
Mathematikausbildung von Grundschulstudierenden im Projekt KLIMAGS: Forschungsdesign und erste Ergebnisse bzgl. Weltbildern, Lernstrategien und Leistungen

34

Jürgen Haase, Jana Kolter, Peter Bender, Rolf Biehler, Werner Blum,
Reinhard Hochmuth und Stanislaw Schukajlow

Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag stellen wir das im Rahmen des khdm-Projektes KLIMAGS eingesetzte Forschungsdesign zur Implementierung und Evaluation von Innovationen in fachmathematischen Vorlesungen der ersten Studiensemester im Lehramtsstudium für angehende Grundschullehrkräfte vor. Die Umsetzung an den Standorten Universität Kassel und Universität Paderborn und die standortbedingten Besonderheiten werden erläutert sowie deren Auswirkungen auf das Forschungsdesign und auf die Interpretation der erhobenen Daten diskutiert. Als Beispiele werden Leistungsdaten und Befragungen zum „Anwendungsaspekt“ von Mathematik sowie zu den Lernstrategien „Organisieren“ und „Zusammenhänge herstellen“ vorgestellt.

Jürgen Haase ✉ · Peter Bender · Rolf Biehler
Universität Paderborn, Institut für Mathematik, Paderborn, Deutschland
e-mail: haase@khdm.de, bender@math.upb.de, biehler@khdm.de

Jana Kolter
Universität Kassel, Kassel, Deutschland
e-mail: kolter@khdm.de

Werner Blum
Universität Kassel, Institut für Mathematik, Kassel, Deutschland
e-mail: blum@mathematik.uni-kassel.de

Reinhard Hochmuth
Leibniz Universität Hannover, Institut für Didaktik der Mathematik und Physik,
Hannover, Deutschland
e-mail: hochmuth@idmp.uni-hannover.de

Stanislaw Schukajlow
Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Didaktik der Mathematik und der
Informatik, Münster, Deutschland
e-mail: schukajlow@uni-muenster.de

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2016

A. Hoppenbrock et al. (Hrsg.), *Lehren und Lernen von Mathematik in der
Studieneingangsphase*, Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung
Mathematik, DOI 10.1007/978-3-658-10261-6_34

531

34.1 Einleitung

Im khdm-Projekt KLIMAGS (Kompetenzorientierte LehrInnovation im MAtematikstudium für die GrundSchule) werden die fachmathematischen Vorlesungen „Elemente der Arithmetik“ und „Elemente der Geometrie“ der ersten Studiensemester für angehende Grundschullehrkräfte an den Universitäten Kassel und Paderborn beforscht. Zentrales Projektziel ist zu erforschen, welches fachbezogene Wissen diese Studienanfänger von der Schule mitbringen, wie sich dieses Wissen für die beiden genannten Vorlesungen im Verlauf der ersten Studiensemester entwickelt und wie sich der fachbezogene Kompetenzerwerb der Studierenden effizient unterstützen lässt. Zur Unterstützung dieses Kompetenzerwerbs werden im Projektverlauf verschiedene Innovationen in den Vorlesungen implementiert und auf ihre Wirkung hin untersucht.

Für die Realisierung dieses Ziels wurde unter anderem ein eigener mathematischer Leistungstest konzipiert. Zu gewissen Messzeitpunkten werden neben den mathematischen Leistungswerten mit Hilfe etablierter Instrumente allgemeine psychologische und pädagogische Merkmale erhoben, die Hinweise auf Einstellungen und Haltungen der Studierenden zur Mathematik (beispielsweise zum mathematischen Weltbild, zum Interesse am Fach Mathematik, zum mathematischen Selbstkonzept) und zu ihrem Studium (beispielsweise Motive zur Studien- und Berufswahl, Lernfreude, Wohlbefinden an der Universität) sowie auf genutzte Lernstrategien liefern sollen. Durch den Forschungsbetrieb an zwei Standorten in je zwei Kohorten werden sowohl Vergleiche zwischen den Kohorten an einem Standort als auch standortübergreifende Analysen ermöglicht. Natürlich sollen keine „konkurrierenden“ Vergleiche zwischen den beiden Standorten gezogen werden, dennoch gibt es erwartungsgemäß strukturelle Unterschiede, die eine grundlegende Sensibilisierung für eine standortbezogene Betrachtung sinnvoll erscheinen lassen.

In diesem Beitrag möchten wir beleuchten, ob, beziehungsweise an welchen Stellen, Unterschiede zwischen den Studierenden der beiden Universitäten auftreten. Wir wollen diskutieren, erstens ob diese durch die strukturellen Standortunterschiede erklärbar (vielleicht sogar erwartbar) sind und zweitens inwiefern sie bei der Verfolgung der oben genannten Projektziele zu berücksichtigen sind. Die Basis hierfür bilden in diesem Beitrag längsschnittliche Daten (Vor- und Nachtest) von 69 Kasseler und 53 Paderborner Studierenden, die jeweils im Rahmen der „Elemente der Arithmetik“ erhoben worden sind.

34.2 Forschungsdesign

Die Studie ist in einem quasi-experimentellen Mehr-Kohortendesign mit vier Kohorten angelegt, von denen zwei in Kassel und zwei in Paderborn untersucht worden sind. Die jeweils erste Kohorte eines Standortes hat dabei als Kontrollgruppe gedient, die Innovationen sind zwei Semester später in einem „neuen“ Jahrgang in den Vorlesungsbetrieb implementiert worden.

Pro Kohorte waren in beiden Veranstaltungen „Elemente der Arithmetik“ und „Elemente der Geometrie“ zwei Messzeitpunkte (Vortest am ersten Vorlesungstermin, Nachtest am letzten Vorlesungstermin) vorgesehenen. Zur Veranstaltung „Elemente der Arithmetik“ haben wir zusätzlich am Ende des nachfolgenden Semesters einen Follow-Up-Test eingesetzt. In dem zeitlichen Abstand zur Fachveranstaltung – die vorlesungsfreie Zeit plus die Vorlesungszeit des Folgesemesters – sollten so Informationen über die Nachhaltigkeit der Veranstaltung bzw. der darin implementierten Innovationen gewonnen werden.

Zu allen Messzeitpunkten (mit einer Ausnahme, siehe Abschnitt „Erhebungsdesign“) sind sowohl mathematische Leistungswerte als auch allgemeine psychologische und pädagogische Merkmale erhoben worden.

