehrkraft und damit gegebenenfalls verbundene Einstellungsänderungen der Schülerinnen und Schüler – wäre eine Zusammenführung der Daten gewinnbringend. Auch die affektiv-motivationale Entwicklung der Lehrerinnen und Lehrer und deren etwaiges Zusammenwirken mit den Schülerinnen und Schülern wäre eine gelungene Ergänzung gewesen. Interviews mit den Lehrkräften hätten integriert werden können, um dies zu ermöglichen und auf Antwortverhalten im Gespräch vertiefend einzugehen.

Die ausgewerteten Daten erlauben keinen Rückschluss auf die konkrete Umsetzung der Mathe.Forscher-Einheiten im Unterricht. Die Lehrerinnen und Lehrer gaben zwar als Voraussetzung zur Teilnahme an der Studie an, ob Mathe.Forscher-Einheiten durchgeführt wurden. Wie genau diese Einheiten umgesetzt wurden bleibt in der hier vorliegenden Studie offen. Auch ob die Lehrkräfte Mathe.Forscher-Einheiten fest im Regelunterricht implementiert haben oder nur einzelne oder gar nur eine einzige Aktivität durchgeführt wurde, wird hier nicht deutlich. Möglichkeiten der Erhebung dieser Daten bieten Fragebögen, Interviews oder eine Auswertung der Doku-Tools – sofern diese von den Lehrkräften eingereicht wurden. Ein Abgleich mit Befragungen der Schülerinnen und Schüler könnten diese Angaben bestätigen, um das Problem der „sozialen Erwünschtheit" (Scholl, 2015, S. 219 ff.) zu umgehen.

Die Fragebögen der Schülerinnen und Schüler wurden an die Schulverantwortlichen der jeweiligen Schulen geschickt, dort an die Mathe.Forscher-Kolleginnen und –Kollegen verteilt. Bei der Durchführung der Fragebögen gaben trotz eines Manuals manche Lehrkräfte in ihrer Klasse Hilfestellung beim Ausfüllen, andere Lehrkräfte ließen die Schülerinnen und Schüler auf sich gestellt. Möglich Einflüsse dadurch bleiben bei der Auswertung der Daten unberücksichtigt.

Die Studie wurde geplant für die Region Heilbronn-Franken. Da das Programm in dieser Region erstmalig 2015 startete, galten die Bedingungen als ideal um die Untersuchung durchzuführen, da vor dem ersten Messzeitpunkte keine Berührungspunkte mit dem Programm Mathe.Forscher möglich waren. Die einzelnen Bestandteile des Programms konnten nach dem Start leider nicht bestehen bleiben: Die Prozessbegleiter fielen aus. Da damit ein wichtiger Baustein des Programms fehlte, ist dies bei der Übertragung der Ergebnisse (vgl. auch Kapitel 8.4) zu berücksichtigen.

8.1.2 Stichprobe

Vor allem bei den Lehrerinnen und Lehrern aber auch bei den befragten Schülerinnen und Schülern handelt es sich um eine sehr bis eher geringe Stichprobe, gerade wenn man alle drei Erhebungszeiträume betrachtet.

Eine Zusammenführung von Daten der Lehrkräfte mit Daten von den von ihnen unterrichteten Klassen war auf Grund der geringen Teilnahme an den Befragungen nur in wenigen Einzelfällen möglich, allerdings nicht über eine längere Laufzeit. Auch für die Untersuchung von Klassenunterschieden oder Altersunterschieden wäre eine größere Stichprobe bzw. eine kleinere Panel-Mortalität nötig gewesen.

Dass Teilnehmer bei Längsschnittstudien nicht an allen Befragungen teilnehmen oder sogar ausscheiden, die sogenannte Panelmortalität, ist bei Befragungen nicht unüblich. Die Panelpflege ist ein nicht zu unterschätzender Zeitfaktor um zur Teilnahme bei Befragungen mit Messwiederholung zu motivieren (Bortz & Döring, 2016, S. 212). Die Stichprobe bei der hier vorgestellten Studie schrumpfte während der Programmlaufzeit von fast zwei Jahren überdurchschnittlich. Mehrere Versuche schlugen fehl, die Verweigerer der Teilnahme an der Befragung zu erreichen (z.B. erhöhte Anzahl der Kontaktversuche, Verteilung von Gutscheinen oder der Einsatz unterschiedlicher Kontaktverfahren wie postalisch, telefonisch oder per Mail). Aus Kosten-Nutzen-Gründen wurden die Versuche irgendwann eingestellt. Das Phänomen der Kooperationsverweigerung kann begründet sein durch Zeitmangel, Unklarheit über die Relevanz der Befragung oder prinzipielles Unbehagen gegenüber Befragungen (Scholl, 2015). Welcher dieser Gründe hier hauptsächlich zum Tragen kommt, kann nicht abschließend geklärt werden. Da die Relevanz der Evaluation allerdings thematisiert wurde und die Rückmeldungen bei direktem Nachfragen eher positiv ausfielen, liegt der Zeitmangel am nahesten. In der Region Heilbronn-Franken gab es außerdem auch Schulen oder einzelne Lehrpersonen, die die Teilnahme am Programm vorzeitig beendeten. Spannend wäre hier ein Erfragen der Ursachen. Leider waren diese Aussteiger aber nicht zu einer abschließenden Befragung bereit. Nicht alle Befragungs-Verweigerer beendeten auch die Teilnahme am Programm, was durch das Einreichen von Dokutools und die Teilnahme an weiterhin stattfindenden Fortbildungen deutlich werden konnte. Ein Problem, die am Programm Teilnehmenden zu allen drei Zeitpunkten zu befragen, spielten dabei sicherlich die fehlenden Prozessbegleiter als Kontaktpersonen vor Ort. Die Evaluation des Programms 2012 in der Region Nord erfreute sich einer regeren Beteiligung als bei der hier vorgestellten Studie. Die damalige Studie entstand mit Unterstützung der damaligen Prozessbegleiter, die als direkte Ansprechpartner in der Region Nord Beziehungen zu den dort teilnehmenden Lehrkräften aufgebaut hatten.

Die hier vorgestellte Studie wurde ohne diese Beziehungsebene durchgeführt, da sie von mir als komplett externe Befragerin ohne Prozessbegleiter durchgeführt wurde. Dies bringt zwar den Vorteil, nicht als Programmteam-Mitglied zu gelten und Aspekte der sozialen Erwünschtheit bei Befragungen zu umgehen, gleichzeitig fehlt aber die Verbindlichkeit und Verlässlichkeit. Der Kompromiss bei der Evaluation 2012 einer externen Evaluation mit Unterstützung der Prozessbegleiter wäre hier ebenfalls wünschenswert gewesen.

Die Stichprobe ist nicht global-repräsentativ (Bortz & Döring, 2016, S. 299), da sie nicht in allen Merkmalen wie zum Beispiel Schulart, Jahrgangsstufe oder Grundeinstellung der Populationszusammensetzung entspricht. Wie oben beschrieben (Kapitel 5.1.2) handelt es sich um keine probabilistische Stichprobe, der Mindeststichprobenumfang wird außerdem nicht eingehalten. Die Stichprobe kann aber als merkmalsspezifisch-repräsentativ (Bortz & Döring, 2016, S. 298) bezüglich der Teilnahme am Programm Mathe.Forscher angesehen werden.

8.1.3 Messwerkzeuge

In der vorliegenden Untersuchung im Mixed-Methods-Design wurden Fragebögen und Interviewleitfäden verwendet, die quantitativ und qualitativ analysiert wurden.

Die Fragebögen der Lehrenden und der Lernenden entstanden aus einer Kombination von bereits standardisierten Fragebögen und selbstentwickelten Items. Sie wurden angepasst und gekürzt. Teilweise bestehen die Skalen der Fragebögen aus nur wenigen Items. Die Skalen der Lernenden-Fragebögen sind teilweise nicht reliabel. Die Entwicklung eines a) standardisierten und b) reliableren Messinstrumentes ist anzustreben, das auch für Grundschülerinnen und -schüler einsetzbar ist. Die Teilnahme von Grundschullehrkräften und ihren Klassen am Mathe.Forscher-Programm hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Die schriftliche Befragung mittels geschlossenem Fragebogen ist nur ein grobes Instrumentarium, will man Einstellungen auf Mathematik abbilden, die eher komplex zu bewerten sind (vgl. auch Grigutsch, Raatz, & Törner, 1998, S. 22). Weitere Aspekte spielen im unterrichtlichen Handeln eine Rolle, die nicht ausschließlich über Fragebögen erhoben werden können (Voss, Kleickmann, Kunter, & Hachfeld, 2013). Ein Abgleich mit weiteren Erhebungsmethoden wie Interviews, Beobachtungen, visuelle Datenerhebungen etc. bietet sich an.

Die Items zu den Mathe.Forscher-Dimensionen wurden selbst entwickelt. Die Items zu den Skalen der drei Mathe.Forscher-Dimensionen „Lernendenaktivität/Handeln als Lernbegleiter“, „Unterricht öffnen“ und „Mathematik sichtbar machen“ können als gelungen bewertet werden. Dass die Mathe.Forscher-Dimension „Anwenden der Mathe.Forscher-Prinzipien“ nicht als eigenständige Skala durch eine Faktorenanalyse abgebildet werden konnte, ist wie oben beschrieben offensichtlich. Bei der ebenfalls nicht nachweisbaren Mathe.Forscher-Dimension „Arbeiten mit Forscherfragen“ sind die ausschlaggebenden Gründe nicht so eindeutig. Eine Vermutung ist, dass die Lehrkräfte nach wie vor unsicher beim Erarbeiten der von den Schülerinnen und Schülern selbst gestellten Forscherfragen sind. Da die Skalen durch eine Faktorenanalyse aus den Daten der Pilotierung generiert wurden, könnte hier bei uneinheitlichem Antwortverhalten ebenfalls keine eigene Skala abgebildet werden. Eine zweite mögliche Begründung könnte sein, dass die Items diese Mathe.Forscher-Dimension nicht abbilden. Eine Überarbeitung dieser Items wird hier in beiden Fällen als sinnvoll erachtet.

Die sehr guten Intercoderreliabilitäten bei der Kategorienbildung sprechen für eine gute Grundlage des Kategoriensystems für die qualitative Auswertung der Interviews bezüglich der Hypothesen 2.2 und 2.3.

8.2 Fazit

Die vorliegende Case Study im Mixed-Methods-Design (Bortz & Döring, 2016, S. 215) mit Messwiederholung befasst sich mit dem Programm Mathe.Forscher der Stiftung Rechnen. Die Ergebnisse geben konkrete Rückschlüsse auf Auswirkungen durch die Programmteilnahme, die unter Beachtung der kritischen Reflexion dieser Studie auf forschend-entdeckendes Lernen insgesamt übertragen werden können.

Die Umsetzung forschend-entdeckenden Lernens im Mathematikunterricht bietet die Möglichkeit, Einstellungsänderungen bei den Lehrkräften zu bewirken. Genauer gesagt gelingt die Abschwächung einer statischen Sichtweise auf Mathematik: Mathematik als starres System verliert an Bedeutung während Mathematik als Tätigkeit ihre Bedeutung konstant beibehält. Gleichzeitig bedeutet forschend-entdeckender Unterricht für die Schülerinnen und Schüler gesteigerte Freude mindestens während der Teilnahme. Bei gelungener Implementierung dieses Unterrichtsansatzes wird forschend-entdeckendes Lernen zum Regelunterricht. Erlebte Freude im Mathematikunterricht wird dauerhaft möglich. Zudem ermöglicht das Unterrichtskonzept das Erkennen von Querbezügen von Mathematik zu anderen Disziplinen und Kontexten. Eine Auflösung der strikten Trennung von Mathematik („Mathematik gibt es nur im Mathematikunterricht.“) und Leben („Das ist das, was nach der Schule anfängt.“) scheint möglich.

Zur konkreten Umsetzung des forschend-entdeckenden Unterrichtsansatzes bieten sich die Mathe.Forscher-Dimensionen als Leitfaden an (vgl. Tab. 7.1, S. 228 und vor allem Tab. 8.1, S. 248). Die einzelnen Mathe.Forscher-Dimensionen bilden die Kernmerkmale forschend-entdeckenden Lernens mit dessen Umsetzung im Unterricht ab.

Nicht nur am Programm Beteiligte haben damit die Möglichkeit, ihre geplanten Einheiten auf Merkmale des forschend-entdeckenden Unterrichts zu überprüfen. In Kombination mit Hospitationen interessierter Kolleginnen und Kollegen, anschließender Feedbackrunde und Reflexion der Aktivitäten, Dokumentation und Eigenreflexion der geplanten und durchgeführten Einheiten bestehen Möglichkeiten der optimierenden Verankerung von forschend-entdeckendem Lernen im Unterricht. Auch regelmäßige Feed-backrunden mit den Schülerinnen und Schülern und sogar den Eltern bieten sich hier an.

Wie in europäischen Projekten wie Primas mehrfach untersucht und bestätigt, sind Schulleitungen bzw. politische Rahmenbedingungen wichtig zur Umsetzung neuer Ideen (Dorier & Garcia, 2013; Maaß & Artigue, 2013). Auch Oelkers und Reusser beschreiben in ihrem Aufsatz die Wichtigkeit des Zusammenspiels auf nationaler und regionaler Ebene sowie die Wichtigkeit der einzelnen Akteure wie Schulleitung und Lehrkräfte bei der Umsetzung von Innovationen im Schulsystem (Oelkers & Reusser, 2008). Im Sinne lebenslangen Lernens ist die Tatsache, dass Lehrerfortbildungen in Deutschland in der Regel nur auf freiwilliger Basis von Lehrerinnen und Lehrern besucht werden äußerst schwierig. Sieht man die Professionalisierung von Lehrkräften auf lange Sicht, so kann die Bildung von Lehrkräften nicht mit dem zweiten Staatsexamen als abgeschlossen gesehen werden. Regelmäßige Fortbildungen gehören verpflichtend in den Berufsalltag verschiedenster Berufe um beruflichen Stillstand entgegenzuwirken, Lehrerinnen und Lehrer sollten hier nicht fehlen. Innovationen und Weiterentwicklungen wie Digitalisierung könnten so von Beginn an die Lehrkräfte weitergegeben werden – nicht nur an interessierte. Verpflichtende Fortbildungen hielten außerdem die Chance bereit, dass Lehrerinnen und Lehrer neue und bis dato unbekannte Themen, Inhalte, Kolleginnen und Kollegen und vieles mehr entdecken lernen könnten. Auch hier kommen die Vorteile von Fortbildungen zum Vernetzen, Kooperieren, Austauschen und Horizont Erweitern zum Tragen. Da Fortbildungen für Lehrerinnen und Lehrer zurzeit nicht verpflichtend sind, besteht die Möglichkeit der Verbreitung des forschend-entdeckenden Unterrichtsansatzes durch Schulleitungen oder die Mathe-

Lehrkräfte, die in ihrem Kollegium Werbung machen und damit neue Forscher akquirieren.

Doch auch ohne Fortbildungen ist eine Umsetzung von forschend-entdeckendem Lernen im Unterricht möglich. Im Sinne vielfältiger Lehr-Lernprozesse für die Lehrkräfte bietet sich die Tabelle der Mathe.Forscher-Dimensionen als Leitfaden zur Planung einer Mathe.Forscher-Einheit sehr gut an. In Kombination mit Hospitationen durch Kolleginnen und Kollegen, anschließender Feedbackrunde und Reflexion der Aktivitäten durch die Lehrkraft selbst, Kolleginnen und Kollegen, Schülerinnen und Schüler und eventuell auch durch die Eltern, Dokumentation und Eigenreflexion der geplanten und durchgeführten Einheiten ergibt sich eine für alle Beteiligten gewinnbringende Umsetzung von forschend-entdeckendem Lernen.

8.3 Empfehlungen

Das Programm Mathe.Forscher erfüllt eine Vielzahl an günstigen Voraussetzungen effektiver Fortbildungen für Lehrerinnen und Lehrer. Die Mathe.Forscher-Programmziele und Anforderungen an die Lehrkräfte sind von Beginn an transparent. Das Programm orientiert sich stark an den Teilnehmerinnen und Teilnehmern, indem die Inhalte der forschend-entdeckenden Mathe.Forscher-Aktivitäten frei wählbar und somit an den individuellen Bedarf und die eigenen Überzeugungen anpassbar sind. Zudem können Themenwünsche für Fortbildungen geäußert werden. Die Mathe.Forscher-Dimensionen wurden als unterstützende Maßnahme für die Lehrkräfte entwickelt und es werden regelmäßig Best-Practice-Beispiele veröffentlicht. Die Kombination von Fortbildungen, Zeiten der Umsetzung im eigenen Unterricht und Besuche durch die Prozessbegleiter ermöglicht eine Lehr-Lern-Vielfalt. Bei Netzwerktreffen werden außerdem Fallbeispiele und Durchführungen vorgestellt. Diese Netzwerktreffen, die sonstigen Fortbildungen und auch die Prozessbegleiter bieten Anregungen zur Kooperation. Professionelle Lerngemeinschaften aus Lehrkräften, externen Experten, Prozess- und wissenschaftlicher Begleitung werden durch die Programmleitung unterstützt. Dokutools, Feedback, Beratung und die Prozess- und wissenschaftliche Begleitung bieten zudem Möglichkeiten der Reflexionsförderung. (vgl. Kapitel 3.6, S. 111 ff.). Die Studie ließ dennoch einige Stellschrauben erkennen, deren Beachtung förderlich für alle Beteiligten wirken kann.

Prozessbegleiter

Wie oben beschrieben stellt die vorliegende Studie nur Ergebnisse aus der Region Heilbronn-Franken vor. Die Übertragung auf das Mathe.Forscher-Programm insgesamt ist nur bedingt möglich, da durch die hier ausgefallenen Prozessbegleiter ein wichtiger Baustein zur Unterstützung und Begleitung der Lehrerinnen und Lehrer fehlte. Die Personifizierung der Begleitung des Prozesses zur Fortbildung der Professionalisierung von Lehrkräften, die in einem Hauptteil der Kriterien effektiver Fortbildungen (Kapitel 2.2.3) steckt, hinterlässt mit deren Ausfall eine große Lücke. Im Rahmen von mit den Lehrenden geführten Einzelgesprächen wurde deutlich erkennbar, dass die Prozessbegleiter des Programms eine wichtige Rolle einnehmen. Dies lässt vermuten, dass die oben vorgestellten Ergebnisse in anderen Regionen deutlicher ausfallen, da durch die kontinuierliche Begleitung Rückmeldungen und Unterstützung regelmäßiger stattfinden können, die Verbindlichkeiten erhöht werden. Die Anzahl der Mathe.Forscher-Aktivitäten wurde nicht erhoben, es liegt allerdings nahe, dass bei regelmäßigen Besuchen durch die Prozessbegleiter auch regelmäßigere Aktivitäten umgesetzt werden als ohne diese „Kontroll“-Funktion. Außerdem besteht dadurch die Möglichkeit, dass die Panel-Mortalität durch die engere Begleitung in den anderen Regionen weniger hoch ist. Je höher die Stichprobe, desto zuverlässiger und repräsentativer können die Ergebnisse eingestuft werden. Die Prozessbegleiter sind in allen anderen Regionen nach wie vor fester Bestandteil des Programms. Das sollte auf jeden Fall so bestehen bleiben und bei Ausfall für adäquaten Ersatz gesorgt werden.

Mathe.Forscher-Dimensionen

Wie in Kapitel 7.1 ausführlich dargelegt, sollten die Mathe.Forscher-Dimensionen in der hier vorgestellten Version (Tab. 7.1, S. 228) nicht bestehen bleiben. Auf Grund der vorliegenden Untersuchung wurden die Mathe.Forscher-Dimensionen überarbeitet und geändert (vgl. Tab. 8.1). Sie sind auf der Homepage der Mathe.Forscher zu finden (StiftungRechnen, 2020).

Tab. 8.1: Die Mathe.Forscher-Dimensionen von 2020 (Quelle: matheforscher.de/dabei-sein, zuletzt abgerufen am 07.02.2021)

Mathematik weiterdenken	Lernprozesse individualisieren	Mit Forscherfragen arbeiten	Mathematik sichtbar machen	Leistungen beurteilen
Unterricht inhaltlich öffnen	SchülerInnen aktive Rolle ermöglichen	Fragenstellen üben	Mathematik suchen und finden	Individuelle Lernziele zulassen
Außerschulische Lernorte aufsuchen	Strukturelle und inhaltliche Impulse setzen	Vielfältige Herangehensweisen ermöglichen	Fachsprache anwenden	Kriterien erarbeiten und anwenden
Mit anderen Fächern zusammenarbeiten	Konstruktiv mit Ideen der SchülerInnen umgehen	An die Lebenswelt der SchülerInnen anknüpfen	Mathematische Erkenntnisse dokumentieren	SchülerInnen zur Selbstreflexion anleiten

Die Mathe.Forscher-Dimension „Anwenden der Mathe.Forscher-Prinzipien“ wurde ausgehend von den Ergebnissen der Untersuchung gestrichen. Als neue Mathe.Forscher-Dimension wurde „Leistungen beurteilen“ in die Tabelle aufgenommen. Sie besteht aus den Elementen „Individuelle Lernziele zulassen“, „Kriterien erarbeiten und anwenden“ und „Schülerinnen und Schüler zur Selbstreflexion anleiten“. Gerade bei der Verankerung des forschend-entdeckenden Unterrichtsansatzes in den Regelunterricht ist es wichtig, die durchgeführten Einheiten als „vollwertigen“ Unterricht zu sehen. Vollwertig bedeutet in diesem Sinne, dass auch hier Leistungen in Form von Produkten und vor allem Prozessen benotet werden (vgl. Kapitel 7.1). Sowohl für die Lehrerinnen und Lehrer als auch für die Schülerinnen und Schüler und ihre Eltern erhalten Mathe.Forscher-Einheiten dadurch eine Rechtfertigung, Gewichtung und Würdigung. Die neue Mathe.Forscher-Dimension „Leistungen beurteilen“ wird sehr begrüßt.

