Zum Erwerb, zur Messung und zur Förderung studentischen (Fach-)Wissens in der Vorlesung „Arithmetik für die Grundschule" – Ergebnisse aus dem KLIMAGS-Projekt

4

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

Zusammenfassung

Kompetenzorientierte **L**ehr**I**nnovation im „**MA**thematikstudium für die **G**rund**S**chule" ist zugleich Name und Ziel im Projekt KLIMAGS. Im Projekt wurden u. a. Leistungstests zur Kompetenzerfassung im Bereich der Arithmetik entwickelt und eingesetzt. Im Zusammenspiel mit ergänzenden Befragungen kann nachgezeichnet werden, mit welchen Wissensständen zur Arithmetik Studierende an die Hochschule kommen, wie sich das Fachwissen im ersten Studienjahr entwickelt, welches Lernverhalten praktiziert wird und welche Aspekte offenbar besonders lernförderlich sind. In diesem Beitrag

J. Kolter (✉) · W. Blum
Universität Kassel
Kassel, Deutschland
E-Mail: jana.kolter@gmx.de

W. Blum
E-Mail: blum@mathematik.uni-kassel.de

P. Bender · R. Biehler · J. Haase
Universität Paderborn
Paderborn, Deutschland
E-Mail: bender@math.upb.de

R. Biehler
E-Mail: biehler@math.uni-paderborn.de

R. Hochmuth · S. Schukajlow
Universität Hannover
Hannover, Deutschland
E-Mail: hochmuth@idmp.uni-hannover.de

S. Schukajlow
E-Mail: schukajlow@uni-muenster.de

R. Möller und R. Vogel (Hrsg.), *Innovative Konzepte für die Grundschullehrerausbildung im Fach Mathematik*, Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik, https://doi.org/10.1007/978-3-658-10265-4_4

möchten wir den in KLIMAGS eingesetzten Test vorstellen, Befunde bezüglich Lernverhalten, Lernerfolgen und ihren Bedingungen vorstellen und schließlich Schlüsse für die Hochschullehre ziehen.

4.1 Mathematische Ausbildung von Lehrkräften

Das Professionswissen von Lehrkräften der Mathematik ist seit einigen Jahren im Fokus mehrerer nationaler und internationaler Studien (insbesondere COACTIV, MT21, TEDS-M, TEDS-FU). Dabei finden sich in verschiedenen Konzeptualisierungen unterschiedliche Schwerpunktsetzungen und Ausschärfungen. Allen gemein ist (in Anlehnung an Shulman 1986; vgl. auch Bromme 1992), dass sie fachbezogenes Wissen als einen zentralen Aspekt professioneller Lehrerkompetenz beschreiben. Die hohe Relevanz des fachbezogenen Wissens der Lehrperson für die Mathematikleistungen der unterrichteten Schülerinnen und Schüler wurde in COACTIV auch empirisch belegt (Kunter et al. 2011). Prediger (2013) betont, dass es in der Universität nicht nur um das Erlernen der später zu vermittelnden Stoffe gehen soll, sondern das Ziel der mathematischen Fachausbildung die „Mathematische Fundierung didaktischen Handelns" (Prediger 2013, S. 153) einschließt. Dieser in einer Diskussion um die Gymnasiallehrerausbildung formulierte Anspruch lässt sich unserer Meinung nach direkt auf angehende Grundschullehrpersonen übertragen. Sie setzen sich zwar mit vermeintlich einfacherem Stoff auseinander, vermitteln aber in den ersten Schuljahren essentielle mathematische Grundlagen, auf denen die gesamte weitere Schullaufbahn der Lernenden fußt. Dass angehende Grundschullehrpersonen, die Mathematik als Fach studieren, in Leistungstests signifikant schlechter abschneiden als angehende Lehrpersonen anderer Schulformen – auch in „grundschulrelevanten" Inhaltsbereichen (Blömeke et al. 2010c; Döhrmann 2012), zeigt auch empirisch, dass diese Art von Mathematik eben nicht „jeder kann" und dass im Bereich der Grundschullehrerbildung noch einiges verbessert werden kann und sollte.

Dozierende bemängeln immer wieder, dass Studierende mit zu geringen Mathematikfachkenntnissen aus der Schule an die Hochschule kommen. Unter anderem hat dies zu einer Fülle an Vor- und Brückenkursprogrammen geführt (für eine Zusammenfassung siehe Bausch et al. 2014), die helfen sollen, Schulwissen „aufzufrischen", Lücken im Stoff zu schließen und erste Erfahrungen mit der abstrakteren Umgehensweise mit der Mathematik an Universitäten zu gewinnen. Diese Kurse sind häufig ein freiwilliges Angebot, sodass die Ausgangsleistungsstände zu Beginn eines Semesters von Jahr zu Jahr und von Person zu Person sehr unterschiedlich sein können. Was den angehenden Grundschullehrpersonen vermittelt werden soll, liegt hauptsächlich in Händen der Universitäten, die zwar an die Landesgesetzgebung gebunden sind, in diesem Rahmen aber viel Spielraum für die Ausgestaltung des Curriculums und erst recht der einzelnen Veranstaltungen haben. Verbindliche nationale Bildungsstandards wie für die Schule, in denen explizit inhaltsbezogene und prozessbezogene Kompetenzen in verschiedenen Anforderungsniveaus ausformuliert sind (KMK 2004, 2005a, 2005b, 2012; konkretisiert in Blum et al. 2006 für die Sekundarstufe I bzw. in Walther et al. 2008 für die Grundschule) gibt es in dieser Form nicht. Die „Standards für die Lehrerbildung“ (DMV et al. 2008) geben zwar umfangreiche Empfehlungen für Inhaltskataloge, die sich auf fachliche und fachdidaktische Aspekte beziehen, und greifen die prozessbezogenen Kompetenzen implizit auf, wenn z. B. vom Kennen verschiedener Darstellungsformen, vom Lösen von Problemen, vom Kennen und Verwenden von Argumentationsformen usw. für bestimmte Fachinhalte die Rede ist (DMV et al. 2008, S. 152). Sie explizieren die allgemeinen Kompetenzen aber nicht weiter und insbesondere nicht auf verschiedenen kognitiven Niveaus.