34.2.1 Standortbedingte Besonderheiten

Standortübergreifende Forschung ist zwangsläufig von strukturellen Unterschieden geprägt. Daraus ergeben sich für das Projekt KLIMAGS zugleich Chancen und Herausforderungen. Die standortbedingten Besonderheiten und damit strukturelle Merkmale des Lehrens und Lernens können bei der Auswertung der erhobenen Daten als mögliche Ursache für abweichende Ergebnisse gleicher Variablen zwischen den Standorten berücksichtigt werden. Die Hauptunterschiede zwischen den beiden Projektstandorten aus Sicht der Autoren werden im Folgenden dargestellt:

- Fachinhaltlich wurden die jeweiligen Veranstaltungen an beiden Standorten weitgehend einander angepasst. Sowohl in Paderborn als auch in Kassel war jeweils nur ein Dozent für die beiden Veranstaltungen Arithmetik und Geometrie verantwortlich. Natürlich hat es zwischen den Standorten trotz aller Anpassungsbemühungen unterschiedliche inhaltliche Schwerpunkte gegeben, und jeder Dozent hat unweigerlich durch seine Person, durch den ihm eigenen Lehrstil, die Atmosphäre in der Vorlesung und den Umgang mit den Studierenden substantiellen Einfluss auf die Veranstaltung genommen. Hinzu kommt, dass den Studierenden in Paderborn bereits zu Beginn beider Veranstaltungen ein vollständiges Skript in Form eines Readers zur Verfügung gestanden hat. In Kassel wurden die Inhalte beider Veranstaltungen im Rahmen der Vorlesung und hauptsächlich in „klassischer Tafelarbeit“ präsentiert. Die Studierenden mussten sich ein Skript durch eigene Mitschrift selbst erstellen, zum Teil haben ihnen Power-Point-Präsentationen zu den Inhalten zur Verfügung gestanden. Beide Veranstaltungen wurden mit einer Klausur zum Semesterende abgeschlossen.

Eine Besonderheit der Geometrie-Veranstaltung in Paderborn war die Nutzung einer Software für dynamische Geometrie (DGS), die in der Vorlesung sowie für Hausaufgaben und den Übungsbetrieb genutzt worden ist. Durch den Einsatz dieser Software sind viele Begründungen auf einer Anschauungsebene geführt worden und sind zwar vollständig durchargumentiert, aber nicht immer ausführlich formal fixiert worden.

- Auch bezüglich der Bearbeitung der häuslichen Übungsaufgaben gab es strukturelle Unterschiede zwischen den Standorten. An beiden Standorten erhielten die Studierenden ein schriftliches Feedback mit inhaltlichen Kommentaren. In Paderborn erfolgte die Abgabe auf freiwilliger Basis und in Kleingruppen zu zwei oder drei Studierenden. Eine Einzelabgabe wurde ausgeschlossen. In Kassel wurden Übungsaufgaben zwecks Klausurzulassung bepunktet und die Einzelabgabe war verpflichtend.
- Einen erheblichen Einfluss auf die Durchführung der Studie hatten die unterschiedlichen Curricula an den Standorten Kassel und Paderborn. In Kassel begannen die Studierenden ihr Studium im ersten Semester mit der Arithmetik-Fachveranstaltung und setzten es im zweiten Semester mit der zugehörigen Arithmetik-Didaktik fort. Im zweiten und dritten Semester lagen die Geometrie-Fachveranstaltung und die Geometrie-Didaktik. In Paderborn studierten die Lehramtsstudenten in den ersten beiden Semestern die Geometrie (erst Fach, dann Didaktik) und in den Semestern zwei und drei die Arithmetik (ebenfalls erst Fach, dann Didaktik); siehe hierzu auch Abb. 34.1. Die Studierenden konnten unabhängig von ihrem Klausurergebnis in der Geometrie im ersten Semester in ihrem zweiten Semester die je andere Veranstaltung besuchen. Es fand keine „Vorauswahl“ durch die Erstsemesterklausur statt. Bei standortübergreifenden Vergleichen einer Veranstaltung muss berücksichtigt werden, dass die Studierenden sich in einem anderen Abschnitt ihres Studiums befunden haben. Sowohl für die Arithmetik als auch für die Geometrie analysiert man an einem Standort Erstsemester und am anderen Zweitsemester.

Diese Aspekte bergen Potential für gewisse Verschiedenheiten in Entwicklungsverläufen, Zusammenhängen oder Einflüssen im studentischen Lernen, welche im Abschnitt „Ergebnisse und Diskussion“ beleuchtet werden. Die unterschiedlichen Curricula nahmen darüber hinaus direkt Einfluss auf die Organisation von Erhebungsabläufen. Daher wird im Folgenden dezidiert dargelegt, welche Erhebungen an welchem Standort zu welchen Zeitpunkten realisiert wurden.

34.2.2 Erhebungsdesign

Zunächst muss einschränkend festgehalten werden, dass zum Projektstart primär die Arithmetik-Leistungstests entwickelt worden sind. Daher besuchte die erste Kohorte in Paderborn bei Fertigstellung der Geometrie-Items bereits die entsprechende Fachvorlesung und konnte nicht mehr für die Untersuchung berücksichtigt werden. Zum Erhebungsstart in Kassel standen die Geometrie-Items zur Verfügung, sodass sie, bedingt durch den anderen Curriculums Verlauf, hier bereits in der ersten Kohorte erhoben werden konnten.

Daraus ergibt sich eine erste Einschränkung für die Beantwortung der Fragen für die Geometrie. Da in Paderborn nur eine Kohorte die Geometrie-Tests bearbeitet hat, können für diese Veranstaltung nur in Kassel Kohorten-Vergleiche und empirische Innovations-