Das Arbeiten mit Forscherfragen als Mathe.Forscher-Dimension wurde nicht geändert, was ebenfalls begrüßt wird. Das Anleiten der Schülerinnen und Schüler zum eigenen Fragenstellen stellt ein Hauptmerkmal des forschend-entdeckenden Lernens dar. Wie oben beschrieben sollte allerdings der Fragebogen überarbeitet werden, um diese Mathe.Forscher-Dimension damit abbilden zu können. Die Mathe.Forscher-Dimension an sich scheint hilfreich für einen Leitfaden.

8.4 Ausblick

Ausgehend von den Ergebnissen und der kritischen Reflexion der hier vorliegenden Untersuchung ergeben sich verschiedene anschließende Forschungsfragen. Erläutert werden sollen hier Überlegungen zur Übertragbarkeit der Ergebnisse, der Implementierung des forschend-entdeckenden Unterrichtsansatzes, der Nachhaltigkeit der Auswirkungen und der Emotionsforschung.

Übertragbarkeit

Erhoben wurde die Wirkung des Programms Mathe.Forscher auf die Lernenden und Lehrenden in der Region Heilbronn-Franken bezüglich ihrer Einstellungen gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht. Wie oben beschrieben sind die Ergebnisse wegen der Stichprobengröße und der ausgefallenen Prozessbegleiter nur bedingt auf andere Mathe.Forscher übertragbar.

Ob die Ergebnisse auf andere Regionen oder das Programm Mathe.Forscher insgesamt übertragen werden kann, bleibt offen. Gerade, da ein Grundpfeiler von erfolgreichen Fortbildungskonzepten – die Prozessbegleitung – in dieser Region ausgefallen ist, ist eine Übertragung der Ergebnisse auf andere Regionen nicht sinnvoll. Zu vermuten sind hier deutlichere Ergebnisse, da davon auszugehen ist, dass durch regelmäßige Besuche der Prozessbegleiter in den Schulen eine größere Verbindlichkeit der Durchführung von Mathe.Forscher Aktivitäten im Unterricht aufgebaut wird. Eine Überprüfung der Ergebnisse in weiteren Regionen gäbe hier Aufschluss.

Die Untersuchung des Programms bezüglich Auswirkungen auf die Bereiche des Handelns und des Wissens sowohl der Lehrenden als auch der Lernenden ließen sich hier wunderbar anschließen oder sogar integrieren.

Insgesamt ist die Größe der Stichproben der Lehrpersonen sehr gering und die Skalen bei den Lernenden-Fragebögen nicht ausreichend reliabel. Ein Grund hierfür könnten Item-Formulierungen sein, die für die Schülerinnen und Schüler der Grundschule zu kompliziert waren. Eine größer angelegte Studie, bei der Item-Formulierung angepasst und die Panel-Mortalität geringer gehalten wird (Vorschläge dazu finden sich im Kapitel 8.1), gäbe die Möglichkeit, die Ergebnisse der vorliegenden Studie zu bekräftigen.

Implementierung

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob die Teilnahme Auswirkungen auf die Einstellungen der Teilnehmenden hat. Außerdem wurde das Erreichen der Programmziele von Lebensweltbezügen und vermehrter Freude bei den Lernenden untersucht.

Voraussetzung ist eine Offenheit und Flexibilität der Lehrkräfte, sowohl bei der Durchführung von forschend-entdeckenden Einheiten im eigenen Unterricht als auch beim Einlassen auf die Bausteine des Mathe.Forscher-Programms. Die angestrebte Umsetzung der Mathe.Forscher-Ideen im Regelunterricht bedingt also zunächst eine positive Einstellung gegenüber dem Programm, die dann auch zu einer Implementierung des Unterrichtsansatzes im eigenen Unterricht führen kann (vgl. Lipowsky&Rzejak, 2012).

Spannend bleibt die Frage, wie die Lehrenden Mathe.Forscher-Einheiten in ihren Unterricht konkret implementieren, ob die Programmidee der Implementierung im Regelunterricht verfolgt wird, ob Unterschiede zu vor der Teilnahme am Programm erkennbar sind, auf was diese ggfs.

zurückgeführt werden können und welche Auswirkungen durch die umgesetzte Implementierung auf Lernendenseite folgen. Die Lücke zwischen Theorie und tatsächlicher Umsetzung im Unterricht ist oft groß (Maaß & Artigue, 2013).

In Einzelgesprächen wurden die Lehrenden gefragt, ob und wie sie Mathe.Forscher-Einheiten im Unterricht durchführen. Fast alle Lehrpersonen antworteten ganz im Sinne des Programms (vgl. hierzu die Reaktivitätsforschung oder auch die „soziale Erwünschtheit“ (Scholl, 2015, S. 209 ff)). Bei genauerem Nachfragen stellte sich dann teilweise heraus, dass durch die in der Region Heilbronn-Franken weggefallenen Prozessbegleiter die „Kontrolle“ und somit die Motivation, Mathe.Forscher-Einheiten umzusetzen oder zu planen oder zu dokumentieren, weggefallen sei. Da Angebote zu Fortbildungen und Beratung freiwillig wurden, sei weniger darauf zurückgegriffen worden, als möglich und vielleicht auch nötig gewesen wäre. Die Mathe.Forscher-Einheiten wurden nach Aussage mancher Lehrerinnen und Lehrer nicht im Regelunterricht implementiert wie vom Programm beabsichtigt, sondern ausschließlich an einzelnen Projekttagen oder -wochen durchgeführt. Und als letzten Punkt nannten viele Lehrkräfte, dass sie die Forscherfragen vorgegeben hatten. Das Fragen vom Lernenden aus müsse zwar gelernt werden und beginnt zunächst unter Anleitung und solle dann nach und nach eigenständig gekonnt werden, manche Lehrkräfte sind allerdings nie über den Punkt der Vorgabe von Forscherfragen hinausgekommen. Eine Begründung dafür sei erneut die mangelnde Kontrolle durch Prozessbegleiter. Andere Lehrkräfte berichteten von der schritt-weisen Heranführung an das eigene Fragenstellen. Zunächst wurden Fragen im Klassenverband gesammelt, wobei sich dann die Klasse auf Fragen für die Klasse, dann für die einzelnen Gruppen einigte. Im weiteren Verlauf der Durchführung von Mathe.Forscher-Einheiten konnten Gruppen auch eigene Fragen zu einem vorgegebenen Thema entwickeln und deren Beantwortung sinnvoll – ggfs. mit Beratung durch die Lehrperson – nachkommen. Fragte man auch Schülerinnen und Schüler aus der jeweiligen Klasse, so zeigte sich ein ähnliches Bild. Die Bandbreite der Umsetzung der Mathe.Forscher-Prinzipien schwankt stark. Die Studie müsste also sowohl die Lehrenden als auch die Lernenden diesbezüglich befragen. Außerdem könnten die Prozessbegleiter und die Dokutools zusätzlich Beachtung finden, da hier konkret auf unterrichtliches Handeln rückgeschlossen werden kann. Bei fester Verankerung des forschend-entdeckenden Unterrichtskonzepts in den Regelunterricht verschwimmt im Idealfall die Grenze zwischen Regelunterricht und forschendem Unterricht. Verallgemeinernd müssten damit Auswirkungen auf den Regelunterricht untersucht werden.

Nachhaltigkeit

Die Nachhaltigkeit von Lehrerfortbildungskonzepten gewinnt mehr und mehr an Bedeutung (Zehetmeier, 2014; Roesken-Winter, Hoyles, & Blömeke, 2015). Gelingt es dem Mathe.Forscher-Programm, dass die Lehrerinnen und Lehrer ihren Unterricht nachhaltig ändern? Hierauf gibt es exemplarische Hinweise, so zum Beispiel unter anderem zwei Lehrerinnen aus der Region Rhein-Neckar, die 2014 mit dem Programm Mathe.Forscher in ihrem Unterricht starteten und bis heute aktiv und motiviert am Programm teilnehmen und dies unter anderem durch Veröffentlichung von Beiträgen zeigen (Klein & Merkel, 2017). Interessant wäre hier die Frage, ob das Einzelfälle sind oder eine größere Gruppe von Lehrpersonen ihr unterrichtliches Handeln durch Mathe.Forscher geändert haben. Follow-Up-Tests bieten sich an, die nicht nur durch noch aktiv am Programm Teilnehmenden sondern auch bei abgeschlossener Programmteilnahme erhoben werden.

Auch auf der Lernendenseite ergeben sich Anschlussfragen bezogen auf Nachhaltigkeit. Die Interviews haben ergeben, dass die am Programm teilnehmenden Schülerinnen und Schüler Freude während der Teilnahme am Programm empfinden (Unterfrage 2.3). Die Frage nach Auswirkungen auf empfundene Freude während dem Regelunterricht während oder kurz nach der Teilnahme am Programm aber vor allem auch nachhaltig nach längerer Zeit bleibt weitestgehend unbeantwortet.

Emotionsforschung

Die Freude beim Lernen von Mathematik und im Mathematikunterricht wurde in der vorliegenden Studie qualitativ erforscht und gibt Rückschlüsse auf empfundene Freude während der Teilnahme am Programm. Eine Übertragung auf den Regelunterricht lässt sich erahnen, kann aber durch die Daten nicht beantwortet werden. Eine anschließende Studie, die sich vertieft mit der Freude an Mathematik und Mathematikunterricht der Schülerinnen und Schüler beschäftigt, könnte hier Klarheit schaffen. Auch Interessens- und Motivationsforschung (vgl. die Ausführungen in Kapitel 7.2) schließen hier an. Gleichzeitig stellen Emotionen auch auf Seiten der Lehrkräfte ein spannendes zu erforschendes Feld dar. Ideen bezüglich Emotionsforschung auf Lernendenseite sind zum Beispiel zu finden in Götz, Zirngibl und Pekrun (Lern- und Leistungsemotionen von Schülerinnen und Schülern, 2004), auf Lehrendenseite beschäftigt sich unter anderem Schwarzer-Petruck mit Emotionen (Emotionen und pädagogische Professionalität, 2014).

9 Zusammenfassung

Forschend-entdeckendes Lernen erfreut sich seit Jahren immer größerer Beliebtheit. Aus konstruktivistischer Perspektive lässt sich Lernen am besten als eine individuelle Konstruktion von Wissen infolge des Entdeckens, Transformierens und Interpretierens komplexer Informationen durch den Lernenden selbst beschreiben. Erkennt der Lernende den Sinn und übernimmt, erweitert oder verändert ihn für sich selbst, so ist der Grundstein für nachhaltiges Lernen gelegt. Die Erfüllung der drei Grundbedürfnisse eines Menschen nach Kompetenz, Autonomie und sozialer Eingebundenheit ermöglicht Motivation, Leistung und Wohlbefinden (Ryan & Deci, 2004). Das Unterrichtskonzept des forschend-entdeckenden Lernens bietet genau diese Möglichkeit.

Beim forschend-entdeckenden Lernen haben Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, Prozesse von Forschern aus der Wissenschaft zu durchleben. In sozialen Gemeinschaften gehen sie selbst aufgestellten Fragen nach. Sie stellen Vermutungen auf, suchen Lösungswege um die Vermutungen zu überprüfen, interpretieren ihre Erkenntnisse und stellen ihre Ergebnisse vor.

Internationale Studien zeigen, dass forschend-entdeckende Unterrichtsansätze im Mathematikunterricht bei geeigneter Umsetzung Lernen verbessern, Lernerfolg und Lernleistung steigern und Freude gegenüber

Mathematikunterricht erhöhen können. Die Implementierung dieses Unterrichtsansatzes ist trotz der positiven Ergebnisse nicht alltäglich.

Eine Möglichkeit unterrichtliches Handeln zu ändern sind Fortbildungskonzepte. Fortbildungen von Lehrerinnen und Lehrern bestehen aus verschiedenen Bestandteilen wie den teilnehmenden Lehrkräften, den Ausbildnern, dem Fortbildungsprogramm und dem Kontext, in dem die Fortbildung stattfindet. Jeder dieser Bestandteile kann Auswirkungen haben auf die am Programm Beteiligten. Unabhängig von der Reihenfolge können sich Wirkungen von Lehrerfortbildung zusammengefasst auf drei Aspekte beziehen: Das Handeln, das Wissen und die Einstellungen. Auswirkungen sind auf vier Ebenen möglich. Nach positiver Reaktion auf die Fortbildung (Ebene 1) stehen das kognitive und affektiv-motivationale „Lernen der Lehrerinnen und Lehrer" (Ebene 2) und „Veränderungen im unterrichtlichen Handeln der Lehrpersonen" (Ebene 3). „Die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler" (Ebene 4) beschreibt die am weitreichendsten Effekte von Lehrerfortbildungen. Langfristige Fortbildungskonzepte, die die Aspekte Kompetenzorientierung, Teilnehmerorientierung, Lehr-Lern-Vielfalt, Fallbezug, Kooperationsanregung und Reflexionsförderung beachten, gelten als effektiv und effizient. Somit erwirkte Änderungen im unterrichtlichen Handeln bedürfen Zeit, da sie mit Einstellungsänderungen einhergehen und diese Einstellungsänderungen langwierig sind. Effektives unterrichtliches Handeln basiert auf einem zusammenhängenden System von Einstellungen und Werten der Lehrkräfte.

Einstellungen beschreiben (angelehnt an Grigutsch, Raatz und Törner (1998)) die „Bereitschaft zur Reaktion auf eine Situation", wobei sie durch „Konsistenz der Reaktion“ geprägt sind. Auf den Ebenen Handeln, Fühlen und Denken gibt es Einstellungen gegenüber Mathematik (1), Einstellungen über das Lernen (2) und das Lehren (3) von Mathematik und Einstellungen über sich selbst (4) als Betreiber von Mathematik. Das Zusammenwirken von Einstellungen äußert sich in mathematischen Weltbildern. Mathematik als eine Tätigkeit steht bei der dynamischen Sichtweise im Vordergrund, während bei der statischen Sichtweise Mathematik als System im Vordergrund steht. Mathematikbezogene Einstellungen der Lehrkräfte haben zum einen Einfluss auf Lehr-/Lernprozesse, zum anderen prägen die aus Lehr-Lernprozessen erworbenen Einstellungen die Schülersicht auf Mathematik und Mathematikunterricht bzw. drücken sich darüber aus.

Im schulischen Kontext werden Untersuchungen zu Einstellungsänderungen oft im Rahmen von diesbezüglichen Lehrerfortbildungen durchgeführt. Stimmen die Lehrkräfte den Programminhalten zu und bringen sie eine dynamische Einstellung mit in ihren Mathematikunterricht, so sind die Grundweichen für forschend-entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht gelegt. Nur wenn die Lehrkräfte dieses Konzept umsetzen, kann von Seite der Schülerinnen und Schüler forschend-entdeckendes Lernen stattfinden. Das Ermöglichen von Querbezügen von Mathematik zu anderen Kontexten kann den Unterrichtsinhalten einen Sinn geben. Positive Emotionen und Motivation werden ermöglicht.

Das Fortbildungskonzept Mathe.Forscher der Stiftung Rechnen hat sich die Implementierung von forschend-entdeckendem Unterricht zum Ziel gesetzt. Im Rahmen einer Case Study im Mixed-Methods-Design mit

Messwiederholung wurde an diesem Programm in der Region Heilbronn-Franken der Frage nach Auswirkungen durch einen forschend-entdeckenden Unterrichtsansatz auf die am Programm Beteiligten nachgegangen. Das Fortbildungskonzept ist auf eine langfristige Teilnahme über mindestens zwei Schuljahre angelegt. Ziel ist es, Lernmotivation und Lernleistung der Schülerinnen und Schüler durch forschend-entdeckendes Lernen zu erhöhen, indem Freude am Fach vermittelt wird und die Möglichkeit gegeben wird, Mathematik in der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler erkennen zu lassen. Das Unterrichtskonzept soll in den Regelunterricht implementiert werden. Bei der Umsetzung werden die Lehrkräfte unterstützt, vernetzt und im Berufsalltag begleitet. An den Bedürfnissen der Lehrkräfte orientierte Fortbildungen und regelmäßige Hospitationen in den Schulen ergänzen die Unterstützung, Begleitung und Reflexionsarbeit. Zusammenfassend erfüllt dieses Programm Kriterien effektiver Fortbildung.

Basierend auf dem zuvor vorgestellten Forschungsgegenstand und seinem theoretischen Hintergrund ergab sich zum einen die Fragestellung bezogen auf die Lehrerinnen und Lehrer. Die erste Frage beinhaltet die Wirkungen auf die Einstellung gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht, wie sie im theoretischen Hintergrund vorgestellt wurden. Außerdem wird hier der Wirkung auf die Zustimmung bezüglich der sogenannten Mathe.Forscher-Dimensionen nachgegangen. Nur bei positiver Reaktion auf Bestandteile des Fortbildungskonzepts setzen die Lehrkräfte dessen Inhalte in ihrem eigenen Unterricht um. Die zweite Forschungsfrage beleuchtet die Wirkung auf die Lernenden genauer. Die

Frage umfasst Aspekte bezüglich der Wirkungen auf die Einstellungen der Lernenden, die vom Programm angestrebte Entdeckung von Bezügen zwischen Mathematik und der Lebenswelt von den Schülerinnen und Schülern oder eine Wirkung auf die Freude am Fach Mathematik.

Fasst man die Ergebnisse zusammen, so kann die Frage „Wirkt das Programm Mathe.Forscher auf die Einstellung der Lehrerinnen und Lehrer gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht?“ insgesamt betrachtet vorsichtig bejaht werden. Die statische Sicht der Lehrkräfte auf Mathematik und Mathematikunterricht nahm während der Programmteilnahme ab. Die Teilnahme am Programm hatte keinen Einfluss auf die hohe bis sehr hohe Zustimmung zu deren dynamischer Sichtweise auf Mathematik. Experimental- und Kontrollgruppe zeigten eine sehr hohe Zustimmung zu den Mathe.Forscher-Dimensionen, die sich über die Zeit kaum veränderte. Die beiden Gruppen unterschieden sich dabei nicht signifikant.

Die Frage, ob es dem Programm Mathe.Forscher gelingt, Auswirkungen auf die affektiv-motivationale Entwicklung der Schülerinnen und Schüler zu zeigen, kann ebenfalls vorsichtig mit ja beantwortet werden. Durch die Teilnahme am Programm kann über einen Zeitraum von 0;9 Jahren zwar keine Einstellungsänderung gegenüber Mathematik und Mathematikunterricht beobachtet werden. Die empfundene Freude in Bezug auf den Mathematikunterricht während der Teilnahme am Programm und die Verknüpfung von Mathematik mit Aspekten über den Mathematikunterricht hinaus sind dagegen deutlich erkennbar. Die Ziele des Mathe.Forscher-Programms „Freude am Fach Mathematik vermitteln“ und „Inner- und außerschulische Bezüge von Mathematik herstellen“

(vgl. Kapitel 3.1, S. 79) werden nachweislich erreicht. Analog zu Einstellungsänderungen bei Lehrkräften sind Einstellungsänderungen bei Schülerinnen und Schülern ebenfalls langwierig. Empfundene Freude könnte hier allerdings ein Schlüssel sein.

Eine kritische Reflexion der hier durchgeführten Untersuchung zeigt Grenzen der Studie auf, die sich auf die Untersuchungsdurchführung, die untersuchte Stichprobe und die Messwerkzeuge beziehen. Aus der Diskussion der Ergebnisse dieser Untersuchung und der kritischen Reflexion ergaben sich weiterführende und vertiefende Fragestellungen zum Thema Übertragbarkeit, Implementierung, Nachhaltigkeit und Emotionsforschung.

Vor diesem Hintergrund geben die Ergebnisse der Studie konkrete Rückschlüsse auf Auswirkungen durch die Programmteilnahme, die auf forschend-entdeckendes Lernen insgesamt übertragen werden können.

Die Umsetzung forschend-entdeckenden Lernens im Mathematikunterricht bietet die Möglichkeit, Einstellungsänderungen bei den Lehrkräften zu bewirken. Genauer gesagt gelingt die Abschwächung einer statischen Sichtweise auf Mathematik: Mathematik als starres System verliert an Bedeutung während Mathematik als Tätigkeit ihre Bedeutung konstant beibehält. Gleichzeitig bedeutet forschend-entdeckender Unterricht für die Schülerinnen und Schüler gesteigerte Freude mindestens während der Teilnahme. Bei gelungener Implementierung dieses Unterrichtsansatzes wird forschend-entdeckendes Lernen zum Regelunterricht. Erlebte Freude im Mathematikunterricht wird dauerhaft möglich. Zudem ermöglicht das Unterrichtskonzept das Erkennen von Querbezügen von Mathematik zu anderen Disziplinen und Kontexten.