In Anlehnung an die Beschreibung der prozessbezogenen Kompetenzen in den Bildungsstandards (zurückgehend auf Niss 2003; auch verwendet bei PISA, z. B. OECD 2013) wurde in KLIMAGS ein Kompetenzraster für Lehrinhalte des Grundschulstudiums aufgestellt, beginnend mit dem Inhaltsbereich Arithmetik. Dieses Raster formuliert die sechs prozessbezogenen Kompetenzen in drei Anforderungsbereichen aus, die uns – auch in Hinblick auf das Berufsziel, Mathematik lehren zu wollen – für Studierende angemessen erscheinen. Das Ziel dieses Rasters ist es, eine effiziente Einschätzung bzgl. Kompetenzanforderungen von (Lern- und Test-) Aufgaben zu ermöglichen. Die wesentlichen Merkmale der Anforderungsniveaus sind (geringfügig abweichend je prozessbezogener Kompetenz):

- Niveau 0: Grundanforderungen, klientelspezifisch voraussetzbar (hier z. B. Verwenden von Standardsymbolen, Grundoperationen, Rechnen in $\mathbb{Z}$ sowie mit einfachen Brüchen, ...).
- Niveau 1: Routineverfahren/-wege oder Routineargumentationen wiedergeben oder anwenden.
- Niveau 2: mehrschrittige Verfahren/Argumentationen wiedergeben oder anwenden; Ansätze Dritter nachvollziehen und anwenden; Fehler in gegebenen Argumentationen oder Rechnungen identifizieren.
- Niveau 3: komplexe Strategien/Modelle/Wege finden und nutzen, Ansätze Dritter nachvollziehen, bewerten, Fehler identifizieren und ggf. korrigieren; Verfahren vergleichen; Inhalte oder Argumentationsstränge auf verschiedenen sprachlichen Niveaus formulieren; Vorgehensweisen verallgemeinern.

Eigentlich sollten auch Anfänger des Grundschulstudiums Aufgaben (mit dem Studiengang entsprechenden Inhalten) auf den Niveaus 0 bis 2 schon vor Aufnahme des Studiums allein mithilfe von Schulwissen lösen können. Aus Erfahrung wissen wir allerdings, dass dies recht häufig nicht der Fall ist. Weiter wird erwartet, dass nach Besuch einer entsprechenden Vorlesung und der Auseinandersetzung mit den entsprechenden mathematischen Inhalten auch Aufgaben auf den höheren Niveaus gelöst werden können.

4.2 Aspekte des Mathematiklernens an der Hochschule

4.2.1 Einstellungen zur Mathematik und zu deren Studium

Studierende kommen nicht als „tabulae rasae" an eine Hochschule, vielmehr sind sie durch schulische und alltägliche Erlebnisse geprägt. Sie haben von Beginn an Erwartungen und Ansichten, wie sie Mathematik einschätzen und wie gut sie sich darin fühlen. Diese individuellen Einstellungen bezüglich Mathematik wurden in verschiedenen Studien mit den erbrachten Mathematikleistungen in Bezug gesetzt. Da wir mit Pflichtfachstudierenden arbeiten (die sich zum Großteil auch als „nur" solche empfinden), möchten wir unsere Aufmerksamkeit im vorliegenden Beitrag der Ängstlichkeit bezüglich Mathematik, dem mathematischen Selbstkonzept und der Selbstwirksamkeitserwartung sowie dem fachbezogenen Interesse widmen.

Bei der mathematikbezogenen Ängstlichkeit fokussieren wir bewusst nicht auf Prüfungsangst, sondern auf eine Emotion, die „generelles Unwohlsein" gegenüber der Mathematik beschreibt: Die Vorstellung, Mathematik zu betreiben – oder wie in unserem Fall, betreiben zu müssen – löst innere Unruhe und Bedrücktheit aus; die Betroffenen fühlen sich verunsichert, sobald von ihnen eine Auseinandersetzung mit Mathematik verlangt wird, und stehen ihr aufgrund dieser Unsicherheit eher ablehnend gegenüber. Ma (1999) konnte in einer Metaanalyse mittlere Korrelationen zwischen solcher Ängstlichkeit und Mathematikleistungen nachweisen. Die kausale Richtung von Zusammenhängen zwischen Emotionen und Leistung, sowohl mathematikspezifisch wie unspezifisch, wird kontrovers diskutiert, die Befundlage ist uneindeutig und man vermutet Wechselwirkungen. Als unstrittig wird angesehen, dass Emotionen, in unserem Falle die Ängstlichkeit, „über ihre Wirkung auf Motivation, Problemlöseverhalten und den Einsatz kognitiver Ressourcen wiederum Einfluss auf individuelle Leistungen" nehmen (Götz et al. 2004).

Das Selbstkonzept drückt die Auffassungen einer Person über sich aus und ist multidimensional. Wir beschränken uns auf eine Facette des akademischen Selbstkonzepts, das mathematische Selbstkonzept, welches eine kognitiv-evaluierende („ich bin gut in Mathematik") und eine affektive Komponente („ich mag Mathematik") beinhaltet (zu einer ausführlichen Beschreibung des Selbstkonzeptkonstrukts siehe z. B. Möller und Trautwein 2009). Es zeigt sich in einer Metaanalyse zu Untersuchungen mit Schülerinnen und Schülern eine mittlere Korrelation ($r = 0{,}43$) mit Leistung (Hattie 2008). Bei Schülerinnen und Schülern der gymnasialen Oberstufe konnten Köller et al. (2006) nicht nur mittlere Korrelationen, sondern auch einen signifikanten Einfluss des mathematischen Selbstkonzepts (Ende Klasse 10) auf die spätere Mathematikleistung (Klasse 12) nachweisen.