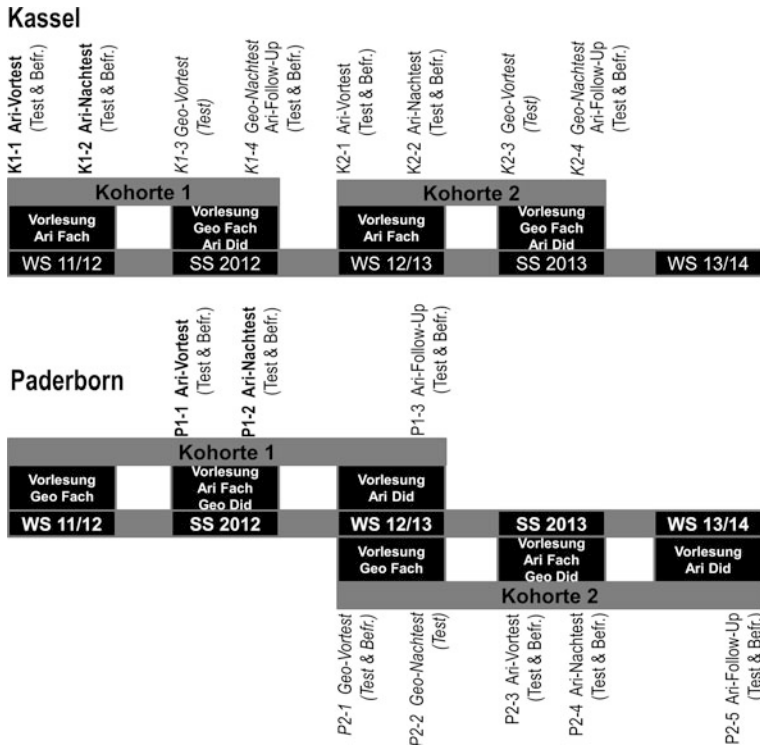


Abb. 34.1 Die Messzeitpunkte im Überblick

Evaluierungen durchgeführt werden. Die Paderborner Daten liefern aber auf der Ebene von querschnittlichen Zusammenhangsanalysen und für qualitative Einblicke in studentische Aufgabenbearbeitungen eine wertvolle Ergänzung zu den Kasseler Daten.

Abbildung 34.1 zeigt die Erhebungszeitpläne für die beiden Standorte. Bedingt durch den Studienverlauf erstreckte sich der Erhebungszeitraum in Paderborn pro Kohorte über drei Semester, wohingegen in Kassel alle drei Messzeitpunkte über zwei Semester verteilt waren. Hierdurch gab es in Paderborn effektiv fünf Erhebungstermine (drei in Arithmetik, zwei in Geometrie), denen vier Termine in Kassel gegenüber standen, wo der Geometrie-Nachtest zusammen mit dem Arithmetik-Follow-Up durchgeführt wurde.

Um die Studierenden nicht über die Maßen zu beanspruchen und weil zwischen Geometrie-Nachtest und Arithmetik-Vortest „nur“ die vorlesungsfreie Zeit liegt, wurden in Paderborn beim Geometrie-Nachtest keine allgemeinen psychologischen und pädagogischen Merkmale erhoben. Veränderungen dieser Merkmale über das erste Studiensemester können aus den beiden Vortests der Geometrie- und der Arithmetik-Vorlesung gewonnen werden. Analog dazu wurde in Kassel zum Messzeitpunkt Geometrie-Vortest nur der Leistungstest ohne Fragebogen erhoben.

Durch die vielen Erhebungstermine über lange Zeiträume haben wir (trotz der dank Modularisierung vereinheitlichten Studienverläufe der Teilnehmer innerhalb eines Standorts) eine recht hohe Stichprobenmortalität. Von 140 Teilnehmern des Kasseler Vortests haben nur 69 auch am entsprechenden Nachtest teilgenommen, in Paderborn waren es 53 von 109 Vortest-Teilnehmern. Diese insgesamt 122 Teilnehmer unterscheiden sich (nach *t*-Tests gegen den Gesamtgruppen-Mittelwert des Vortests als festen Wert) für die untersuchten Konstrukte nicht von der Gesamt-Stichprobe und können somit als repräsentativ angesehen werden. Die folgenden Auswertungen basieren auf den Daten dieser 122 Studierenden.

34.3 Erhebungsinstrumente

Zu den Messzeitpunkten wurden, wie oben beschrieben, sowohl ein mathematischer Leistungstest als auch (mit der bereits beschriebenen Ausnahme) ein Fragebogen mit allgemeinen psychologischen und pädagogischen Merkmalen erhoben. In diesem Kapitel werden die Entwicklung und der Aufbau dieser beiden Komponenten näher beschrieben.

34.3.1 Messung mathematischer Leistung

Für das Projekt KLIMAGS wurde ein Kompetenzraster als strukturierendes Werkzeug entwickelt, das auch als Grundlage für die Itementwicklung und die Auswahl pilotierter Items diene. In diesem Kompetenzraster werden analog zu den Bildungsstandards für die verschiedenen Schulformen (Kultusministerkonferenz 2004, 2005a, 2005b, 2012) drei Dimensionen unterschieden. Eine erste Dimension enthält die aus den Bildungsstandards bekannten „allgemeinen mathematischen Kompetenzen“ (Prozesskompetenzen) „*Mathematisch argumentieren*“, „*Probleme mathematisch lösen*“, „*Mathematisch Modellieren*“, „*Mathematische Darstellungen verwenden*“, „*Mit Mathematik symbolisch/formal/technisch umgehen*“ und „*Mathematisch kommunizieren*“ (konkretisiert bei Blum et al. 2006).

Für eine zweite Dimension wurden die Inhalte der Vorlesungen analysiert und für die Arithmetik-Veranstaltung in die Inhaltsbereiche *Positionssysteme*, *Operationen*, *Primzahlen*, *Relationen*, *Teilmengen*, *Teilerrelation* und *Zahlbereiche* unterteilt. Die Items für die Geometrie-Veranstaltung unterteilen sich in die Inhaltsbereiche *Symmetrie*, *Abbildungen/Kongruenz/Ähnlichkeit*, *Polygone*, *Platonische Körper*, *Parkette/Bandornamente*.

Die dritte Dimension beschreibt das Anforderungsniveau, das in drei Bereiche unterteilt ist, die uns als eine für (Lehramts-)Studierende der Mathematik angemessene Unterteilung erscheinen.

Ziel der Testentwicklung war, mit den Items die Bereiche des KLIMAGS-Kompetenzrasters möglichst breit abzudecken. Hierzu wurden für die Arithmetik 110 Items und für die Geometrie 40 Items einer Pilotstudie unterzogen. Die Itemideen wurden zum Teil aus

Geben Sie die größte 3-stellige Zahl des 12er-Systems an und rechnen Sie diese ins Dezimalsystem um.

Die größte 3-stellige Zahl des 12er-Systems ist _____₍₁₂₎.

Ihr Wert im Dezimalsystem beträgt: _____
(Es genügt hier ein Rechterm, Sie brauchen das Ergebnis nicht als Zahl anzugeben).

Abb. 34.2 Beispielitem aus dem Arithmetik-Test

Bestimmen Sie die Innenwinkelsumme des folgenden regelmäßigen 7-Ecks durch geeignete Zerlegung in Dreiecke. Zeichnen Sie „Ihre“ Zerlegung in die Darstellung ein und geben Sie (stichpunktartig) Ihre Überlegungen zum Lösungsweg an.

Die Innenwinkelsumme beträgt _____.