Nicht nur die Schülerinnen und Schüler brauchen geeignete Unterstützung. Auch die Lehrkräfte profitieren von der Teilnahme an einem Programm wie Mathe.Forscher. Die Begleitung und Unterstützung durch Fortbildungen, der Material-Pool an Forscher-Einheiten und die Kooperationsmöglichkeiten sind wie oben dargestellt von Vorteil bei der Umsetzung von forschend-entdeckendem Lernen. Geeignete Rahmenbedingungen gegeben durch politische Institutionen oder die Schulleitung sind förderlich. Doch auch ohne Fortbildungen ist eine Umsetzung von forschend-entdeckendem Lernen im Unterricht möglich. Die Tabelle der Mathe.Forscher-Dimensionen bietet sich als Leitfaden zur Planung einer Forscher-Einheit an. In Kombination mit Hospitationen durch Kolleginnen und Kollegen mit anschließender Feedbackrunde, Reflexion der Aktivitäten durch Beobachtende, Schülerinnen und Schüler und eventuell auch durch die Eltern, Dokumentation und Eigenreflexion der geplanten und durchgeführten Einheiten ergibt sich eine für alle Beteiligten gewinnbringende Umsetzung von forschend-entdeckendem Lernen.

Insgesamt wird am Beispiel des Programms Mathe.Forscher deutlich, dass die Implementierung von forschend-entdeckendem Lernen in den Regelunterricht positive Auswirkungen sowohl auf die affektiv-motivationale Entwicklung der Schülerinnen und Schüler haben als auch die Lehrerinnen und Lehrer positiv beeinflussen kann.

10 Verzeichnisse und Anhang

Literaturverzeichnis

Abjörnson, C., Ludwig, M., & Lutz-Westphal, B. (2018). *Entdeckendes, forschendes und projektartiges Lernen - Best-Practice-Beispiele aus dem Programm Mathe.Forscher.* Quickborn: Stiftung Rechnen.

Aepkers, M. (2002). Forschendes Lernen - Einem Begriff auf der Spur. In M. Aepkers, & S. Liebig, *Entdeckendes, Forschendes und Genetisches Lernen* (S. 69-87). Hohengehren: Schneider.

Altrichter, H., Posch, P., & Spann, H. (2018). *Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht (5. Auflage).* Münster: Waxmann.

Artigue, M., & Blomhoj, M. (2013). Conceptualizing inquiry-based education in mathematics. *ZDM Mathematics Education 45*, S. 797-810.

Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., & Weiber, R. (2018). *Multivariate Analysemethoden.* Berlin: Springer.

Barzel, B., & Selter, C. (2015). Die DZLM-Gestaltungsprinzipien für Fortbildungen. *JMD 36*, S. 259-284.

Barzel, B., Biehler, R., Blömeke, S., Brandtner, R., Bruns, J., Dohrmann, C., . . . Selter, C. (2018). Das Deutsche Zentrum für Lehrerbildung Mathematik – DZLM. In R. Biehler, T. Lange, T. Leuders, B. Rösken-Winter, P. Scherer, & C. Selter, *Mathematikfortbildungen professionalisieren* (S. 7-14). Wiesbaden: Springer Spektrum.

Biehler, R., Lange, T., Leuders, T., Rösken-Winter, B., Scherer, P., & Selter, C. (2018). *Mathematikfortbildungen professionalisieren.* Wiesbaden: SpringerSpektrum.

Bortz, J., & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler.* Heidelberg: Springer.

Bortz, J., & Döring, N. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation.* Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.

Bortz, J., & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler.* Berlin: Springer.

Bos, W., & Pietsch, M. (2005). *KESS 4 - Kompetenzen und Einstellungen von Schülerinnen und Schülern am Ende der Jahrgangsstufe 4 in Hamburger Grundschulen.* Münster: Waxmann.

Bos, W., Lankes, E.-M., Prenzel, M., & Schwippert, K. (2005). *IGLU. Skalenhandbuch zur Dokumentation der Erhebungsinstrumente.* Münster: Waxmann.

Bosch, M. (2006). *European Research in Mathematics Education IV: Proceedings of the Fourth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education.* Sant Feliu de Guíxols, Spain: FUNDEMI IQS – Universitat Ramon Llull and ERME.

Bruder, R., & Prescott, A. (2013). Research evidence on the benefits of IBL. *ZDM Mathematics Education 45*, S. 811-822.

Bruner, J. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review 31*, S. 21-32.

Bühner, M. (2010). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion.* München: Pearson Studium.

Caluori, F., Linneweber-Lammerskitten, H., & Streit, C. (2015). *Beiträge zum Mathematikunterricht 2015.* Münster: WTM.

Chapman, O. (2002). Belief Structure and Math Teacher Growth. In G. Leder, E. Pehkonen, & G. Törner, *Beliefs: A Hidden Variable in Mathematics Education?* (S. 177-193). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Science.* London: Taylor & Francis.

Cohen, J. (1992). A Power Primer. *Psychological Bulletin, Vol.112, Nr 1*, S. 155-159.

Cramer, C. (2012). *Entwicklung von Professionalität in der Lehrerbildung.* Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Deci, E., & Ryan, R. (1987). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior.* New York: Plenum Press.

Dorier, J.-L., & Garcia, F. J. (2013). Challenges and opportunities for the implementation of inquiry-based learning in day-to-day teaching. *ZDM Mathematics Education 45*, S. 837-849.

Dresing, T., & Pehl, T. (2013). *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse.Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende*. Abgerufen am 08. Juni 2015 von https://www.audiotranskription.de/Praxisbuch-Transkription.pdf

Ehm, J.-H., & Hasselhorn, M. (2020). Entwicklung als Ziel, Voraussetzung und Ergebnis von Bildung. Welchen Nutzen hat die Berücksichtigung entwicklungs-psychologischer Erkenntnisse für die schulische Praxis. *Schulmanagement 51*, S. 31-35.

Eichler, A. (2007). Individuelle, tatsächliche und realisierte Curricula. In D. Lemmermöhle, M. Rothgangel, S. Bögeholz, M. Hasselhorn, & R. Watermann, *professionell lehren - erfolgreich lernen* (S. 211-224). Münster: Waxmann.

Engeln, K., Euler, M., & Maass, K. (2013). Inquiry-based learning in mathematics and science: a comparative basline study of teachers' beliefs and practices across 12 european countries. *ZDM Mathematics Education*, S. 823-836.

Field, A. (2018). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics.* Los Angeles, London, New Dehli: Sage Publications.

Fives, H., & Buehl, M. (2008). What Do Teachers Believe? Developing a framework for examining beliefs about teachers' knowledge and ability. *Contemporary Educational Psychology 33*, S. 134-176.

Frey, K. (2002). *Die Projektmethode.* Weinheim und Basel: Beltz.

Furinghetti, F., & Pehkonen, E. (2002). Rethinking Characterizations of Beliefs. In G. Leder, E. Pehkonen, & G. Törner, *Beliefs: A Hidden Variable in Mathematics Education?* (S. 39-58). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research 82 (3)*, S. 300-329.

GDM. (2005). *Beiträge zum Mathematikunterricht 2005.* Hildesheim: Franzbecker.

Goldin, G., Rösken, B., & Törner, G. (2009). Beliefs - No Longer a Hidden Variable in Mathematical Teaching and Learning Processes. In J. Maaß, & W. Schlöglmann, *Beliefs and Attitudes in Mathematics Education - New Research Results* (S. 1-18). Rotterdam: Sense Publishers.

Götz, T., Zirngibl, A., & Pekrun, R. (2004). Lern- und Leistungsemotionen von Schülerinnen und Schülern. In T. Hascher, *Schule positiv erleben - Erkenntnisse und Ergebnisse zum Wohlbefinden von Schülerinnen und Schülern* (S. 49-66). Bern: Haupt AG.

Greefrath, G. (2013). Realitätsnaher Mathematikunterricht. In S. Rechnen, *Mathe.Forscher - Entdecke Mathematik in deiner Welt* (S. 81-90). Münster: WTM.

Grigutsch, S., & Törner, G. (1994). Mathematische Weltbilder. *JMD 15 3/4*, S. 211-251.

Grigutsch, S., Raatz, U., & Törner, G. (1995). *Mathematische Weltbilder bei Lehrern. Schriftenreihe des Fachbereichs Mathematik. Preprint Nr. 296.* Duisburg: Gerhard-Mercator-Universität.

Grigutsch, S., Raatz, U., & Törner, G. (1998). Einstellungen gegenüber Mathematik bei Mathematiklehrern. *JMD, 19*(1), S. 3-45.

Guskey, T. (1985). Staff Development and Teacher Change. *Educational, School and Counseling Psychology Faculty Publications 21*, S. 57 - 60.

Hammann, M., Jördens, J., & Schecker, H. (2014). Übereinstimmung zwischen Beurteilern: Cohens Kappa (κ). In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker, *Methoden der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. online-Zusatzmaterial). Berlin, Heidelberg: Springer.

Handal, B. (2003). Teachers' Mathematical Beliefs: A Review. *The Mathematics Educator 13 (2)*, S. 47-57.

Hannula, M., & Oliveira, H. (2008). Individual prospective mathematics teachers. Studies on their professional growth. In T. L. Wood, *International Handbook of Mathematics Teacher Education* (S. 13-34). Rotterdam: Sense.

Hasselhorn, M., & Gold, A. (2009). *Pädagogische Psychologie - Erfolgreiches Lehren und Lernen.* Stuttgart: Kohlhammer.

Hattie, J. (2013). *Lernen sichtbar machen.* Baltmannsweiler: Schneider.

Hawley, W., & Valli, L. (1999). The Essentials of Effective Professional Development: A New Consensus. In L. Darling-Hammond, & G. Sykes, *Teaching as the Learning Profession: Handbook of Policy and Practice* (S. 127-150). San Francisco: Jossey-Bass.

Heymann, H. W. (1996). Thesen zur Mathematiklehrerbildung aus der Perspektive eines Allgemeinbildungskonzepts. In R. Biehler, H. W. Heymann, & B. Winkelmann, *Mathematik allgemeinbildend unterrichten: Impulse für Lehrerbildung und Schule* (S. 16-28). Köln: Aulis Verlag Deubner & Co.

Hussy, W., Schreier, M., & Echterhoff, G. (2013). *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaftler.* Berlin, Heidelberg: Springer.

IQB. (2005). *ELEMENT. Erhebung zum Lese- und Mathematikverständnis - Entwicklungen in den Jahrgangsstufen 4 bis 6 in Berlin. Skalenhandbuch.* Berlin: IQB.

Jankvist, U. T.-P. (2019). *Proceedings of the Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education.* Utrecht, the Netherlands: Freudenthal Group & Freudenthal Institute, Utrecht University and ERME.

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work. *Educational Psychologist 41(2)*, S. 75-86.

Klafki, W. (1991). Die bildungstheoretische Didaktik im Rahmen kritisch-konstruktiver Erziehungswissenschaft. In H. Gudjons, R. Teske, & R. Winkel, *Didaktische Theorien* (S. 11-27). Hamburg: Bergmann + Helbig.

Klein, A., & Merkel, A. (2017). Wo bitte ist die Mitte? *PM Praxis der Mathematik (73/59)*, S. 18-23.

Kollosche, D. (2017). Entdeckendes Lernen: Eine Problematisierung . *JMD 38 (1)*, S. 209-237.

Krainer, K., & Zehetmeier, S. (2013). Inquiry-based learning for students, teachers, researchers, and representatives of educational administration and policy: reflections on a nation-wide initiative fostering educational innovations. *ZDM Mathematics Education*, S. 875-886.

Kratz, H. (2011). *Wege zu einem kompetenzorientierten Mathematikunterricht.* Seelze: Klett, Kallmeyer.

Kuckartz, U. (2014). *Mixed Methods - Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren.* Wiesbaden: Springer.

Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T., & Hachfeld, A. (2013). Professional Competence of Teachers: Effects on Instructional Quality and Student Development. *Journal of Educational Psychology 105 (3)*, S. 805-820.

Lazonder, A., & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning: Effects of Guidance. *Review of Educational Research 86(3)*, S. 681-718.

Leder, G. C. (2008). Beliefs: What Lies Behind the Mirror? . In B. Sriraman, *Beliefs and Mathematics* (S. 39-54). Charlotte: Information Age Publishing.

Leonhart, R. (2010). *Datenanalyse mit SPSS.* Göttingen, Bern: Hogrefe.

Lerman, S. (2002). Situating Research on Mathematics Teachers' Beliefs and on Change. In G. Leder, E. Pehkonen, & G. Törner, *Beliefs: A Hidden Variable in Mathematics Education?* (S. 233-243). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Leuders, T., Nückles, M., Mikelskis-Seifert, S., & Philipp, K. (2019). *Pädagogische Professionalität in Mathematik und Naturwissenschaften.* Wiesbaden: Springer Spektrum.

Lewin, K. (1935). *A Dynamic Theory of Personality.* New York: McGraw Hill.

Liebig, S. (2002). Entdeckendes Lernen - wieder entdeckt? In M. Aepkers, & S. Liebig, *Entdeckendes, Forschendes und Genetisches Lernen* (S. 4-16). Hohengehren: Schneider.

Liljedahl, P. (2011). THE THEORY OF CONCEPTUAL CHANGE AS A THEORY FOR CHANGING CONCEPTIONS. In B. Roesken, & M. Casper, *CURRENT STATE OF RESEARCH ON MATHEMATICAL BELIEFS XVII* (S. 150-160). Bochum: Professional School of Education.

Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf - Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In F. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders, & J. Mayr, *Lehrerinnen und Lehrer lernen - Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (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 5(3)*, S. 1-17.

Lubke , M., Ernst, S., Trübswetter, A., & Ittel, A. (September 2011). Programmevaluation Mathe.Forsche. Erster Zwischenbericht. *unveröffentlicht*. Berlin: TU Berlin.

Lubke, M., Ambos, B., & Ittel, A. (August 2012). Programmevaluation Mathe.Forscher. Abschlussbericht. *unveröffentlicht*. Berlin: TU Berlin.

Lubke, M., Kraußlach, M., & Ittel, A. (Mai 2012). Programmevaluation Mathe.Forscher. Zweiter Zwischenbericht. *unveröffentlicht*. Berlin: TU Berlin.

Ludwig, M. (2013). Forscher.Reisenfür Mathe.Forscher. In S. Rechnen, *Mathe.Forscher - Entdecke Mathematik in deiner Welt* (S. 91-102). Münster: WTM-Verlag.

Lutz-Westphal, B. (2013). Mathematik forschend entdecken! In S. Rechnen, *Mathe.Forscher - Entdecke Mathematik in deiner Welt* (S. 103-112). Münster: WTM-Verlag.

Lutz-Westphal, B., & Schulte, A. (2016). Mathematische Forschung - Was forschendes Lernen im Mathematikunterricht aus der Praxis lernen kann. In I. f. Heidelberg, *Beiträge zum Mathematikunterricht* (S. 1181-1184). Münster: WTM-Verlag.

Maaß, K., & Artigue, M. (2013). Implementation of inquiry-based learning in day-to-day teaching: a synthesis. *ZDM Mathematics Education 45*, S. 779-795.

Maldonado, L. (2002). *Effective Professional Development: Findings from Research*. Abgerufen am 21. 06 2019 von https://secure-media.collegeboard.org/apc/ap05_profdev_effectiv_41935.pdf

Mank, S. (2011). *Übertragung der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan auf die Unterrichtspraxis.* Kaiserslautern: TU Kaiserslautern.

Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse.* Weinheim und Basel: Beltz.

McLeod, D. (1992). Research on affect in mathematics education: a reconceptualization. In D. Grouws, *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (S. 575-596). New York: MacMillan.

McLeod, D., & McLeod, S. (2002). Synthesis - Beliefs and Mathematics Education: Implications for Learning, Teaching and Research. In G. Leder, E. Pehkonen, & G. Törner, *Beliefs: A Hidden Variable in Mathematics Education?* (S. 115-123). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Messner, R. (2009). Forschendes Lernen aus pädagogischer Sicht. In R. Messner, *Schule forscht - Ansätze und Methoden zum forschenden Lernen* (S. 15-30). Hamburg: edition Körber-Stiftung.

Mitchell, M. (1993). Situational Interest: Its Multifaceted Structure in the Secondary Mathematics Classroom. *Journal of Educational Psychology 85*, S. 424-436.

Moosbrugger, H., & Kelava, A. (2012). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion.* Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.

Müller, A. (2009). Lernen braucht Freude am Widerstand. In R. Messner, *Schule forscht - Ansätze und Methoden zum forschenden Lernen* (S. 38-47). Hamburg: edition Körber-Stiftung.

Oelkers, J., & Reusser, K. (2008). *Qualität entwickeln - Standards sichern - mit Differenz umgehen. Bildungsforschung Bd. 27.* Bonn, Berlin: BMBF.

Op't Eynde, P., De Corte, E., & Verschaffel, L. (2002). Framing Students' Mathematics-Related Beliefs. In G. Leder, E. Pehkonen, & G. Törner, *Beliefs: A Hidden Variable in Mathematics Education?* (S. 13-37). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Pajares, F. (1992). Teachers' Beliefs and Educational Research: Cleaning up a Messy Construct. *Review of Educational Research 62 (3)*, S. 307-332.

Pajares, F. (1992). Teachers' Beliefs and Educational Research:Cleaning Up a Messy Construct. *Review of Educational Research 62 (3)*, S. 307-332.

Peez, G. (2008). *Beurteilen und Bewerten im Kunstunterricht.* Seelze-Minden: Kallmeyer/Klett.

Pehkonen, E., & Törner, G. (1999). Teachers' Professional Development: What are the key change factors for mathematics teachers? *European Journal of Teacher Education Vol. 22 (2/3)*, S. 259-275.

Peter, A. (1996). *Aktion und Reflexion: Lehrerfortbildung aus international vergleichender Perspektive.* Weinheim: Dt. Studien Verlag.

Peter, A., & Clarke, D. (1993). Modelling teacher change. In B. Atweh, & C. Kanes, *Contexts in mathematics education: Proceedings of the 16th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia (MERGA)* (S. 167 - 175). Brisbane: MERGA.

Philipp, R. (2007). Mathematics Teachers' Beliefs and Affect. In F. K. Lester, *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (S. 257-315). Charlotte: Information Age Publishing.

Posten, H. O. (1984). Robustness of the Two-Sample T-Test. In D. Rasch, & M. Tiku, *Robustness of Statistical Methods and Nonparametric Statistics* (S. 92-99). Dordrecht: Springer.

Presmeg, N. (2008). Mathematizing Definitions of Beliefs. In B. Sriraman, *Beliefs and Mathematics* (S. 93-97). Charlotte: Information Age Publishing.

Raab-Steiner, E., & Benesch, M. (2012). *Der Fragebogen - Von der Forschungsidee zur SPSS-Auswertung (3. Auflage).* Wien: Facultas.

Ramm, G., Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., . . . Schiefele, U. (2006). *PISA 2003 - Dokumentation der Erhebungsinstrumente.* Münster: Waxmann.

Rasch, D., & Guiard, V. (2004). The robustness of parametric statistical methods. *Psychology Science, Vol 46, Nr 2*, S. 175-208.

Reeve, J. (2004). Self-Determination Theory Applied to Educational Settings. In E. Deci, & R. Ryan, *Hanbbook of Self-Determination Research* (S. 183-203). Rochester: University of Rochester Press.

Reich, K. (2008). *Konstriktivistische Didaktik.* Weinheim und Basel: Beltz.

Reinmann, G., & Mandl, H. (2006). Unterricht und Lernumgebungen gestalten. In A. Krapp, & B. Weidenmann, *Pädagogische Psychologie.* Weinheim/Basel: Beltz.

Roesken-Winter, B., Hoyles, C., & Blömeke, S. (2015). Evidence-based CPD: Scaling up sustainable interventions. *ZDM Mathematics Education 47*, S. 1-12.

Rösken, B. (2011). *Hidden Dimensions in the Professional Development of Mathematics Teachers.* Rotterdam/ Boston: Sense Publishers.

Roth, G. (2009). Die Bedeutung von Motivation und Emotionen für den Lernerfolg. In R. Messner, *Schule forscht - Ansätze und Methoden zum forschenden Lernen* (S. 57-74). Hamburg: edition Körber-Stiftung.

Roth, J., & Weigand, H.-G. (2014). Forschendes Lernen im Mathematikunterricht. In J. Roth, & J. Ames, *Beiträge zum Mathematikunterricht* (S. 999-1002). Münster: WTM-Verlag.

Ryan, R., & Deci, E. (2004). Overview of Self-Determination Theory: An Organismic-Dialectical Perspective. In R. Ryan, & E. Deci, *Handbook of Self-Determination Research* (S. 3-36). Rochester: University of Rochester Press.

Schecker, H. (2014). Überprüfung der Konsistenz von Itemgruppen mit Cronbachs Alpha. In H. Schecker, D. Krüger, & I. Parchmann, *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. online-Zusatzmaterial). Berlin, Heidelberg: Springer.

Schmitt, N. (1996). Uses and abuses of coefficient alpha. *Psychological Assessment, 8(4)*, S. 350-353.

Schoenfeld, A. H. (2015). How We Think: A Theory of Human Decision-Making, with a Focus on Teaching. In S. J. Cho, *The Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education Intellectual and attitudinal challenges* (S. 229-243). DOI 10.1007/978-3-319-12688-3: Springer Link.

Scholl, A. (2015). *Die Befragung (3. Auflage).* Konstanz und München: UVK.