Selbstwirksamkeitserwartung ist z. B. bei Schwarzer und Jerusalem (2002) definiert als die „subjektive Gewissheit, neue oder schwierige Anforderungssituationen auf Grund eigener Kompetenz bewältigen zu können" (Schwarzer und Jerusalem 2002, S. 35). Hierbei sind explizit Situationen gemeint, die nicht mit Routinen abzuarbeiten sind, sondern zum Beispiel „echte" Problemlöseprozesse. Selbstwirksamkeitserwartungen nehmen Einfluss auf das Lernverhalten (beispielsweise Erhöhung der Anstrengungsbereitschaft oder

der Selbstregulation) und haben, wenn auch eher geringe, Vorhersagekraft auf Leistungen (zusammenfassend Zimmermann 2000).

Interesse ist ein Teil der fachbezogenen Motivation. Wir orientieren uns hier an der Münchner Schule und begreifen es als eine „Person-Gegenstand-Relation" (Krapp 1992), in unserem Falle also somit als die Beziehung zwischen den einzelnen Studierenden und der Mathematik. In Untersuchungen mit Schülerinnen und Schülern zeigt Fachinteresse kleine bis mittlere Korrelationen mit Leistung, allerdings wirkt es häufig eher indirekt zum Beispiel durch Mediationsprozesse über Lernformen mit einem höheren Elaborationsgrad (Schiefele et al. 2003; für einen Überblick siehe Schukajlow und Krug 2014). Für die Übertragbarkeit dieses Befundes auf die Hochschulmathematik sprechen die Ergebnisse von Eilerts (2009), die mittlere Korrelationen zwischen fachbezogenem Interesse und Mathematikleistung bei Lehramtsstudierenden (aller Schulformen) feststellte, sowie von Kolter et al. (2015).

4.2.2 Lernverhalten

Der Begriffstaxonomie von Friedrich und Mandl (1992) folgend, konzentrieren wir uns im vorliegenden Beitrag auf ausgewählte Lernstrategien der kognitiven (hier: Elaborieren, Memorisieren und Organisieren) und der metakognitiven Ebene (hier: Überwachen und Anstrengen). Lernstrategien beschreiben das beim Lernen angewandte Vorgehen und stehen schon lange im Fokus der Lehr-Lern-Forschung. Dabei muss zwischen (theoretischem) Strategiewissen und (tatsächlicher) Strategienutzung unterschieden werden. Krapp (1993) betont, dass insbesondere das Auswählen und korrekte Anwenden adäquater Lernstrategien relevant für den Lernerfolg seien (vgl. auch Artelt 2006 sowie Rach und Heinze 2013). Diese Unterscheidung gilt es auch bei der Erhebung von Lernstrategien zu beachten. Effiziente „Massenbefragungsinstrumente", wie zum Beispiel die von uns eingesetzten Fragebögen, liefern Selbstberichte von Studierenden, so wie diese ihr Lernen wahrnehmen und einschätzen. Diese Angaben können z. T. abweichen von Einschätzungen unabhängiger Beobachter, die den tatsächlichen Strategieeinsatz möglichst objektiv zu beschreiben versuchen (zur generellen Schwierigkeit der Erhebung von Lernstrategien siehe Artelt 1999 oder Schukajlow und Leiss 2011).

Der Zusammenhang zwischen Leistung und Lernstrategien ist noch nicht eindeutig geklärt. Viele Studien an Schülerinnen und Schülern belegen einen positiven Zusammenhang, andere konstatieren nur schwache oder sogar negative Zusammenhänge (zusammenfassend Schukajlow und Leiss 2011). Für das Lernen an der Hochschule sind die Befunde einheitlicher: Rach und Heinze (2013) wiesen nach, dass Lernformen mit einem höheren Elaborationsgrad (hier konkret: Selbsterklärungen) positiven Einfluss auf die Mathematikleistung von Bachelor- bzw. Gymnasiallehramtsstudierenden haben. Eilerts (2009) zeigte, dass im Mathematikstudium für Lehrämter (über alle Schulformen) sowohl kognitive als auch metakognitive Lernstrategien mit Leistung korrelieren und dass der Einfluss der kognitiven Strategien in einer Regressionsanalyse signifikant wird ($\beta^2 = 0{,}13$, $p = 0{,}025$).

Eine genauere Unterteilung der kognitiven Lernstrategien wurde von ihr allerdings nicht vorgenommen.

Den Lernstrategien, insbesondere den verständnisorientierten, kommt in der Hochschule also eine große Bedeutung für das Lernen und den Lernerfolg zu. Vogel (2001) konnte in Fragebogenuntersuchungen keine Unterschiede zwischen den Lehramtsstudierenden verschiedener Schulformen finden. Im Rahmen einer Lerntagebuchstudie stellte sie allerdings fest, dass die Grundschullehramtskandidaten weniger aktive und elaborierte Lernformen und mehr Wiederholungs- und Organisationsstrategien einsetzen als Studierende des Realschullehramts.

4.3 Ziele des KLIMAGS-Projekts

KLIMAGS (Projektleiter: Peter Bender, Rolf Biehler, Werner Blum, Reinhard Hochmuth, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter: Jürgen Haase und Jana Kolter, assoziierter Wissenschaftler Stanislaw Schukajlow) ist ein Projekt im Rahmen des Kompetenzzentrums Hochschuldidaktik Mathematik (finanziert durch die Volkswagenstiftung, die Stiftung Mercator und die Universitäten Kassel, Paderborn und Lüneburg, www.khdm.de). Zentraler Inhalt des KLIMAGS-Projekts ist die Beforschung von Grundschullehramtsstudierenden während ihres ersten Studienjahres an den Universitäten in Kassel und Paderborn, speziell in den Fachveranstaltungen zur Geometrie und zur Arithmetik; auf letztere wird im vorliegenden Beitrag der Fokus gerichtet.

Die zentralen Fragestellungen des Projektes sind:

1. Welches fachbezogene Wissen bringen Studienanfänger des Grundschullehramts von der Schule mit?
2. Wie entwickelt sich das fachbezogene Wissen von Grundschulstudierenden im Verlauf der ersten Studiensemester?
3. Wie lässt sich der fachbezogene Kompetenzerwerb der Grundschulstudierenden effizient unterstützen?