Lösungsweg:

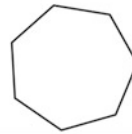


Abb. 34.3 Beispielitem aus dem Geometrie-Test (7-Eck verkleinert dargestellt)

den Leistungstest anderer Projekte (Learning Mathematics for Teaching (LMT); Arbor 2008; TEDS-M; Blömeke et al. 2010a, 2010b) adaptiert, aus Schulbüchern übernommen und zum Teil speziell für KLIMAGS neu entwickelt. Aus den pilotierten Items wurden schließlich 52 Arithmetik-Items und 24 Geometrie-Items für die Studie ausgewählt (s.a. Abb. 34.2 und 34.3).

Beide Leistungstests haben sich als geeignete Messinstrumente erwiesen. Im Arithmetik-Leistungstest beträgt die Test-Reliabilität (EAP/PV) 0,80 und im Geometrie-Leistungstest 0,71. Die inhaltliche Validität der Tests wurde durch mehrere Experten mit langjähriger Lehr- und Forschungserfahrungen aus dem Bereich „Didaktik der Mathematik“ geprüft.

Eine ausführlichere Darstellung des Leistungstests findet sich bei Kolter et al. (eingereicht).

34.3.2 Befragungen: Allgemeine psychologische und pädagogische Merkmale

Zu den verschiedenen Messzeitpunkten wurden mittels Fragebögen neben individuellen Angaben zur Person (Geschlecht, Alter, Herkunft, ...) unterschiedliche allgemeine psychologische und pädagogische Merkmale erhoben. Diese Merkmale wurden über sechsstufige Likert-Skalen (1 = *stimmt gar nicht* bis 6 = *stimmt genau*) erfasst. Die verwendeten Skalen wurden mehrheitlich in anderen Studien – zum Beispiel Lernstrategien im

Studium ‚LIST‘ (Wild und Schiefele 1994), Potsdamer-Motivations-Inventar (Rheinberg und Wendland 2000), Modellversuch Selbstwirksame Schulen (Schwarzer und Jerusalem 1999), PISA (Ramm et al. 2006), COACTIV (Baumert et al. 2009) – konzipiert und evaluiert. Ihre Zusammenstellung ist an den Fragebogen-Katalog des Projektes LIMA (<http://www.lima-pb-ks.de>) angelehnt.

Merkmale wie Motive zur Studien- und Berufswahl wurden einmalig zum ersten Messzeitpunkt erhoben. Sie sollen Aufschluss geben, aus welchen Beweggründen die Studierenden sich für diesen Studiengang entschieden haben und gegebenenfalls Hinweise auf Zusammenhänge dieser Motive mit dem Studienerfolg liefern.

Merkmale, deren Verlauf über den Erhebungszeitraum dokumentiert werden soll, wie das mathematische Weltbild, das mathematische Selbstkonzept, die Selbstwirksamkeitserwartung, das Fachinteresse oder die Ängstlichkeit bezogen auf das Mathematikstudium sowie die Anwendung verschiedener Lernstrategien, wurden zu allen Befragungs-Messzeitpunkten erhoben. Von ihnen erwarten wir uns Einblicke in das studentische Lernen und bezüglich der Einstellung und Haltung gegenüber Mathematik bzw. dem Mathematikstudium. Sowohl Entwicklungen der verschiedenen Konstrukte als auch ihre Zusammenhänge untereinander sowie mit der Leistung sind von Interesse und werden im Projekt beleuchtet. Natürlich konnten die Studierenden zu Beginn ihres Studiums, insbesondere in Bezug auf die Lernstrategien, nur Erwartungen bzw. „Vorsätze“ formulieren, da sie „Lernen an der Hochschule“ noch nicht kannten. Wir gehen davon aus, dass die zum ersten Messzeitpunkt angegebenen Werte persönliche Tendenzen ausdrücken, die sich im Verlauf der Schulzeit manifestiert haben und auf das Lernen an der Hochschule, zumindest anfänglich, nachwirken. Veränderungen in diesen Merkmalen zeugen also mindestens von einem Abweichen der ursprünglich tendierten Verhaltensweisen, wahrscheinlich auch von einer Veränderung des anfänglich praktizierten Lernens.

Zum Nachtest wurden zusätzlich Daten erhoben, die Auskunft über das Studierverhalten während des Semesters geben sollen. Diese Angaben erfolgten selbstberichtet und retrospektiv, sind also mit einer gewissen Unschärfe behaftet, die es zu berücksichtigen gilt. In Paderborn wurde beispielsweise erfasst, wie oft die Studierenden die häuslichen Übungsaufgaben der entsprechenden Veranstaltung bearbeitet und abgegeben haben. Mithilfe dieser Angaben soll überprüft werden, ob sich ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der bearbeiteten und abgegebenen Hausaufgaben (insgesamt 52) und dem Studienerfolg feststellen lässt. Die Anzahl wurde über fünf vorgegebene nicht-äquidistante Bereiche (1 = „Keine“, 2 = „1 bis 30“, 3 = „31 bis 40“, 4 = „41 bis 50“ und 5 = „51 bis 52“) erfasst. Da in Kassel aufgrund der zur Klausurzulassung benötigten Hausaufgabenpunkte eine hohe extrinsische Motivation zur Abgabe der häuslichen Übungsaufgaben bestand, wurde diese Variable nur in Paderborn erhoben.

Eine ausführliche Diskussion aller erhobenen Konstrukte würde den Rahmen des vorliegenden Beitrags bei Weitem sprengen. Daher konzentrieren wir uns hier auf eine Auswahl. Wir beschränken uns im Weiteren auf die Leistung als das Hauptanliegen des Projekts sowie auf drei Konstrukte der KLIMAGS-Erhebungen, mit denen wir die spezielle Situation der standortübergreifenden Forschung exemplarisch ausleuchten wollen. Diese

werden im Folgenden zunächst kurz theoretisch beschrieben, bevor im nächsten Abschnitt die empirischen Ergebnisse vorgestellt und diskutiert werden.