Schukajlow, S., Rakoczy, K., & Pekrun, R. (2017). *Emotions and motivation in mathematics education. Theoretical considerations and empirical contributions.* Von http://dx.doi.org/10.1007/s11858-017-0864-6 abgerufen

Schwarzer-Petruck, M. (2014). *Emotionen und pädagogische Professionalität.* Wiesbaden: Springer.

Skiera, E. (2010). *Reformpädagogik in Geschichte und Gegenwart.* München: Oldenbourg.

StiftungRechnen. (2013). *Mathe.Forscher - Entdecke Mathematik in deiner Welt.* Münster: WTM.

StiftungRechnen. (2014). *Mathe.Forscher*. Abgerufen am 05. 02 2019 von www.matheforscher.de

StiftungRechnen. (2020). *Mathe.Forscher*. Abgerufen am 07. 02 2021 von https://matheforscher.de/dabei-sein

Stipek, D., Givvin, K., Salmon, J., & MacGyvers, V. (2001). Teachers' beliefs and practices related to mathematics instruction. *Teaching and Teacher Education 17*, S. 213-226.

Thyer, B. (2009). *The Handbook of Social Work Research Methods.* Los Angeles, London, New Dehli: Sage Publications.

Timperley, H., Wilson, A., Barrar, H., & Fung, I. (2007). *Teacher Professional Learning and Development.* Wellington: New Zealand Ministry of Education.

Törner, G. (1998). Eine Fallstudie über Lehrereinstellungen zum Mathematikunterricht - ein Vergleich von Untersuchungsmethoden. In M. Neubrand, *Beiträge zum Mathematikunterricht* (S. 611-614). Hildesheim: Franzbecker.

Törner, G. (2002). Mathematical Beliefs - A Search for a Common Ground. In G. Leder, E. Pehkonen, & G. Törner, *Beliefs: A Hidden Variable in Mathematics Education* (S. 73-94). Dodrecht: Springer Science + Business Media.

Törner, G. (2002). Mathematical Beliefs: A Search for a Common Ground. In G. Leder, E. Pehkonen, & G. Törner, *Beliefs: A Hidden Variable in Mathematics Education?* (S. 73-94). Dodrecht: Kluwer Academic Publishers.

Törner, G. (2015). Verborgene Bedingungs- und Gelingungsfaktoren bei Fortbildungsmaßnahmen in der Lehrerbildung Mathematik - subjektive Erfahrungen aus einer deutschen Perspektive. *JMD 36*, S. 195-232.

Törner, G., & Grigutsch, S. (1994). "Mathematische Weltbilder" bei Studienanfängern - Eine Erhebung. *JMD 15, 3/4*, S. 211-251.

Tsai, Y.-M., Kunter, M., Lüdtke, O., Trautwein, U., & Ryan, R. (2008). What Makes Lessons Interesting? The Role of Situational and Individual Factors in Three School Subjects. *Journal of Educational Psychology 100*, S. 460-472.

Ulm, V. (2009). Eine natürliche Beziehung: Forschendes Lernen im Mathematikunterricht. In R. Messner, *Schule forscht - Ansätze und Methoden zum forschenden Lernen* (S. 89-105). Hamburg: edition Köber-Stiftung.

Vollstedt, M., & Vorhölter, K. (2008). Zum Konzept der Sinnkonstruktion am Beispiel von Mathematiklernen. In H.-C. Koller, *Sinnkonstruktion und Bildungsgang – Zur Bedeutung individueller Sinnzuschreibungen im Kontext schulischer Lehr-Lern-Prozesse* (S. 25-46). Opladen & Farmington Hills: Budrich.

Voss, T., Kleickmann, T., Kunter, M., & Hachfeld, A. (2013). Mathematics Teachers' Beliefs. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand, *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers* (S. 249-271). New York: Springer Science + Business.

Wälti, B. (2017). *Alternative Leistungsbewertung in der Mathematik - Unterrichtskonzepte und Beurteilungskonzepte gemeinsam denken.* Saarbrücken: AV Akademiker Verlag.

Wilson, S., & Cooney, T. (2002). Mathematics Teacher Change and Development. In G. Leder, E. Pehkonen, & G. Törner, *Beliefs: A Hidden Variable in Mathematics Education?* (S. 127-147). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Winter, H. (1989). *Entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht.* Wiesbaden: Springer Spektrum.

Zehetmeier, S. (2008). Zur Nachhaltigkeit von Lehrerfortbildungen. *unveröffentlichte Dissertation*. Klagenfurt: Alpen-Adria-Universität Klagenfurt.

Zehetmeier, S. (2010). Aktionsforschung in der Lehrerbildung: Was bleibt? In F. Müller, A. Eichenberger, & M. Lüders, *Lehrerinnen und Lehrer lernen - Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (S. 197-211). Münster: Waxmann.

Zehetmeier, S. (2014). Nachhaltige Wirkungen von Lehrerfortbildungen. *unveröffentlichte Habilitationsschrift*. Klagenfurt: Universität Klagenfurt.

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Gemeinsamkeiten und Unterschiede der drei Unterrichtskonzepte (Ludwig, 2013, S. 102) 35

Tab. 3.1: Die Mathe.Forscher-Dimensionen von 2014 (Quelle: matheforscher.de, zuletzt abgerufen am 05.02.2019) 99

Tab. 5.1: Befragte Lehrkräfte (L) und Klassen (K) der einzelnen Mathe.Forscher-Schulen.. 132

Tab. 5.2: Befragte Lehrkräfte (L) und Klassen (K) der Kontrollgruppen-Schulen.. 133

Tab. 5.3: Übersicht über das Untersuchungsinstrumentarium........... 134

Tab. 5.4: Gütekriterien der Faktoren- und Reliabilitätsanalysen (Lehrende) 137

Tab. 5.5: Skala „Formalismus“ (Lehrende)...................................... 139

Tab. 5.6: Skala „Schema“ (Lehrende) 140

Tab. 5.7: Skala „Prozess“ (Lehrende)... 141

Tab. 5.8: Skala „Anwendung“ (Lehrende) 142

Tab. 5.9: Skala „Mathe.Forscher-Dim1: Lernendenaktivität/Handeln als Lernbegleiter“ (Lehrende) 144

Tab. 5.10: Skala „Mathe.Forscher-Dim2: Unterricht öffnen“ (Lehrende) 145

Tab. 5.11: Skala „Mathe.Forscher-Dim3: Mathematik sichtbar machen“ (Lehrende) 146

Tab. 5.12: Gütekriterien der Faktoren- und Reliabilitätsanalysen (Lernende) ... 148
Tab. 5.13: Skala „Dynamische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht“ (Lernende) ... 150
Tab. 5.14: Skala „Statische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht“ (Lernende) ... 151
Tab. 5.15: Skala „Mathe.Forscher-Dimensionen“ (Lernende) ... 152
Tab. 5.16: positive/negative Aspekte am eigenen Mathematikunterricht (Lernende_Pilotierung) ... 153
Tab. 5.17: Kategorien ML1 bis ML5 der Interviews (Lernende) ... 159
Tab. 5.18: Kategorien F1 bis F6 der Interviews (Lernende) ... 159
Tab. 5.19: positive/negative Aspekte am eigenen Mathematikunterricht (Lernende_Hauptuntersuchung) ... 161
Tab. 5.20: Stichprobengröße der Lehrkräfte (L) und Schulkinder (S) sortiert nach Schulart ... 163
Tab. 5.21: Befragungskombinationen ... 164
Tab. 5.22: Übersicht der Gruppeneinteilung zur Analyse der erhobenen Daten ... 167
Tab. 5.23: Übersicht der geführten Interviews ... 168
Tab. 5.24: Gütekriterien der Auswertungsverfahren ... 170
Tab. 6.1: Deskriptive Statistik Formal-Aspekt ... 178
Tab. 6.2: Deskriptive Statistik Schema-Aspekt ... 181
Tab. 6.3: Deskriptive Statistik Prozess-Aspekt ... 185
Tab. 6.4: Deskriptive Statistik Anwendungs-Aspekt ... 188
Tab. 6.5: Deskriptive Statistik Mathe.Forscher-Dim1 ... 191
Tab. 6.6: Deskriptive Statistik Mathe.Forscher-Dim2 ... 194

Tab. 6.7: Deskriptive Statistik Mathe.Forscher-Dim3 196
Tab. 6.8: Deskriptive Statistik statische Sicht (A0,75) 202
Tab. 6.9: Deskriptive Statistik dynamische Sicht (A0,75) 205
Tab. 6.10: Deskriptive Statistik Mathe.Forscher-Dimensionen (A0,75) 208
Tab. 6.11: Übersicht zu Hypothese 2.2: Verknüpfung von Mathematik 213
Tab. 6.12: Ankreuzverhalten zu „Mir gefällt, dass wir auch Aufgaben lösen, die man im Leben gebrauchen kann.“ 215
Tab. 6.13: Übersicht zu Hypothese 2.3: Freude 217
Tab. 6.14: Zusammenführung H2.2/H2.3 (Anzahlen) 219
Tab. 6.15: Zusammenfassung der positiven und negativen Kategorien von F und ML 220
Tab. 7.1: Die Mathe.Forscher-Dimensionen von 2014 (Quelle: matheforscher.de, zuletzt abgerufen am 05.02.2019) 228
Tab. 8.1: Die Mathe.Forscher-Dimensionen von 2020 (Quelle: matheforscher.de/dabei-sein, zuletzt abgerufen am 07.02.2021) 248
Tab. 10.1: Faktorenanalyse der Fragebogendaten von Lehrenden 310
Tab. 10.2: Zusammenfassungen der Fallverarbeitung von den Lehrenden-Fragebögen 312
Tab. 10.3: Reliabilitätsstatistiken der Lehrenden-Fragebögen 312
Tab. 10.4: Item-Skala-Statistiken von den Lehrenden-Fragebögen 313
Tab. 10.5: Faktorenanalyse der Fragebogendaten von Lehrenden 314
Tab. 10.6: Zusammenfassungen der Fallverarbeitung von den Lehrenden-Fragebögen 315

Tab. 10.7: Reliabilitätsstatistiken der Lehrenden-Fragebögen 316
Tab. 10.8: Item-Skala-Statistiken von den Lehrenden-Fragebögen 316
Tab. 10.9: Levene-Test der Skala Formal-Aspekt 317
Tab. 10.10: Varianzanalyse der Skala Formal-Aspekt 318
Tab. 10.11: Test der Zwischensubjekteffekte der Skala Formal-Aspekt 319
Tab. 10.12: Levene-Test der Skala Schema-Aspekt 320
Tab. 10.13: Varianzanalyse der Skala Schema-Aspekt 321
Tab. 10.14: Test der Zwischensubjekteffekte der Skala Schema-Aspekt 322
Tab. 10.15: Levene-Test der Skala Prozess-Aspekt 323
Tab. 10.16: Varianzanalyse der Skala Prozess-Aspekt 324
Tab. 10.17: Test der Zwischensubjekteffekte der Skala Prozess-Aspekt 325
Tab. 10.18: Levene-Test der Skala Anwendungs-Aspekt 326
Tab. 10.19: Varianzanalyse der Skala Anwendungs-Aspekt 327
Tab. 10.20: Test der Zwischensubjekteffekte der Skala Anwendungs-Aspekt 328
Tab. 10.21: Levene-Test der Skala Dim1 329
Tab. 10.22: Varianzanalyse der Skala Dim1 330
Tab. 10.23: Test der Zwischensubjekteffekte der Skala Dim1 331
Tab. 10.24: Levene-Test der Skala Dim2 332
Tab. 10.25: Varianzanalyse der Skala Dim2 333
Tab. 10.26: Test der Zwischensubjekteffekte der Skala Dim2 334
Tab. 10.27: Levene-Test der Skala Dim3 335
Tab. 10.28: Varianzanalyse der Skala Dim3 336

Tab. 10.29: Test der Zwischensubjekteffekte der Skala Dim3 337
Tab. 10.30: Faktorenanalyse der Fragebogendaten von Lernenden 346
Tab. 10.31: Zusammenfassungen der Fallverarbeitung von den Lernendenfragebögen 347
Tab. 10.32: Reliabilitätsstatistiken der Lernenden-Fragebögen 348
Tab. 10.33: Item-Skala-Statistiken von den Lernendenfragebögen 348
Tab. 10.34: Levene-Test der statischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht von Lernenden 349
Tab. 10.35: Varianzanalyse der statischen Sicht auf Mathematik und Mathematik-unterricht von Lernenden................................ 350
Tab. 10.36: Test der Zwischensubjekteffekte der statischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht von Lernenden...... 351
Tab. 10.37: Levene-Test der dynamischen Sicht auf Mathematik und Mathematik-unterricht von Lernenden................................ 352
Tab. 10.38: Varianzanalyse der dynamischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht von Lernenden 353
Tab. 10.39: Test der Zwischensubjekteffekte der dynamischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht von Lernenden 354
Tab. 10.40: Levene-Test der Mathe.Forscher-Dimensions-zustimmung von Lernenden 355
Tab. 10.41: Varianzanalyse der Mathe.Forscher-Dimensions-zustimmung von Lernenden 356
Tab. 10.42: Test der Zwischensubjekteffekte der Mathe.Forscher-Dimensionszustimmung von Lernenden 357

Tab. 10.43: Kovarianzanalyse der statischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht von Lernenden bezüglich des Geschlechts ... 358
Tab. 10.44: Kovarianzanalyse der dynamischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht von Lernenden bezüglich des Geschlechts ... 360
Tab. 10.45: Kovarianzanalyse der Mathe.Forscher-Dimensionszustimmung von Lernenden bezüglich des Geschlechts ... 362
Tab. 10.46: Zusammenfassungen der Fallverarbeitung von Experimental- und Kontrollgruppe ... 363
Tab. 10.47: Kreuztabellen von Experimental- und Kontrollgruppe ... 363
Tab. 10.48: Chi-Quadrat-Tests von Experimental- und Kontrollgruppe ... 364
Tab. 10.49: Zusammenfassung der Fallverarbeitung von Themenfeld I und II ... 365
Tab. 10.50: Kreuztabellen der Themenfelder I und II ... 365
Tab. 10.51: Chi-Quadrat-Tests der Themenfelder I und II ... 366

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1: Strukturierung der Arbeit 17
Abb. 2.1: Wirkungskette nach Guskey (1985) 48
Abb. 2.2: Wirkungszyklus nach Clarke (1988) 49
Abb. 2.3: Wechselbeziehungsmodell nach Clarke und Peter (1993) 50
Abb. 2.4: IPD-Modell von Zehetmeier (2008) 51
Abb. 2.5: Erweitertes Angebots- und Nutzungsmodell zur Erklärung der Wirksamkeit von Fortbildungs- und Professionalisierungsmaßnahmen für Lehrpersonen 53
Abb. 3.1: Mathe.Forscher-Box mit Inhalt (übernommen aus dem Mitgliederbereich von www.matheforscher.de) 86
Abb. 3.2: Einordnung der Einheit „Wo bitte ist die Mitte?“ (Abjörnson, Ludwig, & Lutz-Westphal, 2018, S. 79) 89
Abb. 3.3: Einordnung der Einheit „Mathematik im Ü-Ei“ (Abjörnson, Ludwig, & Lutz-Westphal, 2018, S. 97) 91
Abb. 3.4: Überblick der Mathe.Forscher-Laufzeit von 2 Schuljahren .. 93
Abb. 3.5: schulinterne Vernetzung 95
Abb. 3.6: regionale Vernetzung 95
Abb. 3.7: überregionale Vernetzung 96
Abb. 3.8: Standortübersicht Mathe.Forscher 2017 (Quelle: mathe.forscher.de, bearbeitet von Hanna Gärtner) 105
Abb. 5.1: Übersicht der Untersuchungsdurchführung 129

Abb. 5.2: Prozessmodell induktiver Kategorienbildung (Mayring, 2010, S. 86) 156
Abb. 6.1: Boxplot Mittelwerte Formal-Aspekt 179
Abb. 6.2: Histogramme und Q-Q-Plots Formal-Aspekt 180
Abb. 6.3: Boxplot Mittelwerte Schema-Aspekt 182
Abb. 6.4: Histogramme und Q-Q-Plots Schema-Aspekt 183
Abb. 6.5: Boxplot Mittelwerte Prozess-Aspekt 186
Abb. 6.6: Histogramme und Q-Q-Plots Prozess-Aspekt 187
Abb. 6.7: Boxplot Mittelwerte Anwendungs-Aspekt 189
Abb. 6.8: Boxplot Mittelwerte Mathe.Forscher-Dim1 192
Abb. 6.9: Histogramme und Q-Q-Plots Mathe.Forscher-Dim1 193
Abb. 6.10: Boxplot Mittelwerte Mathe.Forscher-Dim2 194
Abb. 6.11: Histogramme und Q-Q-Plots Mathe.Forscher-Dim2 195
Abb. 6.12: Boxplot Mittelwerte Mathe.Forscher-Dim3 197
Abb. 6.13: Histogramme und Q-Q-Plots Mathe.Forscher-Dim3 198
Abb. 6.14: Boxplot Mittelwerte statische Sicht (A0,75) 203
Abb. 6.15: Histogramme und Q-Q-Plots statische Sicht (A0,75) 204
Abb. 6.16: Boxplot Mittelwerte dynamische Sicht (A075) 206
Abb. 6.17: Histogramme und Q-Q-Plots dynamische Sicht (A0,75) 207
Abb. 6.18: Boxplot Mittelwerte Mathe.Forscher-Dimensionen (A075) 209
Abb. 6.19: Histogramme und Q-Q-Plots Mathe.Forscher-Dimensionen (A0,75) 210

A Anhang

A.1 Fragebögen

A.1.1 Fragebögen der Lehrenden

Die Fragebögen der Lehrenden-Kontrollgruppe enthielten nicht die Items bezüglich des Programms.

Nr.	Item	Antwortkategorien
1.1	Wie lautet der Anfangsbuchstabe des Vornamens Ihrer Mutter?	
1.2	Notieren Sie den Geburtsmonat Ihres Vaters. (Zwei Ziffern, z.B. 04 für April)	
1.3	Notieren Sie den Anfangsbuchstaben Ihres Geburtsortes.	
1.4	Notieren Sie die letzte Ziffer Ihres Geburts-tages. (z. B. 8, wenn Sie am 18.05.1992 geboren wurden)	
2.1	Sie sind...	weiblich/männlich
2.2	Seit wie vielen Jahren sind Sie im Schuldienst (ohne Referendariat)?	bis 2 Jahre / zwischen 2 und 4 Jahren / zwischen 4 und 6 Jahren / zwischen 6 und 8 Jahren/ zwischen 8 und 10 Jahren /

		länger als 10 Jahre
2.3	Schulart (studiert)	Grundschule / Hauptschule / Realschule / Gymnasium / Förderschule / Sonderschule
2.4	Ich habe Mathematik als Fach studiert	ja / nein
2.5	Welche Fächer haben Sie (außer Mathematik) studiert?	Biologie / Chemie / Deutsch / Englisch / Erdkunde / Französisch / Geschichte / Informatik / Kunst / Musik / Philosophie / Physik / Politik und Wirtschaft / Religion / Spanisch / Sport / Technik / Sonstiges
2.6	Falls "Sonstiges" angekreuzt wurde: Welche Fächer?	offen
2.7	An welcher Schulform unterrichten Sie?	Grundschule / Hauptschule / Realschule / Gymnasium / Förderschule / Sonderschule / Sonstige
2.8	Falls "Sonstiges" angekreuzt wurde: An welcher Schulform unterrichten Sie?	offen
2.9	Unterrichten Sie neben den von Ihnen studierten Fächern noch weitere?	ja / nein
2.10	Falls Sie auch fachfremd unterrichten, welche Fächer sind das?	offen
2.11	Gibt es an Ihrer Schule eines der folgenden Projekte für den Mathematikunterricht, an dem	kein Projekt / Mathe.Forscher 7/ Känguru Wettbewerb / Mathematik Olympiade / Jugend

	Sie teilnehmen?	forscht / Sonstiges
2.12	Falls "Sonstiges" angekreuzt wurde: Welches?	offen
3.1	Mathematik mag ich gerne unterrichten.	5-stufige Likert-Skala
3.2	Nur der Teil der Mathematik, der in Tests und Klassenarbeiten getestet wird, ist wichtig und wissenswert.	5-stufige Likert-Skala
3.3	Im alltäglichen Mathematikunterricht ist es oft wichtiger, Ergebnisse und Fakten zu lernen, als Lösungsideen und weiterführende Fragen möglichst selbstständig zu finden.	5-stufige Likert-Skala
3.4	Kenntnisse aus abgeschlossenen Themen-bereichen spielen im Mathematikunterricht nur eine marginale Rolle; man kann sie zumeist vergessen.	5-stufige Likert-Skala
3.5	Ich halte es für wichtig und interessant, wenn der Mathematikunterricht Querverbindungen und Zusammenhänge zwischen einzelnen Inhalten der Mathematik aufzeigt.	5-stufige Likert-Skala
3.6	Ein Hauptziel des Mathematikunterrichts ist, den Schülerinnen und Schülern das Lösen von Aufgaben beizubringen.	5-stufige Likert-Skala
3.7	Im Mathematikunterricht müssen die Schülerinnen und Schüler alles ganz genau ausdrücken.	5-stufige Likert-Skala