Um Indizien für günstiges Lernverhalten auf Seiten der Studierenden herauszuarbeiten und um Möglichkeiten auf der Dozierendenseite für einen möglichst (noch) lernförderliche(re)n Lehrbetrieb auszuloten, wurde in KLIMAGS ein Mehrkohortendesign eingesetzt. Ein Studierendenjahrgang beider Universitäten wurde im Wesentlichen mit den „normalen", langjährig erprobten Veranstaltungen unterrichtet und in einem zweiten Studierendenjahrgang wurden neue Elemente implementiert. Diese betreffen zum einen die Organisation des Übungsbetriebs, auch mit einer besseren Qualifizierung der Tutoren (siehe dazu Haase et al. in diesem Band), und zum anderen die Integration metakognitiver Elemente und exemplarischer didaktischer Bezüge in die Vorlesung (Krawitz et al. 2014). Beide Kohorten nahmen zu mehreren Zeitpunkten im Studienverlauf an Erhebungen von Leistung, Einstellungen und Lernverhalten teil, sodass generelle Aussagen über Lernen von Studierenden und mögliche Prädiktoren für Lernerfolg getroffen und die Auswirkungen der Innovationen im Kohortenvergleich auf den verschiedenen Ebenen nachvollzogen werden können (genauere Informationen zum Forschungsdesign bei Haase et al. 2015).

Zentrale Ziele der Projektarbeit waren bzw. sind die …

… Entwicklung eines Kompetenzrasters zur kompetenzorientierten Klassifizierung von Lernaufgaben und Testitems (siehe Abschn. 4.1),

… Entwicklung von kompetenzorientierten Testitems und schließlich von Leistungstests zur Messung des Fachwissens in der Arithmetik (siehe Abschn. 4.4) und in der Geometrie,

… Identifizierung günstiger oder hinderlicher Einstellungen und Verhaltensweisen der Studierenden (siehe Abschn. 4.6),

… Entwicklung und Implementierung von Lehrinnovationen (dies wird hier nicht thematisiert, siehe dazu u. a. den Tagungsbandbeitrag von Jürgen Haase et al. in diesem Band),

… Evaluierung der implementierten Innovationen in Bezug auf Umsetzbarkeit und Umsetzung (ebenfalls nicht hier angesprochen, siehe dazu z. B. Beitrag von Haase et al. in diesem Band) und in Bezug auf die Unterstützung studentischen Lernens (siehe dazu Krawitz et al. 2014).

4.4 Der KLIMAGS-Leistungstest Arithmetik

4.4.1 Anspruch und Vorgehen bei der Instrumentenentwicklung

Um Leistungsstände und Lernerfolge der Studierenden bezüglich der „Arithmetik in der Grundschule" feststellen zu können, haben wir im Projekt zunächst einen Leistungstest entwickelt. Dieser ist inhaltlich an den Themenschwerpunkten der beiden Vorlesungen (in Kassel „Arithmetik in der Grundschule" im ersten Semester; in Paderborn „Elemente der Arithmetik für die Grundschule" im zweiten Semester) ausgerichtet worden, enthält aber auch etliche Items, die aus der Schule (eigentlich) bekanntes arithmetisches Vorwissen abfragen. Mit „Fachsemester" bezeichnen wir das Semester, in dem die Arithmetikfachvorlesung gehört wird, mit „Folgesemester" das darauffolgende Semester, in dem andere Fach- und Didaktikveranstaltungen der Mathematik besucht werden.

Die inhaltlichen Schwerpunkte sind die Positionssysteme und darin neben der Zahldarstellung die Operationen und Teilbarkeitsregeln, Primzahlen, Teiler- und Vielfachenmengen, Relationen sowie die Zahlbereiche mit Bruchzahlen und ganzen Zahlen. Die Items wurden mehrheitlich für KLIMAGS neu entwickelt, einige Items bzw. Itemideen wurden aus den Instrumenten anderer Projekte (TEDS-M, vgl. Blömeke et al. 2010a, 2010b, und Learning Mathematics for Teaching (LMT), vgl. Arbor 2008) oder aus Schulbüchern adaptiert. Neben der inhaltlichen Ausfächerung ist uns eine kompetenzorientierte Messung der Leistungen der Studierenden ein großes Anliegen. Um ein Instrument zu schaffen, das im Sinne der prozessbezogenen Kompetenzen verschiedene Anforderungen an die

Studierenden stellt, wurden alle Items mithilfe der entwickelten hochschulspezifischen Kompetenzbeschreibungen in einem Expertenrating in ihren Anforderungsniveaus klassifiziert. In „unterbesetzten“ Kompetenzbereichen wurden Items nachentwickelt.

Nach einer Präpilotierung und einem Pilotierungsdurchlauf mit vielen Parallelversionen von Itemideen wurden die Testitems (im offenen, halboffenen und geschlossenen Format) ausgewählt und Testhefte anhand von vier Auswahlkriterien zusammengestellt:

1. die empirischen Itemwerte nach Rasch-Modellierung aus der Pilotierung,
2. eine möglichst breite Abdeckung der prozessbezogenen Kompetenzen,
3. limitierte Testzeit (für Vor- und Nachtest je 40 min) und
4. inhaltliche Ausgewogenheit und eine gewisse „Fairness“ bezüglich der Vortestitems: Natürlich muss ein gewisses Maß an bereichsspezifischem Vorwissen (und bereits vor dem Studium hergestellten Transferleistungen) erhoben werden, dennoch sind einige Vorlesungsinhalte von den Abiturienten nicht zu erwarten und sollten unseres Erachtens – um übermäßige Frustration zu vermeiden – im Vortest nicht abgefragt werden.