34.3.3 Mathematische Weltbilder und Lernstrategien

Jeder Studierende hat in seiner Schulzeit und auch im alltäglichen Leben Erfahrungen in Bezug auf Mathematik gesammelt und ein eigenes Bild von Mathematik entwickelt, im Englischen oft mit *mathematical belief* bezeichnet. Wir benutzen hier den von Törner und Grigutsch (1994) vorgeschlagenen Begriff *mathematisches Weltbild*. Im Lehramtsstudium wird dieses durch konkrete Sichtweisen auf und Einstellungen bezüglich Mathematik als Berufsfeld ergänzt und verändert sich gegebenenfalls im Laufe der Zeit. Beutelspacher et al. (2011, S. 151) beispielsweise schreiben, dass „das Erleben der Mathematik als diskursive Wissenschaft (...) dazu beitragen [kann], die häufig aus der eigenen Schulzeit mitgebrachten Vorstellungen dessen, was Mathematik ausmacht, in ein tragfähiges, der wissenschaftlichen Praxis angenähertes mathematisches Weltbild zu überführen.“ Im KLIMAGS-Fragebogen wird das mathematische Weltbild anhand der von Törner und Grigutsch (1994) bzw. von Grigutsch et al. (1998) vorgestellten Konzeptionalisierung erhoben (Anwendungs-, Prozess-, System- und Toolboxaspekt, in der von COACTIV (Baumert et al. 2009) verwendeten Form). Der hier näher betrachtete Anwendungsaspekt beschreibt eine Sichtweise auf Mathematik als eine für den Alltag relevante Wissenschaft, die (unter anderen von den zu unterrichtenden Schülern) benötigt wird, um reale Aufgaben und Probleme zu bewältigen. Dies zeigt sich beispielsweise im Item „*Viele Teile der Mathematik haben einen praktischen Nutzen oder einen direkten Anwendungsbezug*“.

Lernstrategien (erhoben in Anlehnung an den LIST-Fragebogen, Wild und Schiefele 1994; sowie PISA, Ramm et al. 2006) beschreiben verschiedene Vorgehensweisen beim Erlernen von Inhalten. Sie werden auf einer ersten Stufe in kognitive (Vorgehen beim Lernen), meta-kognitive (Steuerung und Regulierung des Vorgehens beim Lernen) und ressourcenbezogene (Aktivierung oder Nutzung interner und externer Ressourcen) Strategien gegliedert (Weinstein und Mayer 1986; Wild und Schiefele 1994). Bei der Messung sollte stets beachtet werden, dass Fragebögen mit Selbstberichten, die sicherlich ein effizientes Instrument darstellen und in vielen Studien eingesetzt werden, immer nur Einblicke in das von den Studierenden selbst wahrgenommene Lernverhalten bieten und dass diese gegebenenfalls von tatsächlichem Strategieeinsatz und dessen Erfolg abweichen können (zur Erhebungsproblematik s. Artelt 1999; oder speziell für Mathematik Schukajlow und Leiss 2011). Verschiedene Studien belegen einen positiven Einfluss bestimmter Lernstrategien auf die Studienleistung von Lehramtsstudierenden im Fach Mathematik (Eilerts 2009; Rach und Heinze 2013).

Als Beispiele aus diesem Bereich stellen wir die Lernstrategien „Organisieren“ und „Zusammenhänge herstellen“ vor. Die Lernstrategie „Organisieren“ beinhaltet nach Wild und Schiefele (1994, S. 188) „Tätigkeiten, die dazu dienen, den zu bewältigenden Stoff in geeigneter Weise zu organisieren“. Hierzu zählen das Anfertigen von Zusammenfas-

sungen, Gliederungen und Mindmaps sowie das Erstellen von Karteikarten. Ein Beispiel dieser Skala ist das Item: „*Ich mache mir kurze Zusammenfassungen der wichtigsten Inhalte als Gedankenstützen*“. Die Lernstrategie „Zusammenhänge herstellen“ erfasst „Tätigkeiten, die dazu geeignet sind, den neuen Stoff in bereits vorhandenes aktiv Wissen zu integrieren, d. h. das Material kognitiv zu elaborieren“ (Wild und Schiefele 1994, S. 190). Hierzu zählt auch das Konstruieren von Beispielen, wie es im Item „*Ich denke mir konkrete Beispiele zu bestimmten Lerninhalten aus*“ abgefragt wird.

Im nächsten Abschnitt möchten wir exemplarisch folgende Fragen beantworten:

1. Gibt es Unterschiede im Anwendungsaspekt des mathematischen Weltbildes sowie in den Lernstrategien „Organisieren“ und „Zusammenhänge herstellen“ zwischen Vor- und Nachtest am jeweiligen Standort und in der Gesamtgruppe?
2. Wie unterscheiden sich die Leistungen in Vor- und Nachtest am jeweiligen Standort und in der Gesamtgruppe?
3. Gibt es einen Einfluss der Standortzugehörigkeit auf die Komponente „Anwendungsaspekt“ des mathematischen Weltbildes sowie auf die Lernstrategien „Organisieren“ und „Zusammenhänge herstellen“?

34.4 Ergebnisse und Diskussion

Den folgenden Analysen liegt ein echter Längsschnitt aus Vor- und Nachtest mit Daten von 69 Kasseler und 53 Paderborner Studierenden zugrunde. Die Stichprobe setzt sich aus Studierenden der je ersten Kohorte zusammen. Zusätzlich beschränken wir uns auf die Erhebungen zur Veranstaltung „Elemente der Arithmetik“. Die Daten stammen aus den in Abb. 34.1 fett dargestellten Messzeitpunkten K1-1, K1-2, P1-1 und P1-2. Die Kasseler Studierenden befanden sich zu diesen Zeitpunkten in ihrem ersten bzw. zweiten (Fach-) Studiensemester, die Paderborner in ihrem zweiten bzw. dritten Semester.

34.4.1 Ausgewählte Weltbilder und Lernstrategien

Anhand der oben beschriebenen drei Merkmale werden im Folgenden beispielhaft die strukturellen Gegebenheiten und ihre direkte Bedeutung für die beforschten Lehrveranstaltungen sowie für Interpretationsansätze aufgezeigt. Tabelle 34.1 fasst zunächst standortübergreifend und -getrennt die Ergebnisse (Mittelwerte M und Standardabweichungen SD) der Vor- und Nachtesterhebung der „Elemente der Arithmetik“ zusammen. Anschließend präsentieren wir die Ergebnisse von t -Tests zur Einschätzung der Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten (t -Test bei gepaarten Stichproben) sowie Varianzanalysen mit Messwiederholung (ANOVA), um die Aufklärungsleistung der Standortzugehörigkeit bezüglich der Varianz der Entwicklungen in den verschiedenen Konstrukten zu bestimmen.