3.8	Können die Schülerinnen und Schüler einen Algorithmus richtig anwenden, so betrachten sie dies oft als 'Verstehen'.	5-stufige Likert-Skala
3.9	Mathematikunterricht erteile ich nur ungern.	5-stufige Likert-Skala
3.10	Im Mathematikunterricht reicht es den Schülerinnen und Schülern bislang, was in der Klassenarbeit verlangt wird.	5-stufige Likert-Skala
3.11	Im Mathematikunterricht müssen die Schülerinnen und Schülern alles ganz genau begründen.	5-stufige Likert-Skala
3.12	Manchmal muss die Lehrperson ihren Schülerinnen und Schülern sagen: 'Hier hilft nur büffeln.'	5-stufige Likert-Skala
3.13	Mathematikaufgaben sollten mit den Verfahren gelöst werden können, die im Unterricht kürzlich besprochen worden sind.	5-stufige Likert-Skala
3.14	Eine gute Denkfähigkeit und Einfallsreichtum sind im Mathematikunterricht oft wichtiger als eine gute Lern- und Merkfähigkeit.	5-stufige Likert-Skala
3.15	Das Lernen von systematisiertem und strukturiertem mathematischen Wissen hat Vorrang vor einem handelnden Erarbeiten solchen Wissens.	5-stufige Likert-Skala
3.16	Im Mathematikunterricht müssen die Schülerinnen und Schüler die Fachbegriffe,	5-stufige Likert-Skala

	und zwar korrekt, verwenden.	
3.17	Die Herleitung oder der Beweis einer Formel ist für die Lernenden unwichtig; entscheidend ist, dass sie sie anwenden können.	5-stufige Likert-Skala
3.18	Das Erfinden bzw. Nach-Erfinden von Mathematik hat Vorrang vor einem Lehren bzw. Lernen von 'fertiger Mathematik'.	5-stufige Likert-Skala
3.19	Um im Mathematikunterricht erfolgreich zu sein, muss man viele Regeln, Begriffe und Verfahren auswendig lernen.	5-stufige Likert-Skala
4.1	Mathematik ist eine Sammlung von Verfahren und Regeln, die genau angeben, wie man Aufgaben löst.	5-stufige Likert-Skala
4.2	Mathematik ist eine Tätigkeit, bei der man über Probleme nachdenkt und Erkenntnisse gewinnt.	5-stufige Likert-Skala
4.3	Mathematik ist ein logisch widerspruchfreies Denkgebäude mit klaren, exakt definierten Begriffen und eindeutig beweisbaren Aussagen.	5-stufige Likert-Skala
4.4	Mathematik besteht aus Ideen, Begriffen und Zusammenhängen.	5-stufige Likert-Skala
4.5	Mathematik ist gekennzeichnet durch Strenge, nämlich eine definitorische Strenge und eine formale Strenge der mathematischen Argumentation.	5-stufige Likert-Skala
4.6	Fast alle mathematischen Probleme können durch direkte Anwendung von bekannten	5-stufige Likert-Skala

	Regeln, Formeln und Verfahren gelöst werden.	
4.7	Ganz wesentlich für die Mathematik sind ihre logische Strenge und Präzision, das heißt das 'objektive' Denken.	5-stufige Likert-Skala
4.8	Mathematik lebt von Einfällen und neuen Ideen.	5-stufige Likert-Skala
4.9	Unabdingbar für die Mathematik ist ihre begriffliche Strenge, das heißt eine exakte und präzise mathematische Fachsprache.	5-stufige Likert-Skala
4.10	Mathematische Tätigkeit besteht aus dem Ordnen von Erfahrungen und Prinzipien, die beim Arbeiten mit Beispielen gewonnen wurden.	5-stufige Likert-Skala
4.11	Mathematik-Betreiben verlangt viel Übung im Befolgen und Anwenden von Rechenroutinen und -schemata.	5-stufige Likert-Skala
4.12	Mathematische Tätigkeit besteht im Erfinden bzw. Nach-Erfinden (Wiederentdecken) von Mathematik.	5-stufige Likert-Skala
4.13	Für die Mathematik benötigt man insbesondere formallogisches Herleiten sowie das Abstraktions- und Formalisierungsvermögen.	5-stufige Likert-Skala
4.14	Mathematik-Betreiben heißt: Sachverhalte verstehen, Zusammenhänge sehen, Ideen haben.	5-stufige Likert-Skala
4.15	Mathematisches Denken wird durch	5-stufige Likert-Skala

	Abstraktion und Logik bestimmt.	
4.16	Mathematik ist Behalten und Anwenden von Definitionen und Formeln, von mathematischen Fakten und Verfahren.	5-stufige Likert-Skala
4.17	Im Vordergrund der Mathematik stehen ein fehlerloser Formalismus und die formale Logik.	5-stufige Likert-Skala
4.18	Für die Mathematik benötigt man vor allem Intuition sowie inhaltsbezogenes Denken und Argumentieren.	5-stufige Likert-Skala
4.19	Mathematik-Betreiben verlangt viel Übung im korrekten Befolgen von Regeln und Gesetzen.	5-stufige Likert-Skala
4.20	In der Mathematik kann man viele Dinge selber finden und ausprobieren.	5-stufige Likert-Skala
4.21	Mathematik besteht aus Lernen, Erinnern und Anwenden.	5-stufige Likert-Skala
4.22	Mathematik entsteht durch das Setzen von Axiomen oder Definitionen und eine anschließende formallogische Deduktion von Sätzen.	5-stufige Likert-Skala
4.23	Im Vordergrund der Mathematik stehen Inhalte, Ideen und Denkprozesse.	5-stufige Likert-Skala
4.24	Gute Mathematik stellt viele Strategien und Verfahren bereit, die in zahlreichen Situationen (universell) erfolgreich anwendbar sind.	5-stufige Likert-Skala

4.25	Die entscheidenden Basiselemente der Mathematik sind ihre Axiomatik und die strenge deduktive Methode.	5-stufige Likert-Skala
4.26	Mathematik verstehen wollen heißt Mathematik erschaffen wollen.	5-stufige Likert-Skala
4.27	Kennzeichen von Mathematik sind Klarheit, Exaktheit und Eindeutigkeit.	5-stufige Likert-Skala
5.1	Mathematik wird fast immer nur von besonders kreativen Menschen erfunden, deren Wissen sich andere dann aneignen müssen.	5-stufige Likert-Skala
5.2	Mathematische Aufgaben und Probleme können auf verschiedenen Wegen richtig gelöst werden.	5-stufige Likert-Skala
5.3	Neue mathematische Theorie entsteht erst dann, wenn zu einer Menge von Aussagen der Beweis (fehlerlos) vorliegt.	5-stufige Likert-Skala
5.4	Wenn man sich mit mathematischen Problemen auseinandersetzt, kann man oft Neues (Zusammenhänge, Regeln, Begriffe) entdecken.	5-stufige Likert-Skala
5.5	Um eine Mathematikaufgabe zu lösen, gibt es zumeist nur einen einzigen richtigen Lösungsweg, den man finden muss.	5-stufige Likert-Skala
5.6	Bei der Entwicklung von mathematischer Theorie sind Fehler in Kauf zu nehmen; entscheidend sind gute Ideen.	5-stufige Likert-Skala

5.7	Der durchschnittliche Mensch ist meistens nur Konsument und Reproduzent der Mathematik, die andere Menschen erschaffen haben.	5-stufige Likert-Skala
5.8	Es gibt gewöhnlich mehr als einen Weg, Aufgaben und Probleme zu lösen.	5-stufige Likert-Skala
5.9	Fehlerlosigkeit wird erst bei der logischen Absicherung von mathematischen Aussagen verlangt, nicht schon bei ihrer Entwicklung.	5-stufige Likert-Skala
5.10	Entwicklung und logische Absicherung von mathematischer Theorie gehören zusammen, sie sind untrennbar beim richtigen mathematischen Denken, Forschen und Problemlösen.	5-stufige Likert-Skala
5.11	Jeder Mensch kann Mathematik erfinden oder nach-erfinden.	5-stufige Likert-Skala
5.12	Wenn man eine Mathematikaufgabe lösen soll, muss man das einzig richtige Verfahren kennen, sonst ist man verloren.	5-stufige Likert-Skala
5.13	Entstehung und logische Absicherung von mathematischer Theorie sind unterschiedliche, voneinander trennbare Prozesse.	5-stufige Likert-Skala
6.1	Was einem der Mathematikunterricht für die Wirklichkeit beibringen kann, ist ein gutes, umfangreiches Wissen - mehr nicht.	5-stufige Likert-Skala
6.2	Der Mathematikunterricht schult einige Fähigkeiten, die auch in der Realität weiterhelfen (z.B. das allgemeine klare Denken in abstrakten und komplexen Situationen, das	5-stufige Likert-Skala

	konkrete Rechnen).	
6.3	Viele Teile der Mathematik haben einen praktischen Nutzen oder einen direkten Anwendungsbezug.	5-stufige Likert-Skala
6.4	Im Mathematikunterricht kann man - unabhängig davon, was immer unterrichtet werden wird - kaum etwas lernen, was in der Wirklichkeit von Nutzen ist.	5-stufige Likert-Skala
6.5	Kenntnisse in Mathematik sind für das spätere Leben der Schülerinnen und Schüler wichtig.	5-stufige Likert-Skala
6.6	Mathematik hat einen allgemeinen, grundsätzlichen Nutzen für die Gesellschaft.	5-stufige Likert-Skala
6.7	Nur einige wenige Dinge, die man im Mathematikunterricht lernt, kann man später verwenden.	5-stufige Likert-Skala
6.8	Mathematik ist nützlich in jedem Beruf.	5-stufige Likert-Skala
6.9	Mathematik hilft, alltägliche Aufgaben und Probleme zu lösen.	5-stufige Likert-Skala
6.10	Es ist schon viel gewonnen, wenn der Mathematikunterricht das Wissen, das man in den Anwendungen, im Beruf oder im Leben braucht, zügig vermittelt - alles andere darüber hinaus ist Zeitverschwendung.	5-stufige Likert-Skala
6.11	Mit ihrer Anwendbarkeit und Problemlösekapazität besitzt die Mathematik eine hohe gesellschaftliche Relevanz.	5-stufige Likert-Skala

6.12	Mathematik ist ein zweckfreies Spiel, eine Beschäftigung mit Objekten ohne konkreten Bezug zur Wirklichkeit.	5-stufige Likert-Skala
6.13	Im Mathematikunterricht beschäftigt man sich mit Aufgaben, die einen praktischen Nutzen haben.	5-stufige Likert-Skala
7.1	mathematische Algorithmen und Verfahren kennen.	5-stufige Likert-Skala
7.2	in der Lage sind, sich mathematische Fakten, Regeln und Lösungsschritte zu merken.	5-stufige Likert-Skala
7.3	in der Lage sind, mathematische Berechnungen schnell und fehlerfrei auszuführen.	5-stufige Likert-Skala
7.4	in der Lage sind, mathematische Darstellungen flexibel zu verwenden.	5-stufige Likert-Skala
7.5	nicht nur lernen, Standardaufgaben mit den Verfahren und Techniken zu lösen, die sie in der Schule gelernt haben, sondern auch Probleme lösen können, die Neugierde, Kreativität und Phantasie erfordern.	5-stufige Likert-Skala
7.6	lernen, dass das Aufsuchen außerschulischer Lernorte im Mathematikunterricht spannend ist.	5-stufige Likert-Skala
7.7	in der Lage sind, lebensweltliche Problemstellungen mathematisch zu modellieren.	5-stufige Likert-Skala
7.8	lernen, einen mathematischen Aufsatz zu	5-stufige Likert-Skala

	schreiben.	
7.9	lernen, mathematische Ideen zu erläutern bzw. in Worte zu fassen.	5-stufige Likert-Skala
7.10	in der Lage sind, über mathematische Inhalte zu kommunizieren.	5-stufige Likert-Skala
7.11	lernen, dass sich auch in der Umwelt schöne Mathematik findet.	5-stufige Likert-Skala
7.12	die mathematische Terminologie korrekt benutzen können.	5-stufige Likert-Skala
7.13	lernen, mathematisch zu argumentieren.	5-stufige Likert-Skala
7.14	die logische Struktur der Mathematik verstehen.	5-stufige Likert-Skala
7.15	das Prinzip des mathematischen Beweises verstehen.	5-stufige Likert-Skala
7.16	in der Lage sind, mathematische Aussagen zu beweisen.	5-stufige Likert-Skala
7.17	lernen, wie verschiedene mathematische Begriffe und Ideen miteinander zusammenhängen.	5-stufige Likert-Skala
7.18	das Gefühl bekommen, dass Mathematik etwas ist, das sie beherrschen.	5-stufige Likert-Skala
7.19	Spaß an Mathematik haben.	5-stufige Likert-Skala
7.20	mathematische Inhalte auch an außerschulischen Lernorten vermittelt	5-stufige Likert-Skala

	bekommen.	
8.1	Der ganzen Klasse mathematische Begriffe erklären.	5-stufige Likert-Skala
8.2	Hausaufgaben intensiv kontrollieren und berichtigen.	5-stufige Likert-Skala
8.3	Die Schülerinnen und Schüler Klassenarbeiten schreiben lassen, um ihre Leistungen festzustellen.	5-stufige Likert-Skala
8.4	Die Schülerinnen und Schüler in kleinen Gruppen arbeiten lassen.	5-stufige Likert-Skala
8.5	Die Schülerinnen und Schüler mathematische Projekte durchführen lassen.	5-stufige Likert-Skala
8.6	Die Schülerinnen und Schüler Mathematik präsentieren lassen.	5-stufige Likert-Skala
8.7	Die Schülerinnen und Schüler eigene mathematische Entdeckungen machen lassen.	5-stufige Likert-Skala
8.8	Sinnvollen Mathematikunterricht nur im Klassenzimmer unterrichten.	5-stufige Likert-Skala
9.1	Gruppenarbeit fördert das selbstständige Lernen von Schülerinnen und Schülern.	5-stufige Likert-Skala
9.2	Gruppenarbeit verbessert das soziale Klima in der Klasse.	5-stufige Likert-Skala
9.3	Gruppenarbeit fördert die Kreativität der Schülerinnen und Schüler.	5-stufige Likert-Skala

9.4	Gruppenarbeit unterstützt die kognitiven Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler.	5-stufige Likert-Skala
9.5	Gruppenarbeit ist geeignet, um mit der Heterogenität der Schülerinnen und Schüler umzugehen.	5-stufige Likert-Skala
9.6	Für Gruppenarbeit ist im Lehrplan zu wenig Zeit vorgesehen.	5-stufige Likert-Skala
9.7	Gruppenarbeit führt oft zu chaotischen und lauten Situationen.	5-stufige Likert-Skala
9.8	Die Klassenstärke ist zu groß, damit Gruppenarbeit funktionieren kann.	5-stufige Likert-Skala
9.9	Bei der Gruppenarbeit besteht die Gefahr, dass sich einige Schülerinnen und Schüler in der Gruppe zurückziehen und kaum an der Bearbeitung beteiligen.	5-stufige Likert-Skala
9.10	Schülerinnen und Schüler lenken sich während Gruppenarbeit oft gegenseitig ab oder geraten ins Rumalbern.	5-stufige Likert-Skala
9.11	Gruppenarbeit ist gut geeignet für das Erarbeiten mathematischer Inhalte.	5-stufige Likert-Skala
9.12	Durch Gruppenarbeit ist es möglich, dass die Schülerinnen und Schüler sich gegenseitig mathematische Inhalte erklären.	5-stufige Likert-Skala
10.1	Die Lehrperson sollte andere Schülerinnen und Schüler einschätzen lassen, ob die Antwort richtig oder falsch ist.	5-stufige Likert-Skala

10.2	Die Lehrperson sollte falsche Antworten hervorheben und die Schülerinnen und Schüler bitten, diese zu diskutieren.	5-stufige Likert-Skala
10.3	Die Lehrperson sollte Fehler selbst korrigieren, damit durch missverständliche Schülerformulierungen keine neuen Unklarheiten entstehen.	5-stufige Likert-Skala
10.4	Die Lehrperson sollte darauf achten, dass durch die Besprechung von Fehlern nicht zu viel Unterrichtszeit verloren geht.	5-stufige Likert-Skala
10.5	Die Lehrperson sollte bei Fehlern gezielt nachfragen, um herauszufinden, welche Denkkonzepte hinter dem Fehler stecken.	5-stufige Likert-Skala
10.6	Die Lehrperson sollte bei der Rückgabe von Klassenarbeiten in der Regel die Aufgaben selbst richtig an der Tafel vorführen.	5-stufige Likert-Skala
10.7	Die Lehrperson sollte Schülerinnen und Schüler dazu ermutigen, im Unterricht ihre Fehler vorzustellen.	5-stufige Likert-Skala
10.8	Die Lehrperson sollte darauf achten, dass möglichst keine Fehler an der Tafel stehen.	5-stufige Likert-Skala
11.1	Lehrpersonen können oft von ihren Schülerinnen und Schülern während des Mathematikunterrichts lernen.	5-stufige Likert-Skala
11.2	Wenn eine Schülerin bzw. ein Schüler im Unterricht eine Frage stellt, sollte die Lehrperson die Antwort wissen.	5-stufige Likert-Skala

11.3	Als Lehrperson sollte man sich auch mal einen Gast von außerhalb in den Mathematikunterricht einladen.	5-stufige Likert-Skala
11.4	Als Lehrperson sollte man im Unterricht auch Themen behandeln, die sich mit anderen Fächern kombinieren lassen.	5-stufige Likert-Skala
11.5	Eine Lehrperson muss die Autorität sein, die entscheidet, was richtig und was falsch ist.	5-stufige Likert-Skala
11.6	Eine Lehrperson muss den Schülerinnen und Schülern Wissen vermitteln.	5-stufige Likert-Skala
11.7	Eine Lehrperson muss in erster Linie Lerngelegenheiten schaffen, lernen müssen die Schülerinnen und Schülern selbst.	5-stufige Likert-Skala
11.8	Die Zusammenarbeit mit Lehrerinnen und Lehrern - auch anderer Fächer - ist wichtig.	5-stufige Likert-Skala
11.9	Eine Lehrperson kann eine Frage eines Schülers oder einer Schülerin auch mal unbeantwortet lassen.	5-stufige Likert-Skala
11.10	Die Lehrperson soll den Schülerinnen und Schülern eine aktive Rolle im Mathematikunterricht ermöglichen.	5-stufige Likert-Skala
11.11	Die Lehrperson sollte außerschulische Experten in den Unterricht holen oder diese mit der Klasse aufsuchen, wenn ein Thema die Möglichkeit dazu bietet.	5-stufige Likert-Skala
11.1	Außerschulische Lernorte sollte man den Naturwissenschaften und den	5-stufige Likert-Skala

2	Gesellschaftswissenschaften überlassen.	
12.01	Haben Sie Anmerkungen, Wünsche, Anregungen... ? Wollen Sie noch etwas loswerden, wonach nicht gefragt wurde? Hier haben Sie die Möglichkeit dazu:	offen

Quellen der Fragen:

Items	Quelle
3.1-3.19, 4.1-4.27, 5.1-5.13, 6.1-6.13	(Grigutsch, Raatz, & Törner, 1998)
	Item 3.15 in abgeänderter Form
7.1-7.5, 7.7-7.10, 7.12-7.19, 8.1-8.4, 9.1-9.10, 10.1-10.8, 11.1, 11.2, 11.5-11.7	(Kratz, 2011)
	Item 7.8 in abgeänderter Form
2.1, 2.2, 2.3, 2.7	(Lubke , Ernst, Trübswetter, & Ittel, 2011)
1.1-1.4, 2.4-2.6, 2.9-2.12, 7.6, 7.11, 7.20, 8.5-8.8, 9.11, 9.12, 11.3, 11.4, 11.8-11.12	Selbst entwickelt

A.1.2 Faktorenanalyse und Reliabilitäten der Lehrendenfragebögen (Teil A)

Faktorenanalyse

Tab. 10.1: Faktorenanalyse der Fragebogendaten von Lehrenden

Rotierte Komponentenmatrix[a]

	Komponente										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
f4014	,829										
f4008	,800	,339									
f4020	,793								,301		
f7010	,736				,330			,339			
f5008	,704	,301					-,440				
f6005		,893									
f6008		,766							,315		
f6007		,751			,423		,310				
f6013	-,370	,726									
f4002	,483	,701						,300			
f4027			,878								
f4015			,839								
f4026			,747		,450						
f4013			,743				,339				
f4022			,551			-,356	,324			-,352	
f4025			,521				,489			-,488	
f8004				,880							
f7006			,361	,800							
f8005	,349			,727							

f8006	,424			,625				,397			
f8007		,511		,598			-,303				
f7020				,593		-,493				,370	
f7005					,904						
f6004					,770						
f7009					,719			,465		-,313	
f6003		,394		,491	,503				,332		
f4021						,877					
f4019						,696					,417
f3018	,538					,603					
f11004				,484		-,559			-,316		
f4009							,937				
f4012	,427				,457		,562				
f11010	,399	,356				,314	-,517	-,320			,417
f11009								,836		,305	
f4006								-,791			,359
f11007									,820		
f11005					-,349				-,628	,485	
f6009		,418			,485				,617		
f11012	-,324		,347	,507					,571		
f11011										,822	
f4016											,929
f4011			-,512			,320					,519

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.

a. Die Rotation ist in 13 Iterationen konvergiert.