4.4.2 Kompetenzmessung im Leistungstest

Wie oben beschrieben, wurde bei der Zusammenstellung der Tests auf eine möglichst breite Abdeckung der sechs prozessbezogenen Kompetenzen, auch auf verschiedenen Niveaustufen, geachtet. An dieser Stelle möchten wir einige Phänomene kommentieren, die sich im Rahmen der Testkonstruktion gezeigt haben:

1. Bei nur wenigen Items findet sich eine Kompetenzanforderung im Modellieren. Dies liegt zum einen daran, dass der große Bereich der mathematischen Anwendungen in einer eigenen Veranstaltung zu einem späteren Zeitpunkt des Studiums behandelt wird und daher in der Arithmetikvorlesung eher eine Nebenrolle spielt (obgleich natürlich der nachgewiesenen Bedeutsamkeit von Realitätsbezügen beim Mathematiklernen in den Veranstaltungen Rechnung getragen wird). Zum anderen wird wegen der limitierten Testzeit auf den Einsatz von komplexeren realitätsbezogenen Testaufgaben verzichtet.
2. Bei vier Items wurde „keine“ Kompetenzanforderung festgestellt. Hier handelt es sich um Items, die nur arithmetische Operationen (z. B. schriftliches Multiplizieren im Dezimalsystem) oder Grundwissen abfragen und die entweder als schon für das erste Anforderungsniveau zu elementar angesehen wurden (deren Erfassung uns wegen ihres Grundlagencharakters gleichwohl wichtig war) oder als reines Faktenwissen eingestuft wurden. Dieses ist zwar auch bedeutsam, aber nicht mit dem Konzept der prozessbezogenen Kompetenzen greifbar.
3. Bei vielen Items werden einige Kompetenzen auf dem „Niveau 0“ klassifiziert, was aber nicht gleichzusetzen ist mit dem Nichtvorhandensein einer Kompetenzanforderung. Ähnlich wie in 2. haben wir bei vielen Items Bausteine aus dem Bereich des

Faktenwissens oder elementarer Operationen als Bearbeitungs- bzw. Lösungsbestandteile identifiziert, die zwar zu trivial sind, um eine „Würdigung" bei der Klassifizierung der Kompetenzniveaus zu erhalten, die aber dennoch essentiell sind und zu einer Fehllösung der Aufgabe führen können.

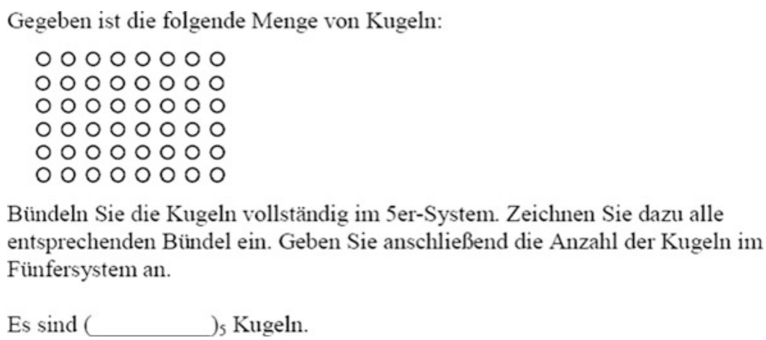
Spezifische Aussagen über die Leistungsstände der Studierenden in den einzelnen Kompetenzbereichen lassen sich auf quantitativer Ebene anhand der Tests nicht treffen, da für die Bearbeitung fast jedes Items mehrere prozessbezogene Kompetenzen benötigt werden und somit eine trennscharfe Auswertung nicht möglich ist. Qualitative Analysen legen nahe, dass in allen Kompetenzbereichen Schwierigkeiten auftreten und auch Leistungssteigerungen während des ersten Studienjahres stattfinden (siehe Abschn. 4.6 sowie Krämer und Bender 2013).

Der empirische Zusammenhang zwischen den a priori klassifizierten Kompetenzniveaus der Items (hier als Summe aller vergebenen Niveaustufen operationalisiert) und der festgestellten Schwierigkeit (WLE-Parameter des Items nach Rasch-Skalierung) ist mit einer bivariaten Korrelation von $r = 0{,}501$ ($p < 0{,}001$) signifikant gegeben. Daraus lässt sich folgern, dass eine höhere Kompetenzanforderung auch tatsächlich mit einem höheren Schwierigkeitsgrad der Aufgabe zusammenhängt; gleichzeitig kann dies als ein Hinweis darauf verstanden werden, dass die Klassifizierung der Aufgaben nach Kompetenzniveaus angemessen erfolgt ist.

4.4.3 Testdesign und Testgüte

Mit dem oben beschriebenen Vorgehen wurden insgesamt 52 Items ausgewählt, die zunächst auf Testblöcke aufgeteilt wurden:

- Vortestteil S1: 15 Items, die mit Schulwissen lösbar sind oder direkt daran anschließen und Vorwissen für die Themen der Vorlesung beinhalten.
- Nachttestteil S2: 15 Items, die entweder mit Schulwissen lösbar sind oder auf Inhalte der Vorlesung zurückgreifen. Hier wurden auch Inhalte abgefragt, die wir für den Vortestteil als „unfair" eingestuft hatten, wie beispielsweise den Umgang mit nichtdezimalen Positionssystemen.
- Zwei Rotationsblöcke A und B: Jeweils 11 Items, die sowohl Vorwissen im Sinne von S1 als auch einfachere Vorlesungsinhalte abtesten. Damit erfordern sie Kenntnisse und Fähigkeiten, die wir nur im Nachtest „sicher" erwarten können, die aber bereits im Vortest von einigen Studienanfängern durch besonderes Vorwissen oder durch Transferleistungen beherrscht werden können. Die beiden Testblöcke A und B sind so aus 11 Itempaaren aus je zwei Parallelitems (i. d. R. Veränderung des Zahlenmaterials) zusammengestellt worden, dass sie in Inhalt und a priori klassifizierten Kompetenzanforderungen gleich sind.


Gegeben ist die folgende Menge von Kugeln:

Bündeln Sie die Kugeln vollständig im 5er-System. Zeichnen Sie dazu alle entsprechenden Bündel ein. Geben Sie anschließend die Anzahl der Kugeln im Fünfersystem an.

Es sind $(\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_)_5$ Kugeln.