Tab. 34.1 Mittelwerte, Standardabweichungen und Reliabilitäten zu den ausgewählten Merkmalen

Skala	Cronbachs α		Beide Standorte ($N = 122^*$)		Kassel ($N = 69^*$)		Paderborn ($N = 53$)	
			M	SD	M	SD	M	SD
Anwendungsaspekt	> 0,72	VT	4,25	0,87	4,45	0,77	4,00	0,93
		NT	3,89	0,93	3,85	0,87	3,94	1,00
LS Organisieren	> 0,62	VT	4,53	0,89	4,32	0,91	4,81	0,78
		NT	4,28	1,04	4,13	1,08	4,48	0,96
LS Zusammenhänge herstellen	> 0,52**	VT	4,08	0,86	4,13	0,86	4,02	0,87
		NT	3,87	1,04	3,67	1,05	4,12	0,97

*Anwendungsaspekt: Vortest Beide Standorte $N = 121$, Kassel $N = 68$ **Zu der nur schwachen Skalenreliabilität äußern wir uns in Abschnitt *Standortzugehörigkeit und Skala „Lernstrategie Zusammenhänge herstellen“*

Tabelle 34.2 zeigt die Ergebnisse von t -Tests (mit Signifikanzen p , Freiheitsgraden df und Effektstärken Cohens d), in denen die Unterschiede zwischen Vor- und Nachtestwerten sowohl standortübergreifend als auch -getrennt auf Signifikanz geprüft wurden, um erste Hinweise auf Entwicklungen zu erhalten.

Wir sehen, dass die Veränderungen in allen drei Konstrukten in der standortübergreifenden Auswertung (hoch-)signifikant sind und kleinere bis mittlere Effektstärken ausmachen. In der standortgetrennten Analyse ergibt sich ein differenzierteres Bild, die Veränderungen im Anwendungsaspekt sowie bei der Lernstrategie „Zusammenhänge herstellen“ werden nur in Kassel und dort mit mittleren bis hohen Effektstärken signifikant. Eine Veränderung der Mittelwerte der Lernstrategie „Organisieren“ kann nur in Paderborn empirisch belegt werden. Bei diesem Ergebnis sollte allerdings beachtet werden, dass die Anzahl der Probanden einen Einfluss auf das Signifikanzniveau, nicht aber auf die Effektstärke hat. Aufgrund der größeren Anzahl der Probanden können kleine Effekte in der standortübergreifenden Auswertung statistisch signifikant werden.

Tab. 34.2 Ergebnisse von t -Tests

Skala	Beide Standorte				Kassel				Paderborn			
	p	T	df	d	p	T	df	d	p	df	T	d
Anwendungsaspekt	0,000	4,75	120	0,40	0,000	7,11	67	0,73	0,637	0,47	52	0,06
LS Organisieren	0,003	3,01	121	0,26	0,104	1,65	68	0,19	0,009	2,72	52	0,39
LS Zusammenhänge herstellen	0,014	2,50	121	0,23	0,000	4,50	68	0,48	0,468	-0,73	52	0,11

34.4.2 Leistungen

Ein zentrales Projekt-Interesse liegt auf den Ergebnissen des mathematischen Leistungstests. An beiden Standorten zeigen die Studierenden signifikante Steigerungen im Leistungstest. Der Leistungszuwachs ist an beiden Standorten vergleichbar, jedoch starten die Studierenden der Paderborner Kohorte bereits von einem etwas höheren Leistungsniveau (t -Test für unabhängige Stichproben wird schwach signifikant: $T(121) = 1,837, p = 0,069$). Das höhere Anfangslevel der Paderborner Studierenden erklärt sich möglicherweise dadurch, dass sie als Zweitsemester durch die Erfahrungen aus dem Studium der Geometrie in ihrem ersten Semester schon stärker mit mathematischen Denk- und Schreibweisen vertraut sind, die ihnen auch im neuen Inhaltsgebiet helfen (vgl. Abb. 34.4).

Anhand der Paderborner Daten bestätigt sich zudem die Vermutung, dass eine hohe Korrelation zwischen der Anzahl der bearbeiteten und abgegebenen häuslichen Übungsaufgaben und der Leistung im Nachtest besteht ($r = 0,438, p = 0,001$). Die Abgabehäufigkeit wurde im Mittel mit 4,09 angegeben ($N = 53, SD = 1,27$), was einer Bearbeitung und Abgabe von 41 bis 50 der insgesamt 52 häuslichen Übungsaufgaben entspricht. Da sich zur Vortest-Leistung keine Korrelation mit der Abgabehäufigkeit feststellen lässt ($r = 0,093, p = 0,507$), sind es nicht von vornherein die „besseren“ Studierenden, die die Übungsaufgaben auch abgeben, sondern eine häufige Bearbeitung der Übungsaufgaben scheint – und wegen der zeitlichen Abfolge vermuten wir hier einen kausalen Zusammenhang – eine bessere mathematische Leistung am Ende des Semesters zu begünstigen.

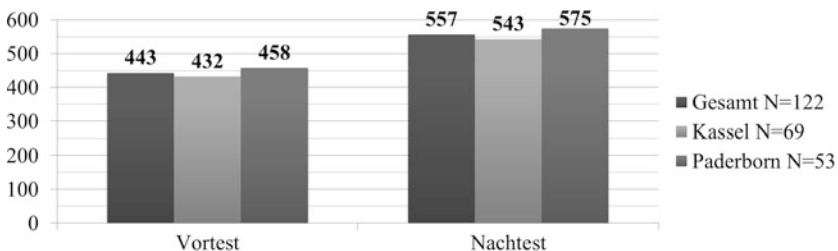


Abb. 34.4 Leistungsentwicklung Arithmetik

34.4.3 Standortzugehörigkeit und Skala „Anwendungsaspekt“

Bei Betrachtung der Mittelwerte zur Skala „Anwendungsaspekt“ als Komponente des mathematischen Weltbildes zeigt sich ein deutliches Absinken am Standort Kassel. Im Nachtest wird annähernd der gleiche Wert wie in Paderborn erreicht, der dort über das Semester nahezu konstant geblieben ist. Eine Varianzanalyse mit Messwiederholung (ANOVA) bestätigt den Effekt der Standortzugehörigkeit auf die Entwicklung des Anwendungsaspekts (Faktor Zeit $F(1, 119) = 20,269, \eta^2 = 0,146, p < 0,001$; Faktor Zeit*Standort

$F(1, 119) = 13,597$, $\eta^2 = 0,103$, $p < 0,001$). Dies ist möglicherweise dadurch zu erklären, dass die Erstsemester in Kassel noch höhere Erwartungen in diesem Aspekt mitbrachten, während die Zweitsemester in Paderborn durch ihr Studium bereits etwas „ernüchtert“ waren. Zudem könnte man vermuten, dass die – wenn auch auf die Geometrie bezogene – erste Didaktik-Veranstaltung, die die Paderborner in ihrem zweiten Semester gehört haben, die Anwendbarkeit der Fachinhalte herausgestellt hat. Dies hat zwar keinen Anstieg im Anwendungsaspekt bewirkt, könnte aber einem durch die formale Fachveranstaltung eventuell ausgelösten weiteren Absinken entgegengewirkt haben.