Trennschärfe und Reliabilitäten

Tab. 10.2: Zusammenfassungen der Fallverarbeitung von den Lehrenden-Fragebögen

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

			N	%
Formal-Aspekt	Fälle	Gültig	20	100,0
		Ausgeschlossen[a]	0	,0
		Gesamt	20	100,0
Schema-Aspekt	Fälle	Gültig	20	100,0
		Ausgeschlossen[a]	0	,0
		Gesamt	20	100,0
Prozess-Aspekt	Fälle	Gültig	20	100,0
		Ausgeschlossen[a]	0	,0
		Gesamt	20	100,0
Anwendungs-Aspekt	Fälle	Gültig	19	95,0
		Ausgeschlossen[a]	1	5,0
		Gesamt	20	100,0

a. Listenweise Löschung auf der Grundlage aller Variablen in der Prozedur.

Tab. 10.3: Reliabilitätsstatistiken der Lehrenden-Fragebögen

Reliabilitätsstatistiken

	Cronbachs Alpha	Anzahl der Items
Formal-Aspekt	,770	4
Schema-Aspekt	,780	4
Prozess-Aspekt	,847	4
Anwendungs-Aspekt	,858	4

Tab. 10.4: Item-Skala-Statistiken von den Lehrenden-Fragebögen

Item-Skala-Statistiken

		Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Formal-Aspekt	f4027	10,60	4,779	,641	,679
	f4015	10,60	5,305	,542	,731
	f4013	11,00	4,842	,695	,657
	f4022	11,45	4,576	,464	,795
Schema-Aspekt	f4021	8,50	5,947	,544	,747
	f4019	8,25	4,724	,722	,648
	f4011	8,50	6,158	,611	,722
	f4016	8,65	5,818	,494	,776
Prozess-Aspekt	f4014	13,65	2,555	,694	,803
	f4008	13,55	2,471	,758	,773
	f4020	13,95	2,261	,739	,789
	f5008	13,30	3,484	,685	,843
Anwendungs-Aspekt	f6005	11,32	6,895	,757	,796
	f6007	11,47	7,263	,794	,787
	f6008	11,84	5,807	,758	,808
	f6013	12,11	8,655	,562	,873

A.1.3 Faktorenanalyse und Reliabilitäten der Lehrenden-Fragebögen (Teil B)

Faktorenanalyse

Tab. 10.5: Faktorenanalyse der Fragebogendaten von Lehrenden

Rotierte Komponentenmatrix[a]

	Komponente							
	1	2	3	4	5	6	7	8
f8006	,836			,354				
f8005	,835	,367						
f8007	,802							
f7006	,749	,457						
f11003		,899						
f11011		,828				,422		
f7020	,350	,752						-,332
f11012		,622				-,592		
f7009			,916					
f7005			,807					
f7010			,563	,489				
f3018				,858				
f8008				,763				
f7011	,506		,410	,571				-,338
f11008					,855			
f7012					,830			
f11005						,935		
f11010							,862	
f8004	,526				,312		,576	

f11009	,360				,304	,462	-,513	
f11007								,867
f11004	,339	,508			-,305			-,515

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.
Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.[a]
a. Die Rotation ist in 9 Iterationen konvergiert.

Trennschärfe und Reliabilitäten

Tab. 10.6: Zusammenfassungen der Fallverarbeitung von den Lehrenden-Fragebögen

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

			N	%
Dim1	Fälle	Gültig	20	100,0
		Ausgeschlossen[a]	0	,0
		Gesamt	20	100,0
Dim2	Fälle	Gültig	20	100,0
		Ausgeschlossen[a]	0	,0
		Gesamt	20	100,0
Dim3	Fälle	Gültig	20	100,0
		Ausgeschlossen[a]	0	,0
		Gesamt	20	100,0

a. Listenweise Löschung auf der Grundlage aller Variablen in der Prozedur.

Tab. 10.7: Reliabilitätsstatistiken der Lehrenden-Fragebögen

Reliabilitätsstatistiken

	Cronbachs Alpha	Anzahl der Items
Dim1	,811	3
Dim2	,720	3
Dim3	,758	3

Tab. 10.8: Item-Skala-Statistiken von den Lehrenden-Fragebögen

Item-Skala-Statistiken

		Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Dim1	f8006	9,15	,976	,749	,647
	f8005	9,20	1,011	,723	,677
	f8007	8,85	1,608	,584	,838
Dim2	f7020	8,35	2,345	,643	,494
	f11011	8,15	2,450	,539	,644
	f11012	7,50	3,526	,479	,713
Dim3	f7009	9,45	,576	,693	,548
	f7005	9,40	,674	,577	,688
	f7010	9,45	,682	,502	,772

A.1.4 Varianzanalysen Lehrende

Skala Formal-Aspekt

Tab. 10.9: Levene-Test der Skala Formal-Aspekt

Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen[a]

		Levene-Statistik	df1	df2	Sig.
0	Basiert auf dem Mittelwert	1,539	1	20	,229
	Basiert auf dem Median	1,388	1	20	,253
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	1,388	1	19,279	,253
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	1,570	1	20	,225
0,75	Basiert auf dem Mittelwert	,414	1	20	,527
	Basiert auf dem Median	,286	1	20	,599
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,286	1	19,894	,599
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,348	1	20	,562

Prüft die Nullhypothese, dass die Fehlervarianz der abhängigen Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.

a. Design: Konstanter Term + EGuKG

Tab. 10.10: Varianzanalyse der Skala Formal-Aspekt

Multivariate Tests[a]

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Zeitpunkt	Pillai-Spur	,010	,198[b]	1,000	20,000	,661	,010
	Wilks-Lambda	,990	,198[b]	1,000	20,000	,661	,010
	Hotelling-Spur	,010	,198[b]	1,000	20,000	,661	,010
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,010	,198[b]	1,000	20,000	,661	,010
Zeitpunkt * EGuKG	Pillai-Spur	,142	3,303[b]	1,000	20,000	,084	,142
	Wilks-Lambda	,858	3,303[b]	1,000	20,000	,084	,142
	Hotelling-Spur	,165	3,303[b]	1,000	20,000	,084	,142
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,165	3,303[b]	1,000	20,000	,084	,142

a. Design: Konstanter Term + EGuKG
Innersubjektdesign: Zeitpunkt

b. Exakte Statistik

Tab. 10.11: Test der Zwischensubjekteffekte der Skala Formal-Aspekt

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Typ III Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	496,193	1	496,193	836,936	,000	,977
EGuKG	,080	1	,080	,134	,718	,007
Fehler	11,857	20	,593			

Skala Schema-Aspekt

Tab. 10.12: Levene-Test der Skala Schema-Aspekt

Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen[a]

		Levene-Statistik	df1	df2	Sig.
0	Basiert auf dem Mittelwert	7,829	1	20	,011
	Basiert auf dem Median	4,097	1	20	,057
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	4,097	1	12,981	,064
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	7,554	1	20	,012
0.75	Basiert auf dem Mittelwert	12,909	1	20	,002
	Basiert auf dem Median	12,455	1	20	,002
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	12,455	1	13,919	,003
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	13,142	1	20	,002

Prüft die Nullhypothese, dass die Fehlervarianz der abhängigen Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.

a. Design: Konstanter Term + EGuKG
Innersubjektdesign: Schema

Tab. 10.13: Varianzanalyse der Skala Schema-Aspekt

Multivariate Tests[a]

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Schema	Pillai-Spur	,018	,359[b]	1,000	20,000	,556	,018
	Wilks-Lambda	,982	,359[b]	1,000	20,000	,556	,018
	Hotelling-Spur	,018	,359[b]	1,000	20,000	,556	,018
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,018	,359[b]	1,000	20,000	,556	,018
Schema * EGuKG	Pillai-Spur	,209	5,269[b]	1,000	20,000	,033	,209
	Wilks-Lambda	,791	5,269[b]	1,000	20,000	,033	,209
	Hotelling-Spur	,263	5,269[b]	1,000	20,000	,033	,209
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,263	5,269[b]	1,000	20,000	,033	,209

a. Design: Konstanter Term + EGuKG

Innersubjektdesign: Schema

b. Exakte Statistik

Tab. 10.14: Test der Zwischensubjekteffekte der Skala Schema-Aspekt

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Typ III Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	437,937	1	437,937	407,384	,000	,953
EGuKG	,295	1	,295	,275	,606	,014
Fehler	21,500	20	1,075			

Skala Prozess-Aspekt

Tab. 10.15: Levene-Test der Skala Prozess-Aspekt

Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen[a]

		Levene-Statistik	df1	df2	Sig.
0	Basiert auf dem Mittelwert	3,770	1	20	,066
	Basiert auf dem Median	2,355	1	20	,141
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	2,355	1	14,374	,147
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	3,940	1	20	,061
0.75	Basiert auf dem Mittelwert	,001	1	20	,970
	Basiert auf dem Median	,002	1	20	,964
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,002	1	19,278	,964
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,006	1	20	,940

Prüft die Nullhypothese, dass die Fehlervarianz der abhängigen Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.

a. Design: Konstanter Term + EGuKG

Innersubjektdesign: Prozess

Tab. 10.16: Varianzanalyse der Skala Prozess-Aspekt

Multivariate Tests[a]

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Prozess	Pillai-Spur	,107	2,395[b]	1,000	20,000	,137	,107
	Wilks-Lambda	,893	2,395[b]	1,000	20,000	,137	,107
	Hotelling-Spur	,120	2,395[b]	1,000	20,000	,137	,107
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,120	2,395[b]	1,000	20,000	,137	,107
Prozess * EGuKG	Pillai-Spur	,009	,172[b]	1,000	20,000	,682	,009
	Wilks-Lambda	,991	,172[b]	1,000	20,000	,682	,009
	Hotelling-Spur	,009	,172[b]	1,000	20,000	,682	,009
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,009	,172[b]	1,000	20,000	,682	,009

a. Design: Konstanter Term + EGuKG
Innersubjektdesign: Prozess

b. Exakte Statistik

Tab. 10.17: Test der Zwischensubjekteffekte der Skala Prozess-Aspekt

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Typ III Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	799,106	1	799,106	2791,689	,000	,993
EGuKG	,129	1	,129	,450	,510	,022
Fehler	5,725	20	,286			

Skala Anwendungs-Aspekt

Tab. 10.18: Levene-Test der Skala Anwendungs-Aspekt

Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen[a]

		Levene-Statistik	df1	df2	Sig.
0.	Basiert auf dem Mittelwert	,015	1	20	,903
	Basiert auf dem Median	,021	1	20	,886
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,021	1	19,954	,886
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,019	1	20	,893
0.75	Basiert auf dem Mittelwert	,028	1	20	,870
	Basiert auf dem Median	,103	1	20	,751
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,103	1	17,171	,752
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,063	1	20	,804

Prüft die Nullhypothese, dass die Fehlervarianz der abhängigen Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.

a. Design: Konstanter Term + EGuKG

Innersubjektdesign: Anwendung

Tab. 10.19: Varianzanalyse der Skala Anwendungs-Aspekt

Multivariate Tests[a]

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Anwendung	Pillai-Spur	,041	,850[b]	1,000	20,000	,368	,041
	Wilks-Lambda	,959	,850[b]	1,000	20,000	,368	,041
	Hotelling-Spur	,042	,850[b]	1,000	20,000	,368	,041
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,042	,850[b]	1,000	20,000	,368	,041
Anwendung * EGuKG	Pillai-Spur	,002	,037[b]	1,000	20,000	,850	,002
	Wilks-Lambda	,998	,037[b]	1,000	20,000	,850	,002
	Hotelling-Spur	,002	,037[b]	1,000	20,000	,850	,002
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,002	,037[b]	1,000	20,000	,850	,002

a. Design: Konstanter Term + EGuKG

Innersubjektdesign: Anwendung

b. Exakte Statistik

Tab. 10.20: Test der Zwischensubjekteffekte der Skala Anwendungs-Aspekt

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Typ III Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	631,821	1	631,821	622,870	,000	,969
EGuKG	,747	1	,747	,736	,401	,035
Fehler	20,287	20	1,014			

Skala Dim1

Tab. 10.21: Levene-Test der Skala Dim1

Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen[a]

		Levene-Statistik	df1	df2	Sig.
0	Basiert auf dem Mittelwert	,462	1	20	,504
	Basiert auf dem Median	,409	1	20	,529
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,409	1	19,698	,530
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,399	1	20	,535
0.75	Basiert auf dem Mittelwert	,917	1	20	,350
	Basiert auf dem Median	,467	1	20	,502
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,467	1	17,441	,503
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,898	1	20	,355

Prüft die Nullhypothese, dass die Fehlervarianz der abhängigen Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.

a. Design: Konstanter Term + EGuKG

Innersubjektdesign: Dim1

Tab. 10.22: Varianzanalyse der Skala Dim1

Multivariate Tests[a]

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Dim1	Pillai-Spur	,097	2,160[b]	1,000	20,000	,157	,097
	Wilks-Lambda	,903	2,160[b]	1,000	20,000	,157	,097
	Hotelling-Spur	,108	2,160[b]	1,000	20,000	,157	,097
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,108	2,160[b]	1,000	20,000	,157	,097
Dim1 * EGuKG	Pillai-Spur	,008	,155[b]	1,000	20,000	,698	,008
	Wilks-Lambda	,992	,155[b]	1,000	20,000	,698	,008
	Hotelling-Spur	,008	,155[b]	1,000	20,000	,698	,008
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,008	,155[b]	1,000	20,000	,698	,008

a. Design: Konstanter Term + EGuKG

Innersubjektdesign: Dim1

b. Exakte Statistik

Tab. 10.23: Test der Zwischensubjekteffekte der Skala Dim1

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Typ III Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	683,639	1	683,639	1371,602	,000	,986
EGuKG	,094	1	,094	,189	,669	,009
Fehler	9,968	20	,498			

Skala Dim2

Tab. 10.24: Levene-Test der Skala Dim2

Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen[a]

		Levene-Statistik	df1	df2	Sig.
0	Basiert auf dem Mittelwert	3,834	1	20	,064
	Basiert auf dem Median	2,677	1	20	,117
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	2,677	1	16,672	,121
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	3,310	1	20	,084
0.75	Basiert auf dem Mittelwert	,384	1	20	,543
	Basiert auf dem Median	,228	1	20	,638
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,228	1	19,409	,638
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,375	1	20	,547

Prüft die Nullhypothese, dass die Fehlervarianz der abhängigen Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.

a. Design: Konstanter Term + EGuKG

Innersubjektdesign: Dim2

Tab. 10.25: Varianzanalyse der Skala Dim2

Multivariate Tests[a]

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Dim2	Pillai-Spur	,190	4,679[b]	1,000	20,000	,043	,190
	Wilks-Lambda	,810	4,679[b]	1,000	20,000	,043	,190
	Hotelling-Spur	,234	4,679[b]	1,000	20,000	,043	,190
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,234	4,679[b]	1,000	20,000	,043	,190
Dim2 * EGuKG	Pillai-Spur	,008	,155[b]	1,000	20,000	,698	,008
	Wilks-Lambda	,992	,155[b]	1,000	20,000	,698	,008
	Hotelling-Spur	,008	,155[b]	1,000	20,000	,698	,008
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,008	,155[b]	1,000	20,000	,698	,008

a. Design: Konstanter Term + EGuKG
Innersubjektdesign: Dim2

b. Exakte Statistik

Tab. 10.26: Test der Zwischensubjekteffekte der Skala Dim2

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Typ III Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	575,115	1	575,115	632,774	,000	,969
EGuKG	,035	1	,035	,038	,847	,002
Fehler	18,178	20	,909			

Skala Dim3

Tab. 10.27: Levene-Test der Skala Dim3

Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen[a]

		Levene-Statistik	df1	df2	Sig.
0	Basiert auf dem Mittelwert	,079	1	20	,781
	Basiert auf dem Median	,079	1	20	,781
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,079	1	19,860	,781
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,091	1	20	,767
0.75	Basiert auf dem Mittelwert	,226	1	20	,640
	Basiert auf dem Median	,092	1	20	,765
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,092	1	19,992	,765
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,254	1	20	,620

Prüft die Nullhypothese, dass die Fehlervarianz der abhängigen Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.

a. Design: Konstanter Term + EGuKG

Innersubjektdesign: Dim3

Tab. 10.28: Varianzanalyse der Skala Dim3

Multivariate Tests[a]

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Dim3	Pillai-Spur	,023	,470[b]	1,000	20,000	,501	,023
	Wilks-Lambda	,977	,470[b]	1,000	20,000	,501	,023
	Hotelling-Spur	,024	,470[b]	1,000	20,000	,501	,023
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,024	,470[b]	1,000	20,000	,501	,023
Dim3 * EGuKG	Pillai-Spur	,005	,104[b]	1,000	20,000	,751	,005
	Wilks-Lambda	,995	,104[b]	1,000	20,000	,751	,005
	Hotelling-Spur	,005	,104[b]	1,000	20,000	,751	,005
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,005	,104[b]	1,000	20,000	,751	,005

a. Design: Konstanter Term + EGuKG

Innersubjektdesign: Dim3

b. Exakte Statistik

Tab. 10.29: Test der Zwischensubjekteffekte der Skala Dim3

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Typ III Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	786,092	1	786,092	2026,328	,000	,990
EGuKG	,011	1	,011	,029	,866	,001
Fehler	7,759	20	,388			

A.1.5 Fragebögen der Lernenden

Die Fragebögen der Lernenden-Kontrollgruppe enthielten nicht die Items 4.2-4.4.

Nr.	Item	Antwortkategorie
1.1	Wie lautet der Anfangsbuchstabe des Vornamens deiner Mutter? (z. B. A für Anna)	
1.2	Was ist Geburtsmonat deines Vaters? (Zwei Ziffern, z.B. 04 für April)	
1.3	Notiere den Anfangsbuchstaben deines Geburtsortes. (z.B. F für Frankfurt)	
1.4	Notiere die letzte Ziffer deines Geburtstages. (z. B. 8, wenn du am 18.05.1992 geboren wurdest)	
2.1	Wie alt bist du?	jünger als 10 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17 / 18 / älter als 18
2.2	Du bist...	weiblich / männlich
2.3	In welche Klassenstufe gehst du?	5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13
2.4	Welche Schulart besuchst du?	Grundschule / Hauptschule / Realschule / Gymnasium / Förderschule /Gesamtschule / Sonstige
2.5	Falls unter 2.4 'Sonstige' angekreuzt wurde: Welche?	offen
3.1	Ich lerne Mathematik, weil ich weiß, wie sinnvoll Mathematik im Leben ist.	5-stufige Likert-Skala

3.2	Mathematik brauche ich für viele Dinge im Alltag.	5-stufige Likert-Skala
3.3	Mathematik ist reine Zeitverschwendung.	5-stufige Likert-Skala
3.4	Mathematik nützt mir außerhalb der Schule nichts.	5-stufige Likert-Skala
3.5	Mathematik zu beherrschen, ist lohnenswert und sinnvoll.	5-stufige Likert-Skala
3.6	Ich rechne gerne mit großen Zahlen.	5-stufige Likert-Skala
3.7	Ich überlege gerne, wie ich etwas möglichst geschickt ausrechnen kann.	5-stufige Likert-Skala
3.8	Ich rechne gerne Textaufgaben.	5-stufige Likert-Skala
3.9	Ich finde es spannend, in Mathematik Regeln oder Tricks selber zu entdecken.	5-stufige Likert-Skala
3.10	Ich bearbeite gerne Aufgaben zur Geometrie.	5-stufige Likert-Skala
3.11	Ich bearbeite gerne Aufgaben zur Wahrscheinlichkeitsrechnung.	5-stufige Likert-Skala
3.12	Ich bearbeite gerne Aufgaben bei denen etwas gezeichnet wird.	5-stufige Likert-Skala
3.13	Ich löse gerne Knobelaufgaben und Rechenrätsel in Zeitschriften und Heften.	5-stufige Likert-Skala
3.14	Mathematik ist das Fach, das ich gerne mache und das mir liegt.	5-stufige Likert-Skala
3.15	Obwohl ich mir Mühe gebe, fällt mir Mathematik schwerer als vielen meiner Mitschülerinnen und Mitschülern.	5-stufige Likert-Skala

3.16	Mathematik liegt mir nicht besonders.	5-stufige Likert-Skala
3.17	Mathematik macht mir sehr viel Spaß.	5-stufige Likert-Skala
3.18	Für Mathematik habe ich einfach keine Begabung.	5-stufige Likert-Skala
3.19	Was wir im Mathematikunterricht durchnehmen, kann ich mir schlecht merken.	5-stufige Likert-Skala
3.20	Wenn ich im Mathematikunterricht etwas nicht verstehe, gebe ich gleich auf.	5-stufige Likert-Skala
3.21	Ich kann dem Mathematikunterricht gut folgen.	5-stufige Likert-Skala
3.22	Mir ist meist klar, was in den Unterrichtsstunden gelernt werden sollte.	5-stufige Likert-Skala
3.23	Am Ende der Stunde fassen wir die Ergebnisse des Unterrichts zusammen.	5-stufige Likert-Skala
3.24	Mathematik-Hausaufgaben werden regelmäßig überprüft.	5-stufige Likert-Skala
3.25	Ich habe in diesem Schuljahr viel in Mathematik dazugelernt.	5-stufige Likert-Skala
3.26	Ich bin mit dem Mathematikunterricht zufrieden.	5-stufige Likert-Skala
3.27	Ich verliere häufig Spaß am Mathematikunterricht, da mir die vorgegebenen schematischen Lösungswege langweilig erscheinen.	5-stufige Likert-Skala
3.2	Mein Mathematikunterricht hat sich im	5-stufige Likert-Skala