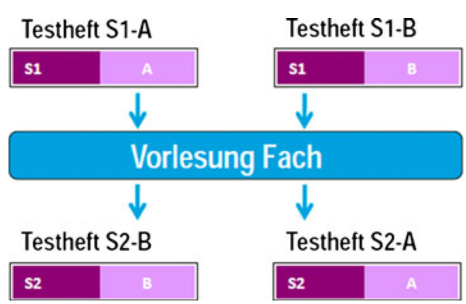
Abb. 4.1 Beispielitem des Nachtests

Abb. 4.1 zeigt ein Beispielitem des Testteils S2, das also nur im Nachtest eingesetzt wurde, um typische Vorlesungsinhalte zu überprüfen. Die Klassifizierung gemäß dem Kompetenzraster ergibt hier eine Anforderung bzgl. „Darstellen“ auf Niveau 2: Eine (für die Studierenden nach der Vorlesung) bekannte Darstellung soll erzeugt und anschließend in eine andere, ebenfalls bekannte Form der Zahldarstellung übersetzt werden. Zwar sind beide Darstellungen für sich elementar, die erforderliche Übersetzungsleistung bewirkt aber die Einstufung auf Niveau 2. Die anderen Kompetenzen werden auf Niveau 0 eingestuft, da es sich hier um direkt zugängliche Grundbegriffe („Bündeln“) und -verfahren („Einzeichnen“) handelt, die wohl schon seit der Grundschule bekannt sind, und da keine weiteren Begründungen oder Erläuterungen gefordert sind.

Die vier Testteile sind in einem Rotationsdesign angeordnet, um eine gemeinsame Skalierung (Rasch-Skalierung mit ConQuest) beider Messzeitpunkte (MZP) zu ermöglichen (siehe Abb. 4.2).

Nach den Auswertungen der ersten Testkohorte erreicht der Leistungstest Reliabilitäten von 0,80 (WLE sowie EAP/PV). Die Interrater-Reliabilität wurde anhand von Zweitkodierungen an etwa einem Viertel der Testhefte bestimmt und liegt mit Cohens Kappa von $\kappa \geq 0{,}76$ über alle Items im guten bis sehr guten Bereich. Am Ende des jeweiligen Folgesemesters haben die Studierenden einen weiteren Leistungstest zur Arithmetik bearbeitet, mit dem die Nachhaltigkeit des Lernerfolgs aus dem Fachsemester festgestellt werden

Abb. 4.2 Testdesign



sollte. Neben der „reinen“ Behaltensleistung spielen hier sicherlich auch die Einflüsse aus parallelen Veranstaltungen, insbesondere der „Didaktik der Arithmetik“, eine Rolle. Der Follow-Up-Test besteht aus 12 Items, die identisch aus dem Vortest oder Nachtest übernommen wurden. Aus den Rotationsblöcken wurden keine Items wiederholt, sodass der zeitliche Abstand der letzten Bearbeitung für jedes Item für jede Testperson gleich war. Die Schätzung der Leistungsparameter erfolgte ebenfalls mit einer Raschskalierung, dafür wurden die empirischen Itemschwierigkeiten aus der gemeinsamen Skalierung des Vor- und Nachtests als Ankerwerte vorgegeben.

4.5 Untersuchungsdesign

4.5.1 Forschungsfragen

Der vorliegende Beitrag widmet sich im Wesentlichen der zweiten Leitfrage des KLIMAGS-Projekts:

Wie entwickelt sich das fachbezogene Wissen (hier nur: Arithmetik) von Grundschulstudierenden im Verlauf der ersten Studiensemester?

Darunter verstehen wir zunächst die deskriptive Feststellung von Lernentwicklungen im Semester der Lehrveranstaltung zum Bereich Arithmetik und deren Nachhaltigkeit im Folgesemester. Dazu werden, ebenfalls auf der quantitativen Analyseebene, Zusammenhänge mit bzw. Einflüsse von bestimmtem Lernverhalten während des Semesters und Einstellungen gegenüber der Mathematik auf die Lernentwicklung betrachtet. Aus den theoretischen Ausführungen im zweiten Kapitel ergeben sich hierzu gewisse Erwartungen. So sollten positive Einstellungen und ein aktives, auf Verstehen ausgerichtetes Lernverhalten positiv mit Leistung zusammenhängen bzw. diese begünstigen, während bei eher negativen Einstellungen oder einem Lernverhalten, das auf Auswendiglernen ausgerichtet ist, eher negative Zusammenhänge zu vermuten sind. Ganz konkret möchten wir in diesem Beitrag die folgenden quantitativ ausgerichteten Forschungsfragen beantworten:

1. Wie entwickelt sich das Arithmetikfachwissen im Verlauf des Semesters, in dem die Vorlesung stattfindet, und wie nachhaltig sind dann die Lerneffekte? Welche Einstellungen zeigen die Studierenden zu verschiedenen Zeitpunkten im Studium in Bezug auf Mathematik …
    1. … und (wie stark) hängen diese mit Leistung zusammen?
    2. … und können diese einen Varianzanteil der Leistungen bzw. der Leistungsveränderungen erklären?
2. Welches Lernverhalten zeigen die Studierenden im Fachsemester …
    1. … und (wie stark) hängt es kurz- und langfristig mit Leistung zusammen?
    2. … und kann es einen Varianzanteil der Leistungen bzw. der Leistungsveränderungen erklären?

3. Welches Lernverhalten zeigen die Studierenden im Fachsemester …
   1. … und (wie stark) hängt es kurz- und langfristig mit Leistung zusammen?
   2. … und kann es einen Varianzanteil der Leistungen bzw. der Leistungsveränderungen erklären?