34.4.4 Standortzugehörigkeit und Skala „Lernstrategie Organisieren“

Bei der Betrachtung der Mittelwerte stellen wir fest, dass der Rückgang bei der „Lernstrategie Organisieren“ von Vor- zu Nachtest fast ausschließlich durch die Gruppe der Paderborner Studierenden entsteht. Auch in t -Tests wird der Unterschied in der Gesamtgruppe und für den Standort Paderborn signifikant, während der Rückgang bei den Kasseler Studierenden nicht mehr signifikant ist. Der Standortunterschied wird in einer Varianzanalyse nicht signifikant (Faktor Zeit $F(1, 120) = 9,548$, $\eta^2 = 0,074$, $p = 0,002$; Faktor Zeit*Standort $F(1, 120) = 0,748$, $\eta^2 = 0,006$, $p = 0,389$), dennoch liefern standortgetrennte Mittelwerte und t -Tests Hinweise auf Entwicklungen, die sich gut mit den Studienbedingungen an den beiden Universitäten erklären lassen: In Paderborn stand den Studierenden ein ausgearbeitetes, ausführliches Skript vorab zur Verfügung, sodass sich eine Mitschrift auf das Notieren mündlicher Informationen des Dozenten oder auf das Markieren relevanter Textabschnitte beschränkt hat. In Kassel wurde kein Skript ausgegeben, die Studierenden mussten sich dieses durch eigene Mitschrift selbst anfertigen. Da größere Kapitel und Zusammenhänge hier nicht „auf einen Blick“ deutlich wurden und zudem einige Vorlesungen per Tafelanschrieb und andere mit Hilfe von Power-Point-Präsentationen gestaltet waren, ergab sich ein höherer Bedarf an eigenen organisierenden Maßnahmen wie zusätzlichen Zusammenfassungen, Gliederungen oder Mindmaps.

34.4.5 Standortzugehörigkeit und Skala „Lernstrategie Zusammenhänge herstellen“

Zu Beginn dieses Abschnitts möchten wir auf die nur bedingt befriedigende Skalenreliabilität eingehen. Die Reliabilität ist (in der gemeinsamen sowie in der standortgetrennten Skalierung) nur beim Vortest sehr niedrig ($\alpha > 0,52$) und insbesondere das Item *lsz1*, in dem gezielt nach dem Erstellen eigener Beispiele gefragt wird, fällt aus der Skala heraus (Trennschärfe $r_{it} = 0,24$). Für die Nachtest-Erhebung liefert die Skala mit $\alpha > 0,70$ einer deutlich höheren inneren Konsistenz und alle Items zeigen hohe Trennschärfen ($r_{it} > 0,46$), weshalb wir uns gegen einen Ausschluss von Items entschieden haben. Für die Kasseler Studierenden halten wir vielmehr die „Unerfahrenheit“ mit universitärem Ler-

nen dafür ausschlaggebend, dass die Angaben im Vortest noch recht inkonsistent sind. In Paderborn haben die Studierenden im ersten Semester die Fachveranstaltung zur Geometrie studiert. In dieser wurde in Vorlesung, Übung und Hausaufgaben intensiv mit DGS gearbeitet. Wir vermuten, dass die Studierenden die vielen Beispiele, die sie mittels der Software produziert haben, gar nicht als selbsterzeugte, eigenständige Beispiele wahrgenommen haben, sondern nur als Manipulation der (einen) Ursprungsfigur, die durch die Aufgabe/den Dozenten vorgegeben wurde. In der Arithmetik-Veranstaltung wurde keine Software genutzt, so dass Beispiele hier auf „herkömmliche“ Art konstruiert werden mussten und im Sinne des Items als solche erkannt wurden. Daraus resultiert, dass sich die Studierenden (im Sinne der Skala) „konsistenter verhalten haben“ beziehungsweise, dass sie ihr Verhalten nun konsistenter berichtet haben.

Die Mittelwerte zur Skala Lernstrategie „Zusammenhänge herstellen“ verhalten sich an beiden Standorten gegenläufig. Während in Paderborn ein leichter Zuwachs zu verzeichnen ist, fallen die Werte in Kassel signifikant ab. Wir möchten dazu die folgende Interpretation anbieten: In Paderborn fanden sich unter den häuslichen Übungsaufgaben auch „Forscher-“ und Explorationsaufgaben, die das eigenständige Entdecken von Zusammenhängen anregen können. Solche Aufgaben lassen sich für eine Klausurzulassung kaum gerecht bepunkten, daher fanden sich unter den Kasseler Übungsaufgaben kaum welche dieses Typs. Zudem wurden in Paderborn im vom Dozenten zur Verfügung gestellten Skript bereits Zusammenhänge aufgezeigt, die die Kasseler Studierenden selbst anhand ihrer Mitschriften herstellen mussten. Die Standortunterschiede lassen sich auch empirisch belegen. Während die reine Entwicklung über die Zeit nur knapp 4 % der Varianz im Nachtest erklären kann (Faktor Zeit $F(1, 120) = 4,570$, $\eta^2 = 0,037$, $p = 0,035$), liefert die kombinierte Betrachtung von Zeit und Standort hochsignifikante 8,5 % Varianzaufklärung (Faktor Zeit*Standort $F(1, 120) = 11,147$, $\eta^2 = 0,085$, $p = 0,001$).

34.5 Zusammenfassung und Ausblick

Die standortübergreifende Analyse bietet, bedingt durch strukturelle Unterschiede zwischen den Standorten, die Möglichkeit, Lehrangebote unter unterschiedlichen Voraussetzungen, wie z. B. curriculare Abläufe oder bepunktete Hausaufgaben, zu implementieren und Lerngelegenheiten in den verschiedenen Bedingungen, zum Beispiel mit und ohne Ausgabe eines Skriptes, zu evaluieren. Diese Möglichkeiten bringen Herausforderungen bezüglich der Interpretation der Befunde mit sich. Anhand der im Beitrag aufgezeigten Beispiele wird ersichtlich, dass sich einige der erhobenen Werte in beiden Standorten unterschiedlich stark oder sogar gegenläufig verändern. In diesen Fällen ist bei Betrachtung über beide Standorte besondere Vorsicht geboten, da in der Gesamtschau ein Verwischen der Ergebnisse oder Abschwächungen von Effekten möglich sind.