8	letzten Jahr sehr verändert.	
3.2 9- 31	3Gründe +Mathe	offen
3.3 2- 34	3Gründe-Mathe	offen
4.1	Weißt du, was das Programm 'Mathe.Forscher' ist?	ja / nein
4.2	Hast Du ein spezielles Projekt im Mathematikunterricht im Rahmen des Mathe.Forscher-Programms gemacht?	ja / nein
4.3	Wenn du unter 4.2 'ja' angekreuzt hast: Welches?	offen
4.4	Würdest du deinen Freunden empfehlen, auch am Projekt ?Mathe.Forscher? teilzunehmen?	5-stufige Likert-Skala
5.1	Nur der Teil der Mathematik, der in Tests und Klassenarbeiten getestet wird, erscheint mir wichtig und wissenswert.	5-stufige Likert-Skala
5.2	Kreativität wird in meinem Mathematikunterricht nicht gefördert, sondern eher bekämpft.	5-stufige Likert-Skala
5.3	Im Mathematikunterricht reichte es mir bislang, nur das zu lernen, was in der Klassenarbeit verlangt wird.	5-stufige Likert-Skala
5.4	Wichtiger als eine gute Lern- und Merkfähigkeit sind eine gute Denkfähigkeit und Einfallsreichtum.	5-stufige Likert-Skala

5.5	Die Herleitung oder der Beweis einer Formel ist mir unwichtig; entscheidend ist, dass ich sie anwenden kann.	5-stufige Likert-Skala
5.6	Schematische Lösungswege helfen mir bei vielen Aufgaben.	5-stufige Likert-Skala
5.7	Mathematikunterricht ist kleinlich, buchhalterisch und penibel.	5-stufige Likert-Skala
6.1	Mathematik ist eine Sammlung von Verfahren und Regeln, die genau angeben, wie man Aufgaben löst.	5-stufige Likert-Skala
6.2	Mathematik betreiben heißt: Sachverhalte verstehen, Zusammenhänge sehen, Ideen haben.	5-stufige Likert-Skala
6.3	Mathematik ist ein geordnetes, strukturiertes System. Mathematik ist fertig interpretierte Theorie.	5-stufige Likert-Skala
6.4	Mathematik ist eine Tätigkeit, über Probleme nachzudenken und Erkenntnisse zu gewinnen.	5-stufige Likert-Skala
6.5	Mathematik ist Behalten und Anwenden von Definitionen und Formeln, von mathematischen Fakten und Verfahren.	5-stufige Likert-Skala
6.6	Mathematik betreiben heißt: allgemeine Gesetze und Verfahren auf spezielle Aufgaben anwenden.	5-stufige Likert-Skala
6.7	Für die Mathematik benötigt man vor allem Intuition sowie inhaltsbezogenes Denken und Argumentieren.	5-stufige Likert-Skala
6.8	Für die Mathematik benötigt man	5-stufige Likert-Skala

	insbesondere logisches Herleiten.	
6.9	Im Vordergrund der Mathematik stehen ein fehlerloser Formalismus und die formale Logik.	5-stufige Likert-Skala
6.10	Im Vordergrund der Mathematik stehen Inhalte, Ideen und Denkprozesse.	5-stufige Likert-Skala
7.1	Man soll im Mathematikunterricht das Lösen von Problemen üben, um mit den Problemen der Wirklichkeit besser umgehen zu können.	5-stufige Likert-Skala
7.2	Der Mathematikunterricht sollte viele Strategien bereitstellen, die in zahlreichen Situationen erfolgreich anwendbar sind.	5-stufige Likert-Skala
7.3	Im Mathematikunterricht kann man ? unabhängig davon, was immer unterrichtet werden wird ? kaum etwas lernen, was in der Wirklichkeit von Nutzen ist.	5-stufige Likert-Skala
7.4	Man sollte Mathematikunterricht auch mal an realen Dingen unterrichten.	5-stufige Likert-Skala
7.5	Im Mathematikunterricht sollte man selbstständig arbeiten.	5-stufige Likert-Skala
7.6	Mathematikaufgaben sollten mit den Verfahren gelöst werden können, die im Unterricht kürzlich besprochen worden sind.	5-stufige Likert-Skala
7.7	Ich würde lieber Mathematik nacherfinden als fertige Mathematik vom Lehrer präsentiert zu bekommen.	5-stufige Likert-Skala
7.8	Man sollte im Mathematikunterricht auch manchmal darüber sprechen, wie man beim Lösen von Aufgaben vorgeht.	5-stufige Likert-Skala

7.9	Mathematik besteht für mich nur aus Lernen, Erinnern und Anwenden.	5-stufige Likert-Skala
7.10	Für mich sind Kenntnisse aus vergangenen Themenbereichen nicht relevant; man kann sie zumeist vergessen.	5-stufige Likert-Skala
7.11	Ich würde gerne ab und zu meine Lösung vor der Klasse präsentieren.	5-stufige Likert-Skala
7.12	Das Aufsuchen außerschulischer Lernorte im Mathematikunterricht finde ich spannend.	5-stufige Likert-Skala
7.13	Ich würde gerne selbst mathematische Dinge im Unterricht entdecken.	5-stufige Likert-Skala
7.14	Ich möchte, dass mir die Lehrperson genau sagt, was ich falsch oder richtig gemacht habe.	5-stufige Likert-Skala
7.15	Ich schreibe meine mathematischen Ideen gerne auf und spreche gerne darüber.	5-stufige Likert-Skala
7.16	Mathematische Inhalte kann man auch an außerschulischen Lernorten erlernen.	5-stufige Likert-Skala
7.17	Das Nach-Erfinden von Mathematik sollte Vorrang vor einem Lernen von 'fertiger Mathematik' haben.	5-stufige Likert-Skala
7.18	Ich finde, dass wir Schülerinnen und Schüler viel zu passiv im Mathematikunterricht sind.	5-stufige Likert-Skala
7.19	Ich tausche mich gerne mit meinen Mitschülerinnen und Mitschülern über die Lösungen von Mathematikaufgaben aus.	5-stufige Likert-Skala
7.20	Mathematik treiben ist für mich das Erfinden bzw. Nach-Erfinden von Mathematik.	5-stufige Likert-Skala

Quellen der Fragen:

Items	Quelle
5.1-5.7, 6.1-6.10, 7.1-7.3, 7.5-7.10, 7.17	(Grigutsch & Törner, 1994)
	Items 5.2, 6.3, 6.8, 7.2, 7.7, 7.17 in abgeänderter Form
7.20	(Grigutsch, Raatz, & Törner, 1998)
2.3, 3.14-3.17, 3.28-3.34, 4.1, 4.4,	(Lubke , Ernst, Trübswetter, & Ittel, 2011)
2.1, 3.6-3.9, 3.13, 3.18-3.20	IGLU (Bos, Lankes, Prenzel, & Schwippert, 2005) übernommen von (Lubke , Ernst, Trübswetter, & Ittel, 2011)
2.2, 3.1-3.5	KESS 4 (Bos & Pietsch, 2005) übernommen von (Lubke , Ernst, Trübswetter, & Ittel, 2011)
2.4	PISA 2003 (Ramm, et al., 2006) übernommen von (Lubke , Ernst, Trübswetter, & Ittel, 2011)
3.21-3.26	ELEMENT (IQB, 2005) übernommen von (Lubke , Ernst, Trübswetter, & Ittel, 2011)
1.1-1.4, 3.10-3.12, 4.2, 4.3, 7.4, 7.11-7.16, 7.18, 7.19	Selbst entwickelt

A.1.6 Faktorenanalysen und Reliabilitäten Pilotierung Lernende

Faktorenanalyse

Tab. 10.30: Faktorenanalyse der Fragebogendaten von Lernenden

Rotierte Komponentenmatrix[a]

	Komponente								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
frage3.7	,739								
frage3.9	,727								
frage7.15	,643		,303						-,381
frage3.1	,642				,432				
frage7.11	,502					,448		-,379	
frage5.2neg		,792							
frage3.23		,610							
frage7.20	,333	,603							
frage6.3			,742						
frage6.1			,672					,313	
frage5.4			,618	,304					
frage6.9			,485						,398
frage7.7				,727					
frage5.1neg				,583	,561				
frage7.12		,408		,550		,492			
frage7.6neg					-,787				
frage3.2	,314	,320			,511				
frage7.8						,719			
frage3.8	,415					,494			

frage6.8							,681		
frage5.6							,669		
frage7.9				-,507			-,607		
frage5.3neg					,328			,770	
frage7.16						,443		,512	
frage7.5									,870

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.[a]

a. Die Rotation ist in 12 Iterationen konvergiert.

Trennschärfe und Reliabilitäten

Tab. 10.31: Zusammenfassungen der Fallverarbeitung von den Lernendenfragebögen

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

			N	%
statische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht	Fälle	Gültig	138	82,1
		Ausgeschlossena	30	17,9
		Gesamt	168	100,0
dynamische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht	Fälle	Gültig	146	86,9
		Ausgeschlossena	22	13,1
		Gesamt	168	100,0
Mathe.Forscher-Dimensionszustimmung	Fälle	Gültig	143	85,1
		Ausgeschlossen[a]	25	14,9
		Gesamt	168	100,0

a. Listenweise Löschung auf der Grundlage aller Variablen in der Prozedur.

Tab. 10.32: Reliabilitätsstatistiken der Lernenden-Fragebögen

Reliabilitätsstatistiken

	Cronbachs Alpha	Anzahl der Items
Statische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht	,359	3
Dynamische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht	,721	3
Mathe.Forscher-Dimensionszustimmung	,424	3

Tab. 10.33:Item-Skala-Statistiken von den Lernendenfragebögen

Item-Skala-Statistiken

		Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
statische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht	frage6.8	6,25	2,844	,206	,276
	frage5.6	6,73	2,752	,220	,249
	frage7.9neg	7,41	2,215	,203	,293
dynamische Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht	frage3.7	6,01	4,027	,620	,534
	frage3.9	6,29	4,182	,513	,674
	frage3.1	5,92	4,939	,504	,680
Mathe.Forscher-Dimensionszustimmung	frage5.2neg	5,48	2,969	,355	,138
	frage3.23	6,18	2,910	,258	,329
	frage7.20	5,92	3,888	,164	,475

A.1.7 Varianzanalysen Lernende

Varianzanalyse der statischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht von Lernenden

Tab. 10.34: Levene-Test der statischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht von Lernenden

Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen[a]

		Levene-Statistik	df1	df2	Sig.
M075stat1v2	Basiert auf dem Mittelwert	2,852	1	429	,092
	Basiert auf dem Median	2,893	1	429	,090
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	2,893	1	428,628	,090
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	2,914	1	429	,089
M075stat2v2	Basiert auf dem Mittelwert	,159	1	429	,690
	Basiert auf dem Median	,158	1	429	,691
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,158	1	426,185	,691
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,125	1	429	,724

Prüft die Nullhypothese, dass die Fehlervarianz der abhängigen Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.

a. Design: Konstanter Term + KGuEG

Innersubjektdesign: stat075

Tab. 10.35: Varianzanalyse der statischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht von Lernenden

Multivariate Tests[a]

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
stat075	Pillai-Spur	,014	6,017[b]	1,000	429,000	,015	,014
	Wilks-Lambda	,986	6,017[b]	1,000	429,000	,015	,014
	Hotelling-Spur	,014	6,017[b]	1,000	429,000	,015	,014
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,014	6,017[b]	1,000	429,000	,015	,014
stat075 * KGuEG	Pillai-Spur	,000	,205[b]	1,000	429,000	,651	,000
	Wilks-Lambda	1,000	,205[b]	1,000	429,000	,651	,000
	Hotelling-Spur	,000	,205[b]	1,000	429,000	,651	,000
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,000	,205[b]	1,000	429,000	,651	,000

a. Design: Konstanter Term + KGuEG

Innersubjektdesign: stat075

b. Exakte Statistik

Tab. 10.36: Test der Zwischensubjekteffekte der statischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht von Lernenden

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Typ III Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	11929,883	1	11929,883	15909,057	,000	,974
KGuEG	,011	1	,011	,014	,906	,000
Fehler	321,699	429	,750			

Varianzanalyse der dynamischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht

Tab. 10.37: Levene-Test der dynamischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht von Lernenden

Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen[a]

		Levene-Statistik	df1	df2	Sig.
M075dyn1v2	Basiert auf dem Mittelwert	3,266	1	429	,071
	Basiert auf dem Median	3,474	1	429	,063
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	3,474	1	424,732	,063
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	3,671	1	429	,056
M075dyn2v2	Basiert auf dem Mittelwert	,004	1	429	,951
	Basiert auf dem Median	,023	1	429	,878
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,023	1	424,911	,878
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,005	1	429	,941

Prüft die Nullhypothese, dass die Fehlervarianz der abhängigen Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.

a. Design: Konstanter Term + KGuEG

Innersubjektdesign: dyn075

Tab. 10.38: Varianzanalyse der dynamischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht von Lernenden

Multivariate Tests[a]

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
dyn075	Pillai-Spur	,009	3,678[b]	1,000	429,000	,056	,009
	Wilks-Lambda	,991	3,678[b]	1,000	429,000	,056	,009
	Hotelling-Spur	,009	3,678[b]	1,000	429,000	,056	,009
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,009	3,678[b]	1,000	429,000	,056	,009
dyn075 * KGuEG	Pillai-Spur	,000	,169[b]	1,000	429,000	,681	,000
	Wilks-Lambda	1,000	,169[b]	1,000	429,000	,681	,000
	Hotelling-Spur	,000	,169[b]	1,000	429,000	,681	,000
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,000	,169[b]	1,000	429,000	,681	,000

a. Design: Konstanter Term + KGuEG

Innersubjektdesign: dyn075

b. Exakte Statistik

Tab. 10.39: Test der Zwischensubjekteffekte der dynamischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht von Lernenden

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Typ III Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	9476,812	1	9476,812	6029,880	,000	,934
KGuEG	39,744	1	39,744	25,288	,000	,056
Fehler	674,234	429	1,572			

Varianzanalyse der Mathe.Forscher-Dimensionszustimmung von Lernenden

Tab. 10.40: Levene-Test der Mathe.Forscher-Dimensionszustimmung von Lernenden

Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen[a]

		Levene-Statistik	df1	df2	Sig.
M075dim1v2	Basiert auf dem Mittelwert	,098	1	429	,755
	Basiert auf dem Median	,323	1	429	,570
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,323	1	427,211	,570
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,162	1	429	,688
M075dim2v2	Basiert auf dem Mittelwert	,923	1	429	,337
	Basiert auf dem Median	,585	1	429	,445
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,585	1	419,504	,445
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,758	1	429	,385

Prüft die Nullhypothese, dass die Fehlervarianz der abhängigen Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.

a. Design: Konstanter Term + KGuEG

Innersubjektdesign: dim075

Tab. 10.41: Varianzanalyse der Mathe.Forscher-Dimensionszustimmung von Lernenden

Multivariate Tests[a]

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
dim075	Pillai-Spur	,000	,034[b]	1,000	429,000	,854	,000
	Wilks-Lambda	1,000	,034[b]	1,000	429,000	,854	,000
	Hotelling-Spur	,000	,034[b]	1,000	429,000	,854	,000
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,000	,034[b]	1,000	429,000	,854	,000
dim075 * KGuEG	Pillai-Spur	,005	1,947[b]	1,000	429,000	,164	,005
	Wilks-Lambda	,995	1,947[b]	1,000	429,000	,164	,005
	Hotelling-Spur	,005	1,947[b]	1,000	429,000	,164	,005
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,005	1,947[b]	1,000	429,000	,164	,005

a. Design: Konstanter Term + KGuEG
Innersubjektdesign: dim075

b. Exakte Statistik

Tab. 10.42: Test der Zwischensubjekteffekte der Mathe.Forscher-Dimensions-zustimmung von Lernenden

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Typ III Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	7044,935	1	7044,935	9923,437	,000	,959
KGuEG	1,302	1	1,302	1,834	,176	,004
Fehler	304,560	429	,710			

A.1.8 Kovarianzanalyse Lernende (Gender)

Tab. 10.43: Kovarianzanalyse der statischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht von Lernenden bezüglich des Geschlechts

Multivariate Tests[a]

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
stat075	Pillai-Spur	,011	4,818[b]	1,000	419,000	,029	,011
	Wilks-Lambda	,989	4,818[b]	1,000	419,000	,029	,011
	Hotelling-Spur	,011	4,818[b]	1,000	419,000	,029	,011
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,011	4,818[b]	1,000	419,000	,029	,011
stat075 * Geschlechtw1m2	Pillai-Spur	,005	1,929[b]	1,000	419,000	,166	,005
	Wilks-Lambda	,995	1,929[b]	1,000	419,000	,166	,005
	Hotelling-Spur	,005	1,929[b]	1,000	419,000	,166	,005
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,005	1,929[b]	1,000	419,000	,166	,005

stat075 * KGuEG	Pillai-Spur	,000	,113b	1,000	419,000	,737	,000
	Wilks-Lambda	1,000	,113b	1,000	419,000	,737	,000
	Hotelling-Spur	,000	,113b	1,000	419,000	,737	,000
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,000	,113b	1,000	419,000	,737	,000

a. Design: Konstanter Term + Geschlechtw1m2 + KGuEG
Innersubjektdesign: stat075
b. Exakte Statistik

Tab. 10.44: Kovarianzanalyse der dynamischen Sicht auf Mathematik und Mathematikunterricht von Lernenden bezüglich des Geschlechts

Multivariate Tests[a]

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
dyn075	Pillai-Spur	,000	,029[b]	1,000	419,000	,865	,000
	Wilks-Lambda	1,000	,029[b]	1,000	419,000	,865	,000
	Hotelling-Spur	,000	,029[b]	1,000	419,000	,865	,000
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,000	,029[b]	1,000	419,000	,865	,000
dyn075 * Geschlechtw1m2	Pillai-Spur	,002	,853[b]	1,000	419,000	,356	,002
	Wilks-Lambda	,998	,853[b]	1,000	419,000	,356	,002
	Hotelling-Spur	,002	,853[b]	1,000	419,000	,356	,002
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,002	,853[b]	1,000	419,000	,356	,002
dyn075 * KGuEG	Pillai-Spur	,000	,022[b]	1,000	419,000	,882	,000

	Wilks-Lambda	1,000	,022[b]	1,000	419,000	,882	,000
	Hotelling-Spur	,000	,022[b]	1,000	419,000	,882	,000
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,000	,022[b]	1,000	419,000	,882	,000

a. Design: Konstanter Term + Geschlechtw1m2 + KGuEG

Innersubjektdesign: dyn075

b. Exakte Statistik

Tab. 10.45: Kovarianzanalyse der Mathe.Forscher-Dimensionszustimmung von Lernenden bezüglich des Geschlechts

Multivariate Tests[a]

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
dim075	Pillai-Spur	,004	1,562[b]	1,000	419,000	,212	,004
	Wilks-Lambda	,996	1,562[b]	1,000	419,000	,212	,004
	Hotelling-Spur	,004	1,562[b]	1,000	419,000	,212	,004
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,004	1,562[b]	1,000	419,000	,212	,004
dim075 * Geschlecht w1m2	Pillai-Spur	,005	2,041[b]	1,000	419,000	,154	,005
	Wilks-Lambda	,995	2,041[b]	1,000	419,000	,154	,005
	Hotelling-Spur	,005	2,041[b]	1,000	419,000	,154	,005
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,005	2,041[b]	1,000	419,000	,154	,005
dim075 * KGuEG	Pillai-Spur	,005	2,075[b]	1,000	419,000	,150	,005
	Wilks-Lambda	,995	2,075[b]	1,000	419,000	,150	,005
	Hotelling-Spur	,005	2,075[b]	1,000	419,000	,150	,005
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,005	2,075[b]	1,000	419,000	,150	,005

a. Design: Konstanter Term + Geschlechtw1m2 + KGuEG
Innersubjektdesign: dim075

b. Exakte Statistik

A.1.9 MC-Item (McNemar-Test)

Tab. 10.46: Zusammenfassungen der Fallverarbeitung von Experimental- und Kontrollgruppe

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

		Fälle					
		Gültig		Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
EG 0;9	Pretest * Posttest	249	99,2%	2	0,8%	251	100,0%
EG 1;6	Pretest * Posttest	36	100,0%	0	0,0%	36	100,0%
KG 0;9	Pretest * Posttest	180	100,0%	0	0,0%	180	100,0%
KG 1;6	Pretest * Posttest	26	100,0%	0	0,0%	26	100,0%

Tab. 10.47: Kreuztabellen von Experimental- und Kontrollgruppe

Pretest * Posttest Kreuztabelle

				Posttest		
				0	1	Gesamt
EG 0;9	Pretest	0	Anzahl	81	61	142
			% von Pretest	57,0%	43,0%	100,0%
		1	Anzahl	48	59	107
			% von Pretest	44,9%	55,1%	100,0%
	Gesamt		Anzahl	129	120	249
			% von Pretest	51,8%	48,2%	100,0%

EG 1;6	Pretest	0	Anzahl	8	12	20
			% von Pretest	40,0%	60,0%	100,0%
		1	Anzahl	4	12	16
			% von Pretest	25,0%	75,0%	100,0%
	Gesamt		Anzahl	12	24	36
			% von Pretest	33,3%	66,7%	100,0%
KG 0;9	Pretest	0	Anzahl	81	28	109
			% von Pretest	74,3%	25,7%	100,0%
		1	Anzahl	37	34	71
			% von Pretest	52,1%	47,9%	100,0%
	Gesamt		Anzahl	118	62	180
			% von Pretest	65,6%	34,4%	100,0%
KG 1;6	Pretest	0	Anzahl	10	3	13
			% von Pretest	76,9%	23,1%	100,0%
		1	Anzahl	6	7	13
			% von Pretest	46,2%	53,8%	100,0%
	Gesamt		Anzahl	16	10	26
			% von Pretest	61,5%	38,5%	100,0%

Tab. 10.48: Chi-Quadrat-Tests von Experimental- und Kontrollgruppe

Chi-Quadrat-Tests

		Wert	Exakte Sig. (zweiseitig)
EG 0;9	McNemar-Test		,250[a]
	Anzahl der gültigen Fälle	249	
EG 1;6	McNemar-Test		,077[a]
	Anzahl der gültigen Fälle	36	
KG 0;9	McNemar-Test		,321[a]
	Anzahl der gültigen Fälle	180	

KG 1;6	McNemar-Test		,508[a]
	Anzahl der gültigen Fälle	26	

a. Verwendetete Binomialverteilung.