4.5.2 Rahmenbedingungen der Untersuchung

Die Untersuchung erstreckt sich über die beiden Standorte Kassel und Paderborn, woraus sich einige strukturelle Besonderheiten ergeben. In Kassel hören die Studierenden die „Arithmetik für die Grundschule“ laut Regelstudienplan im ersten Semester. In Paderborn sind die „Elemente der Arithmetik für Grundschule“ im zweiten Studiensemester vorgesehen. Die Studierenden haben in ihrem ersten Semester bereits die Fachvorlesung „Elemente der Geometrie“ gehört und sind somit keine „Anfänger“ mehr. In beiden Universitäten sind die Studierenden verpflichtet, in nicht unerheblichem Umfang die Mathematik und ihre Didaktik zu studieren, wenn sie sich für das Lehramt an Grundschulen immatrikulieren. Es gibt also eine ganze Reihe von „unfreiwilligen“ Teilnehmerinnen und Teilnehmern. Beide Dozenten sind studierte Mathematiker, die seit Jahrzehnten in der Mathematikdidaktik arbeiten; sie lesen die jeweilige Veranstaltung bereits seit mehreren Jahren, haben Aufbau, Methodik und Vermittlung ihrer Arithmetiklehre „nach bestem Wissen und Gewissen“ immer weiterentwickelt und optimiert. Ergebnis ist an beiden Standorten eine didaktisch aufbereitete Fachvorlesung, die durch eine an Lehr-Lern-Befunden orientierte Vermittlung der Inhalte (u. a. Versuch der permanenten kognitiven Aktivierung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer, Gelegenheit zur Sinnkonstruktion, Arbeiten mit und an Grundvorstellungen) und durch einen engen Bezug auf das Berufsziel der Klientel, das Grundschullehramt, gekennzeichnet ist.

Die je zweistündige Vorlesung wird ergänzt durch den Übungsbetrieb aus Tutorien und häuslichen Übungsaufgaben, die kommentiert und im Tutorium besprochen werden. Ein Unterschied besteht in der Gestaltung der Selbstlernzeiten; während in Kassel eine wöchentliche Bearbeitung und Einzelabgabe häuslicher Übungsaufgaben verpflichtend und notwendige Voraussetzung für eine Klausurzulassung ist, ist die Aufgabenbearbeitung in Paderborn freiwillig. Die Bearbeitung der Forschungsfragen erfolgt standortübergreifend, da die unterschiedlichen Rahmenbedingungen zwar ggf. absolute Ausschläge einzelner Merkmale beeinflussen können (siehe dazu Haase et al. 2015), Auswirkungen auf die analysierten Zusammenhänge bzw. Wechselwirkungen zwischen den Konstrukten aber nicht zu erwarten sind.

4.5.3 Instrumente

Neben dem in Abschn. 4.4 ausführlich beschriebenen Leistungstest haben wir den Studierenden an jedem der drei Messzeitpunkte (Genaueres siehe unten) eine allgemeine

Tab. 4.1 Skalen und Reliabilitäten

Skala	Items	Beispielitem	
Ängstlichkeit in Bezug auf Mathematik (unveröffentlichte Skala aus dem PALMA-Projekt, dazu: Pekrun et al. 2004)	3	Wenn ich an das Mathe-Studium denke, bin ich beunruhigt.	> 0,86
Mathematisches Selbstkonzept (in Anlehnung an Hoffmann et al. 1997)	3	Ich bin für Mathematik begabt.	> 0,86
Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf Mathematik (in Anlehnung an Schwarzer und Jerusalem 1999)	4	Ich bin überzeugt, dass ich mathematische Fertigkeiten, die gelehrt werden, beherrschen kann.	> 0,78
Interesse an Mathematik (nach Rheinberg und Wendland 2000)	6	Ich mache für Mathe mehr, als für die Uni unbedingt nötig ist.	> 0,72
Lernstrategie Elaborieren (alle Lernstrategieskalen in Anlehnung an den LIST-Fragebogen von Wild und Schiefele 2004)	5	Neues in Mathematik versuche ich besser zu verstehen, indem ich Verbindungen zu Dingen herstelle, die ich schon kenne.	> 0,76
Lernstrategie Memorisieren	4	Wenn ich für Mathematik lerne, lerne ich so viel wie möglich auswendig.	> 0,63
Lernstrategie Organisieren	4	Ich mache mir Zusammenfassungen der wichtigsten Inhalte als Gedankenstützen.	> 0,68
Lernstrategie Anstrengung	8	Ich strenge mich auch dann an, wenn mir der Stoff überhaupt nicht liegt.	> 0,90

Befragung vorgelegt. Die verwendeten Skalen (siehe Tab. 4.1) sind angelehnt an den Fragebogenkatalog des LIMA-Projekts (www.lima-pb-ks.de) und entstammen etablierten Instrumenten. Sie wurden von uns z. T. lediglich auf die konkrete Zielgruppe (z. B. Studierende statt Schülerinnen und Schüler) oder auf das Fach (Fokussierung von „Lernen“ auf „Mathematik-Lernen“) modifiziert. Für die Erhebung wurden sechsstufige Likert-Skalen (1 = stimmt überhaupt nicht … 6 = stimmt genau) eingesetzt.

Zum ersten Messzeitpunkt waren die Prompts je auf das „Lernen von Mathematik“ ausgerichtet, zu den Messzeitpunkten 2 und 3 wurde noch stärker auf das „Lernen von Mathematik im Zusammenhang mit den aktuellen Lehrveranstaltungen“ fokussiert. Zum Messzeitpunkt 2 wurde zudem erfragt, wie oft die Studierenden die Fachvorlesung und die Übungen besucht haben, die den Rahmen für die hier vorgestellte Untersuchung bildeten.

Da an beiden Universitäten mit der Immatrikulation in den Grundschulstudiengang eine Mathematikpflicht besteht, haben wir die Studierenden im Rahmen der ersten Erhebung auf einer zusätzlichen 6-stufigen Likert-Skala (1 = sicher nicht bis 6 = völlig sicher) einschätzen lassen, ob sie bei einer Wahlmöglichkeit auch Mathematik als Studienfach gewählt hätten.

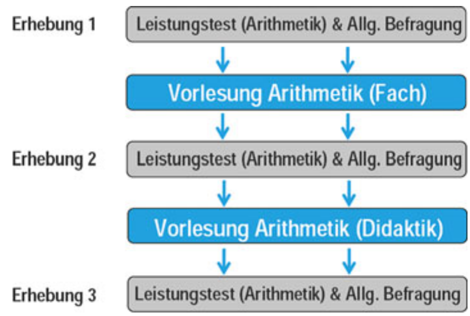


Abb. 4.3 Erhebungsdesign

4.5.4 Stichprobe und Erhebung

In diesem Beitrag analysieren wir die Daten des ersten KLIMAGS-Jahrganges, also die der Kohorte ohne Lehrinnovation. Wie in Abschn. 4.2 bereits beschrieben, durchlaufen die Kasseler und die Paderborner Studierenden den rechts abgebildeten Erhebungsplan je um ein Semester versetzt im ersten und zweiten bzw. im zweiten und dritten Studiensemester.