Beim „Anwendungsaspekt“ des mathematischen Weltbildes berichten die Kasseler Erstsemester einen rapiden Abfall, während bei den Paderborner Zweitsemestern keine Veränderung feststellbar ist. Wir vermuten hier starke Einflüsse der Übergangsphase von

der Schul- zur Hochschulmathematik sowie der ab dem zweiten Semester einsetzenden Didaktik-Veranstaltungen. Diese Annahmen sollen anhand weiterer Daten (Paderborner Erstsemester vs. Kasseler Zweitsemester) in einer zweiten Studierendenkohorte geprüft werden. Bei den Lernstrategien „Organisieren“ und „Zusammenhänge herstellen“ zeigen sich ebenfalls unterschiedliche Verläufe an den beiden Standorten, die wir auf den Einsatz eines Skripts in Paderborn zurückführen. Außerdem halten wir die Art der Übungsaufgaben für einen möglichen Einflussfaktor. Für eine empirische Absicherung müsste hier in einem schlankeren Vergleichsdesign unter stärker kontrollierten Bedingungen nachgefasst werden, um zu verifizieren, dass diese Standortunterschiede nicht bloß zufällig entstanden sind. Uns scheinen jedoch beide (Einsatz eines Skriptes und Art der Übungsaufgaben) – als maßgebliche Aspekte des jeweiligen Lernumfelds – sinnvolle Erklärungsansätze für die so verschiedenen Lernverhaltensweisen zu sein. Ebenfalls weiter zu untersuchen ist der Einfluss der Hausaufgabenabgabe auf die Leistung, der sich in Paderborn bei den freiwilligen Abgaben gezeigt hat. Eine feinere Unterteilung in Abgaben, Selbstbearbeitungen und abgeschriebene Hausaufgaben (in Analogie zu Rach und Heinze 2013) könnte das Bild auch für Pflichtaufgaben ausschärfen.

Insgesamt stellen wir fest, dass sich die Studierenden aus Kassel und Paderborn in vielen Bereichen (Leistung, hier nicht diskutierte Lernstrategien, weitere Aspekte des mathematischen Weltbildes) nicht bezüglich ihrer Entwicklungen unterscheiden. Insbesondere Zusammenhänge zwischen den Merkmalen fallen in beiden Standorten ähnlich aus. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass durch eine mehrere Standorte einbeziehende Forschung eine breite empirische Basis für (übergreifende) Zusammenhangs- und Wirkungsanalysen geschaffen werden kann. Diese kann dann durch differenzierte Einblicke und Betrachtung der Konstrukte mit unterschiedlichen Entwicklungen beziehungsweise der strukturellen Standortunterschiede ergänzt werden.

Literatur

- Arbor, A. (2008). *Learning Mathematics for Teaching. Mathematical Knowledge for Teaching (MKT) Measures. Mathematics released Items 2008*. Ann Arbor: University of Michigan. www.sitemaker.umich.edu/lmt/files/LMT_sample_items.pdf. Zugegriffen: 12. September 2013
- Artelt, C. (1999). Lernstrategien und Lernerfolg – Eine handlungsnaher Studie. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 31(2), 86–96.
- Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Dubberke, T., Jordan, A., & Klusmann, U. et al. (2009). *Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz (COACTIV): Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Materialien aus der Bildungsforschung, Bd. 83. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Beutelspacher, A., Danckwerts, R., Nickel, G., Spies, S., & Wickel, G. (2011). *Mathematik Neu Denken. Impulse für die Gymnasiallehrerbildung an Universitäten*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.

- Blömeke, S., Kaiser, G., & Lehmann, R. (2010a). *TEDS-M 2008: Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Primarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Blömeke, S., Kaiser, G., & Lehmann, R. (2010b). *TEDS-M 2008: Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Mathematiklehrkräfte für die Sekundarstufe I im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Blum, W., Driike-Noe, C., Hartung, R., & Köller, O. (2006). *Bildungsstandards Mathematik: konkret. Sekundarstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichts Anregungen, Fortbildungsideen*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Eilerts, K. (2009). *Kompetenzorientierung in der Mathematik-Lehrerbildung: Empirische Untersuchungen zu ihrer Implementierung*. Paderborner Beiträge zur Unterrichtsforschung und Lehrerbildung, Bd. 14. Berlin: LIT.
- Grigutsch, S., Ratz, U., & Törner, G. (1998). Einstellungen gegenüber Mathematik bei Mathematiklehrern. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 19(1), 3–45.
- Kolter, J., Blum, W., Schukajlow, S., Haase, J., Bender, P., Biehler, R. & Hochmuth, R. (eingereicht). *Zur Messung, zum Erwerb und zur Förderung studentischen (Fach-)Wissens in der Vorlesung „Arithmetik für die Grundschule“ im KLIMAGS-Projekt*. Eingereicht für den Tagungsband der Fachtagung Innovative Konzepte für die Grundschullehrerbildung im Fach Mathematik (Erfurt 2013).
- Kultusministerkonferenz (2004). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss (Beschluss vom 4.12.2003)*. München: Luchterhand.
- Kultusministerkonferenz (2005a). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Hauptschulabschluss. Beschluss vom 15.10.2004*. München: Luchterhand.
- Kultusministerkonferenz (2005b). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich. Beschluss vom 15.10.2004*. München: Luchterhand.
- Kultusministerkonferenz (2012). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.10.2012)*. http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2012/2012_10_18-Bildungsstandards-Mathe-Abi.pdf. Zugegriffen: 12. September 2013
- Rach, S., & Heinze, A. (2013). Welche Studierenden sind im ersten Semester erfolgreich? Zur Rolle von Selbsterklärungen beim Mathematiklernen in der Studieneingangsphase. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 34(1), 121–147.
- Ramm, G., Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., & Leutner, D. et al. (Hrsg.). (2006). *PISA 2003: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Münster: Waxmann.
- Rheinberg, F., & Wendland, M. (2000). *Potsdamer-Motivations-Inventar für das Fach Mathematik (PMI-M)*. Potsdam: Universität Potsdam: Institut für Psychologie.
- Schukajlow, S., & Leiss, D. (2011). Selbstberichtete Strategienutzung und mathematische Modellierungskompetenz. *Journal für Mathematikdidaktik*, 32(1), 53–77.
- Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (1999). *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen*. Berlin: Freie Universität Berlin.
- Törner, G., & Grigutsch, S. (1994). „Mathematische Weltbilder“ bei Studienanfängern – eine Erhebung. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 15(3/4), 211–251.

Weinstein, C. E., & Mayer, R. E. (1986). The Teaching of Learning Strategies. In M. C. Wittrock (Hrsg.), *Handbook of Research on Teaching. A Project of the American Research Association* (3. Aufl. S. 315–327). London: Macmillan.

Wild, K.-P., & Schiefele, U. (1994). Lernstrategien im Studium: Ergebnisse zur Faktorenstruktur und Reliabilität eines neuen Fragebogens. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 15(4), 185–200.