A.1.10 F-ML (Chi-Quadrat-Test)

Tab. 10.49: Zusammenfassung der Fallverarbeitung von Themenfeld I und II

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

	Fälle					
	Gültig		Fehlend		Gesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
ML * Freude	34	100,0%	0	0,0%	34	100,0%

Tab. 10.50: Kreuztabellen der Themenfelder I und II

ML * Freude Kreuztabelle

			Freude		
			,00	1,00	Gesamt
ML	negativ	Anzahl	0	8	8
		Erwartete Anzahl	,5	7,5	8,0
	positiv	Anzahl	2	24	26
		Erwartete Anzahl	1,5	24,5	26,0
Gesamt		Anzahl	2	32	34
		Erwartete Anzahl	2,0	32,0	34,0

Tab. 10.51: Chi-Quadrat-Tests der Themenfelder I und II

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)	Punkt-Wahrschein-lichkeit
Pearson-Chi-Quadrat	,654[a]	1	,419	1,000	,579	
Kontinuitätskorrektur[b]	,000	1	1,000			
Likelihood-Quotient	1,111	1	,292	,629	,579	
Exakter Test nach Fisher				1,000	,579	
Zusammenhang linear-mit-linear	,635[c]	1	,426	1,000	,579	,579
Anzahl der gültigen Fälle	34					

a. 2 Zellen (50,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist ,47.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

c. Die standardisierte Statistik ist -,797.

A.2 Interviews

A.2.1 Interviewleitfaden Lernende

Code generieren

Teil A: Allgemeines

Pilot	HU	Frage
X	X	Wie alt bist du?
X		Welches Fach ist dein Lieblingsfach? Falls Mathe nicht aufgezählt wurde: Magst du Mathe?
	X	Welches Fach ist dein Lieblingsfach? Was magst du daran? Falls Mathe nicht aufgezählt wurde: Magst du Mathe? Wann oder was? Wann oder was nicht?
	X	Erinnerst du dich an deine Halbjahresnote in Mathematik? Falls ja: Welche Note hattest du? Weißt du schon, welche Note du in deinem nächsten Zeugnis bekommst? Falls ja: Welche Note bekommst du?
	X	Redet ihr zuhause über Mathe? Falls ja: Über was genau? Wie oft? Falls nein: Warum nicht? Redet ihr über andere Fächer?
	X	Denkst du außer in der Schule und neben den Hausaufgaben manchmal über was Mathematisches nach / rechnest du manchmal was aus? Brauchst du Mathe auch mal außer in der Schule? Und innerhalb der Schule in anderen Fächern?
X	X	Wie lange hast du deine Mathelehrerin / deinen Mathelehrer schon?

Teil B: Mathe.Forscher allgemein

Pilot	HU	Frage
X	X	Weißt du, was das Projekt Mathe.Forscher ist? (Im Folgenden alle Fragen auf Projekte allgemein beziehen, wenn hier mit "nein" geantwortet wird!)
X	X	Wie lange bist du schon bei Mathe.Forscher?
X	X	Wie wurde M.F-Unterricht bisher durchgeführt? (Projekttag, Projektwoche, Nachmittagsunterricht, freiwillige AG, Regelunterricht, Sonstiges)
X	X	Nur Mathe oder interdisziplinär? (Falls interdisziplinär: Welche Fächer?)
X	X	Projekte auch in Verbindung mit anderen Klassen?
X	X	Themen bisheriger Projekte? (Gegebenenfalls nach Fach- und Klassenverbindung fragen)
X	X	Würdest du Mathe.Forscher-Unterricht gerne beibehalten? Warum?
X	X	Vervollständige den folgenden Satz: Mathe.Forscher-Unterricht ist für mich... o Falls M.F nicht bekannt, dann: "Woran erkennst du ein Projekt?" o Falls ein Satz nicht ausreicht: Was ist noch kennzeichnend für M.F-Unterricht?
X	X	Kommt dir M.F-Unterricht wie Unterricht vor? Zählt er für dich als "Unterricht"? Warum?
X	X	Hat sich durch MF etwas im Unterricht verändert im Vergleich zu vorher? Falls ja: Was?
X	X	Dürft ihr als Klasse mitentscheiden, welche Themen im Rahmen von M.F-Programm behandelt werden?

Teil C: Mathe.Forscher konkret

Pilot	HU	Frage
X	X	Welche mathematischen Themen und Fragestellungen wurden bei den einzelnen Projekten behandelt, erkannt, erarbeitet?
X	X	Welche mathematischen Phänomene habt ihr in eurer "Lebenswelt" entdeckt?
X	X	Welche eigenen Fragen und Lösungsideen konntest du einbringen?
X	X	Was hast du genau gemacht?
X	X	Hast du am Ende die Lösung der Klasse präsentiert? Das Poster (mit-)erstellt, ein Projektbuch mitgestaltet/geschrieben?
X	X	Was hast du genau hast du gelernt?
X	X	Willst du noch was loswerden?

A.2.2 Transkriptionsanweisung

angelehnt an (Dresing & Pehl, 2013)

1. Es wird wörtlich transkribiert, also nicht lautsprachlich oder zusammenfassend. Vorhandene Dialekte werden möglichst wortgenau ins Hochdeutsche übersetzt. Wenn keine eindeutige Übersetzung möglich ist, wird der Dialekt beibehalten, zum Beispiel: Ich gehe heuer auf das Oktoberfest.

2. Wortverschleifungen werden nicht transkribiert, sondern an das Schriftdeutsch angenähert. Beispielsweise „Er hatte noch so‘n Buch genannt“ wird zu „Er hatte noch so ein Buch genannt“ und „hamma“ wird zu „haben wir“. Die Satzform wird beibehalten, auch wenn sie syntaktische Fehler beinhaltet, beispielsweise: „bin ich nach Kaufhaus gegangen“.
3. Wort- und Satzabbrüche sowie Stottern werden geglättet bzw. ausgelassen, Wortdoppelungen nur erfasst, wenn sie als Stilmittel zur Betonung genutzt werden: „Das ist mir sehr, sehr wichtig.“. „Ganze“ Halbsätze, denen nur die Vollendung fehlt, werden jedoch erfasst und mit dem Abbruchzeichen / gekennzeichnet.
4. Interpunktion wird zu Gunsten der Lesbarkeit geglättet, das heißt bei kurzem Senken der Stimme oder uneindeutiger Betonung wird eher ein Punkt als ein Komma gesetzt. Dabei sollen Sinneinheiten beibehalten werden.
5. Pausen werden durch drei Auslassungspunkte in Klammern (…) markiert.
6. Verständnissignale des gerade nicht Sprechenden wie „mhm, aha, ja, genau, ähm“ etc. werden nicht transkribiert. AUSNAHME: Eine Antwort besteht NUR aus „mhm“ ohne jegliche weitere Ausführung. Dies wird als „mhm (bejahend)“, oder „mhm (verneinend)“ erfasst, je nach Interpretation.
7. Besonders betonte Wörter oder Äußerungen werden durch GROSSSCHREIBUNG gekennzeichnet.

8. Jeder Sprecherbeitrag erhält eigene Absätze. Zwischen den Sprechern gibt es eine freie, leere Zeile. Auch kurze Einwürfe werden in einem separaten Absatz transkribiert.
9. Emotionale nonverbale Äußerungen der befragten Person und des Interviewers, die die Aussage unterstützen oder verdeutlichen (etwa wie lachen oder seufzen), werden beim Einsatz in Klammern notiert.
10. Nach etwa jeder Minute eine Zeitangabe in Klammern in einer eigenen Zeile durch Leerzeilen getrennt. Bsp: (1:01 min).
11. Unverständliche Wörter werden mit (unv.) gekennzeichnet. Längere unverständliche Passagen sollen möglichst mit der Ursache versehen werden (unv., Handystörgeräusch) oder (unv., Mikrofon rauscht). Vermutet man einen Wortlaut, ist sich aber nicht sicher, wird das Wort bzw. der Satzteil mit einem Fragezeichen in Klammern gesetzt. Zum Beispiel: (Xylomethanolin?). Generell werden alle unverständlichen Stellen mit einer Zeitmarke versehen, wenn innerhalb von einer Minute keine Zeitmarke gesetzt ist.
12. Die interviewende Person wird durch ein „I:“, die befragte Person durch ein „B:“ gekennzeichnet. Bei mehreren Interviewpartnern (z.B. Gruppendiskussion) wird dem Kürzel „B“ eine entsprechende Kennnummer oder ein Name zugeordnet (z.B. „B1:“, „Peter:“).
13. Das Transkript wird als Word-Datei gespeichert. Benennung der Datei entsprechend des Audiodateinamens mit L/S-Angabe und Code. Beispiel: Audiodatei 26_115.mp3 wird zu 26_Sm_G04R2.doc bzw. Audiodatei 21_Sprache 005_sd.mp3 wird zu 21_Lm_ S11T4.doc
14. Viel Spaß beim Transkribieren!

Erweiterungen

1. Wort- und Satzabbrüche werden mit / markiert: „Ich habe mir Sor/ Gedanken gemacht“. Wortdoppelungen werden immer notiert.

2. Sprecherüberlappungen werden mit // gekennzeichnet. Bei Beginn des Einwurfes folgt ein //. Der Text, der gleichzeitig gesprochen wird, liegt dann innerhalb dieser // und der Einwurf der anderen Person steht in einer separaten Zeile und ist ebenfalls mit // gekennzeichnet.

Hinweise zur einheitlichen Schreibweise

1. Zeichen und Abkürzungen werden ausgeschrieben, zum Beispiel Prozent, Meter und so weiter.

2. Wortverkürzungen wie „runtergehen“ statt „heruntergehen“ oder „mal“ statt „einmal“ werden genauso geschrieben, wie sie gesprochen werden.

3. Englische Begriffe werden nach deutschen Rechtschreibregeln in Groß- und Kleinschreibung behandelt.

4. Anredepronomen der zweiten Person (du und ihr) werden klein geschrieben, die Höflichkeitsanrede-Pronomen (Sie und Ihnen) werden groß geschrieben.

5. Zahlen werden wie folgt dargestellt:

a. Zahlen null bis zwölf im Fließtext mit Namen, größere in Ziffern.

b. Auch weitere Zahlen mit kurzen Namen schreibt man aus, vor allem runde: zwanzig, hundert, dreitausend.

c. Dezimalzahlen und mathematische Gleichungen sind stets in Ziffern zu schreiben. Also: „4 + 5 = 9“ und „3,5“.

d. Bei nur ungefähr gemeinten Zahlenangaben schreibe man den Zahlennamen, bei exakt gemeinten die Ziffernform. Also: „Die fünfzig Millionen Euro Staatshilfe“.

e. Wo feste Konventionen zugunsten einer Schreibweise herrschen, befolge man diese. Hausnummern, Seitenzahlen, Telefonnummern, Kontonummern, Datum oder Ähnliches werden nie ausgeschrieben. Also: „auf Seite 11“ und „Am Markt 3“.
6. Auch Redewendungen/Idiome werden wörtlich und Standarddeutsch wiedergegeben, z.B. „übers Ohr hauen“ (statt: über das Ohr hauen).
7. Wird in der Aufnahme wörtliche Rede zitiert, wird das Zitat in Anführungszeichen gesetzt: und ich sagte dann „Na, dann schauen wir mal“.
8. Einzelbuchstaben: immer großschreiben, zum Beispiel „wie Vogel mit V“.

A.2.3 Kodierleitfäden Lernende

Themenfeld I

Kategorie	Definition	Ankerbeispiele	Kodierregeln
ML1: mathematische Aspekte über den Mathematikunterricht hinaus im schulischen Kontext erkennbar - a: mit konkretem Bezug zum Programm Mathe.Forscher - b: ohne	wird benannt / begründet: - Bezüge zwischen Mathematik/Mathematikunterricht und anderen Fächern	I: Und in anderen Fächern? B: In Sport. Wir haben dann zum Beispiel einen Ball gehoben, dann haben wir gefragt: Was glaubt ihr wie viel der Ball wiegt?	Wenn die Beispiele gegeben werden mit konkretem Bezug zu Ma.Fo, dann ML1a. Wenn kein konkreter Bezug genannt wird, dann ML1b. Hausaufgaben und Noten zählen nur dann, wenn Sie nicht dem

konkreten Bezug zum Programm Mathe.Forscher			Mathematikunterricht zuzuordnen sind
ML2: mathematische Aspekte über den Mathematikunterricht hinaus im außerschulischen Kontext erkennbar - a: mit konkretem Bezug zum Programm Mathe.Forscher - b: ohne konkreten Bezug zum Programm Mathe.Forscher	wird benannt / begründet: - Bezüge zwischen Mathematik/Mathematikunterricht und Situationen im außerschulischen Kontext	I: Das heißt, wenn du sagst du brauchst das auch zuhause, du rechnest dann auch mal daheim was? B: Also zum Beispiel beim Dreisatz jetzt beim Kuchen backen oder so hilft das ja zum Beispiel auch. Oder wenn ich jetzt irgendwas bauen will, dann gucke ich auch/ muss ich auch manchmal etwas zusammenrechnen, was mit Kommazahlen oder so zu tun hat. I: Was baust du da so? B: Ich habe mal einen Eiffelturm gebaut mit so einem Puzzle, da musste man	Wenn die Beispiele gegeben werden mit konkretem Bezug zu Ma.Fo, dann ML2a. Wenn kein konkreter Bezug genannt wird, dann ML2b. Hausaufgaben zählen nicht dazu.

		halt Sachen zusammenrechnen, dass der auch genau ist.	
ML3: keine mathematischen Aspekte über den Mathematikunterricht hinaus erkennbar	wird genannt / begründet: - konkrete Nennung, dass keine Bezüge erkennbar	I: Kannst du sagen, das kannst du gebrauchen nochmal, was du da gemacht hast oder angewendet hast, mathematisch? Das nochmal verwenden? B: Mhm (verneinend).	Es werden konkrete Begründungen oder Beispiele gegeben, dass keine Bezüge erkennbar sind.
ML4: mathematische Aspekte über den Mathematikunterricht hinaus ohne Begründung erkennbar	Fehlende Begründung, dennoch konkrete Nennung, dass Bezüge erkannt werden	I: Würdest du sagen, Mathe.Forscher-Unterricht hat auch was mit der Lebenswelt zu tun? B: Ja. I: Was ist dir da aufgefallen? B: (überlegt), weiß auch grad nicht.	Die Aussage kann nicht in ML1-ML3 eingeteilt werden, obwohl eine konkrete Benennung der Bezüge vorkommt.
ML5: keine Einordnung möglich	Es wird weder gesagt, dass Bezüge erkannt werden, noch dass keine erkannt werden. Es ist nicht klar, welcher Fall zutrifft.		Die Aussage kann nicht in ML1-ML4 eingeteilt werden,

Themenfeld II

Kategorie	Definition	Ankerbeispiele	Kodierregeln
F1: empfundene Freude während Ma.Fo, die sich auch auf den RU auswirkt	wird benannt / begründet: - Gefallen an Mathe.Forscher-Unterricht - Positive Veränderung im RU	I: Okay. Würdest du das gerne öfters machen? B: Mathe.Forscher, ja, ich fand es halt spannend. I: Hat sich dann auch was im normalen Unterricht geändert, dass dir Mathe mehr Spaß macht oder anders Spaß macht? B: Mathe hat mir dann mehr gefallen, auch wegen der Gruppe. Dann habe ich Mathe eigentlich anders gesehen. Weil am Anfang habe ich nur gedacht Mathe ist ein normales Unterrichtsfach, aber bei Mathe kann man ja so viel entdecken.	Beide Aspekte müssen mit mehr als „ja“ benannt und begründet werden.
F2: empfundene Freude während Ma.Fo, die sich ausschließlich auf das Projekt bezieht	wird benannt / begründet: - Gefallen an Mathe.Forscher-Unterricht - RU bleibt davon	I: Würdest du sowas gerne öfters machen? B: Ja. I: Warum, kannst du das beschreiben? B: Das hat einfach sehr Spaß	Beide Aspekte müssen mit mehr als „ja“ benannt und begründet werden.

	unbeeinflusst	gemacht. Und auch die Leute zu fragen und ich mag es wenn man Gruppenarbeit macht und so. I: Hat sich im normalen Unterricht jetzt was verändert seit ihr Mathe.Forscher macht? B: eher nicht. Also, es hat einfach so Spaß gemacht das alles zu, also zu erforschen und auch mal was herauszufinden.	
F3: empfundene Freude während Ma.Fo	wird benannt / begründet: - Gefallen Mathe.Forscher-Unterricht Wird nicht benannt / begründet: - RU	I: Würdest du sowas gerne weitermachen? B: Ja. I: Warum, was gefällt dir daran? B: Ja, dass man/ also mir gefällt, dass man forschen kann auch. Mir hat das Spaß gemacht. I: Hat sich im normalen Unterricht jetzt was verändert seit ihr Mathe.Forscher macht? B: Weiß nicht.	Es wird deutlich, dass Ma.Fo Spaß macht, es wird nicht deutlich, ob das eine Steigerung im RU bedeutet.
F4: empfundene Freude während	Fehlende Begründungen	I: Hast du da Lust drauf? B: Ja.	Wenn empfundene

Ma.Fo, aber nicht begründet		I:Warum? Was macht daran Spaß? B: Es gefällt mir halt. I: Kannst du sagen WAS dir daran gefällt? B: So mit halt Rechnen manchmal. I: Hat sich im normalen Unterricht jetzt was verändert seit ihr Mathe.Forscher macht? Denkst du jetzt anders über Mathe nach? B: Mhm (verneinend).	Freude benannt wird, aber die Aussage nicht in F1-F3 eingeteilt werden kann.
F5: wenig oder kein Gefallen an Mathe.Forscher-Unterricht	wird benannt und begründet: - Missfallen an Mathe.Forscher-Unterricht	I: Würdest du sowas gerne öfter machen? B: Ja, ähm, also, ich fand das Projekt schon nicht schlecht, aber es gab halt schon ziemlich viele Schwierigkeiten, weil die Lehrer haben uns halt gar nicht geholfen. Und es gab halt auch Sachen, die wir jetzt einfach gar nicht wissen konnten und dann hat uns Google auch nicht arg viel	Das Projekt wird nicht eindeutig als positiv beschrieben, es wird eindeutig negativ beschrieben, oder negative Beschreibungen überwiegen.

		weitergeholfen, das war dann manchmal ein bisschen kompliziert.	
F6: keine eindeutige Aussage		I: Hast du da Lust drauf? B: Ja. I:Warum? Was macht daran Spaß? B: Es gefällt mir halt. I: Kannst du sagen WAS dir daran gefällt? B: So mit halt Rechnen manchmal. I: Hat sich im normalen Unterricht jetzt was verändert seit ihr Mathe.Forscher macht? Denkst du jetzt anders über Mathe nach? B: Mhm (verneinend).	Die Aussage kann nicht in F1-F6 eingeteilt werden.

A.2.4 Übersichtstabelle der Codes nach laufender Nummer

laufende Nummer	Geschlecht	Alter	Klasse	höchste 2.2 ML	höchste 2.3 F
1	m	14	9	ML1a	F3
2	w	14	9	ML3	F2
3	w	15	8	ML3	F2
4	m	14	8	ML3	F3
5	m	9	4	-	F3
6	w	9	4	ML1u2	F3
7	m	9	4	ML1a	F3
8	w	9	4	-	F2
9	w	11	6	ML2a	F2
10	m	11	6	ML3	F2
11	m	11	6	ML3	F3
12	w	12	6	ML1b	F2

13	w	12	6	ML2a	F2
14	m	11	6	ML2a	F2
15	m	14	9	ML3	F2
16	w	14	9	ML3	F3
17	w	9	4	ML4	F3
18	m	10	4	ML2a/b	F2
19	w	9	3	ML2b	F3
20	m	8	3	ML1u2	F3
21	w	10	4	ML2b	F3
22	m	11	4	ML1a	F3
23	m	10	4	ML3	F3
24	w	10	4	ML2b	F1
25	w	12	6	ML2b	-
26	m	12	6	ML2a/b	F3
27	w	11	6	ML2a/b	F2

28	m	12	6	ML2a/b	F2
29	w	14	8	ML1u2	F2
30	m	14	8	ML2a	F3
31	w	14	8	ML1u2	F5
32	m	14	8	ML1u2	F3
33	w	12	6	ML2a	F2
34	m	12	6	ML2a/b	F2
35	w	11	5	ML2a/b	F3
36	m	10	5	ML2a	F3
37	m	14	8	ML2b	-
38	w	16	10	ML2a/b	F5