Die genauen Erhebungszeitpunkte sind die erste (Erhebung 1) und letzte (Erhebung 2) Vorlesungswoche des Arithmetikfachsemesters sowie die letzte Vorlesungswoche des Folgesemesters (Erhebung 3; vgl. Abb. 4.3).

Im Längsschnittdesign hatten wir stark mit dem bekannten Problem der Stichproben-Mortalität zu kämpfen. An allen drei Messzeitpunkten haben nur 49 Studierende vollständig teilgenommen. Diese bilden die empirische Grundlage für die hier vorgestellte Analyse. Sie unterscheiden sich in Bezug auf ihre Vorleistungen, den demografischen Hintergrund und die Einstellungsmerkmale nicht von der Gesamtstichprobe (je T-Test gegen festen Wert).

Der Anteil der Kasseler Studierenden macht etwa drei Viertel aus, ca. 80 % sind weiblich. 93 % der Studierenden haben die allgemeine Hochschulreife, etwa 15 % hatten Mathematikleistungskurs in der Oberstufe. Es handelt sich um Ersthörer, die zuvor noch keine Arithmetikveranstaltung besucht haben. Die Studierenden waren sehr häufig bei Vorlesungen und häufig bei den Übungen anwesend: Je eine Person gab an, selten (1–4 Mal) bzw. manchmal (5–8 Mal) in der Vorlesung gewesen zu sein. 41 Personen (84 %) geben an, immer (= 13 Mal) anwesend gewesen zu sein, 6 Personen haben nur wenige Vorlesungen verpasst (9–12 Mal anwesend). Die Übungen haben zwei Personen nur selten, eine Person manchmal besucht, 30 Personen waren immer anwesend und 16 Personen haben nur wenige Termine versäumt.

Bezüglich der Freiwilligkeit des Mathematikstudiums zeigt sich ein ernüchterndes Bild: Der Mittelwert liegt bei 3,0 (SD 1,73), nur 18 der 49 der Studierenden kreuzten eine „tendenzielle Freiwilligkeit" über dem theoretischen Mittelwert von 3,5 an, über ein Viertel der Teilnehmer teilte eine absolute Ablehnung mit.

4.6 Ergebnisse

4.6.1 Leistung und Einstellungen

Zur Beantwortung der Fragen 1 und 2 stellen wir in Tab. 4.2 zunächst die Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der verschiedenen Konstrukte zusammen. Später werden diese in Hinblick auf Korrelationen und Wirkungen (Regressionsanalysen) mit den Leistungswerten untersucht.

Abb. 4.4 zeigt die Leistungsentwicklung zwischen den Messzeitpunkten grafisch. Der Lernzuwachs während des Fachsemesters um über eine Standardabweichung ist hochsignifikant. Leider treten im Folgesemester Vergessenseffekte auf, sodass der langfristige Lernzuwachs zwischen erstem und drittem Messzeitpunkt zwar mit $T(48) = 4{,}288$, $p < 0{,}001$, $d = 0{,}57$ noch signifikant ist und eine mittlere Effektstärke hat, den kurzfristigen Erfolg aber deutlich relativiert.

Mit T-Tests wurden die Entwicklungen zwischen den Messzeitpunkten auf Signifikanz geprüft, die Ergebnisse sowie die jeweilige Effektstärke (Cohens d) sind in Tab. 4.3 zusammengefasst.

Beim mathematischen Selbstkonzept lassen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten ausmachen. Erfreulich ist, dass die Ängstlichkeit in Bezug

Tab. 4.2 Skalenmittelwerte von Leistung und Einstellung

Skala	Erhebung 1		Erhebung 2		Erhebung 3	
	M	SD	M	SD	M	SD
Leistung (Arithmetik)	457	82	550	95	507	94
Ängstlichkeit bzgl. Mathematik	3,79	1,38	3,94	1,53	3,09	1,46
Mathematisches Selbstkonzept	2,62	0,77	2,52	0,89	2,67	0,81
Selbstwirksamkeitserwartung (Mathe)	3,50	0,79	3,20	1,03	3,60	0,98
Interesse an Mathematik	3,25	0,81	2,96	0,96	3,05	0,89

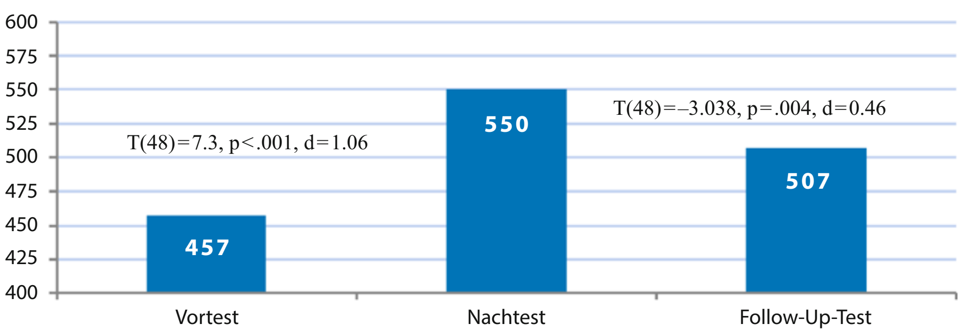


Abb. 4.4 Leistung zu drei Messzeitpunkten

Tab. 4.3 T-Tests, Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten

Konstrukt	Im Fachsemester			Im Folgesemester		
	T(48)	p	d	T(48)	p	d
Ängstlichkeit	1,10	n. s.	0,10	−4,60	< 0,001	0,57
Math. Selbstkonzept	−1,01	n. s.	0,12	1,16	n. s.	0,17
Selbstwirksamkeits-erwartung	−3,06	0,004	0,33	3,43	0,001	0,40
Interesse	−3,17	0,003	0,33	1,53	n. s.	0,11

auf die Mathematik und das Mathematikstudium im Verlauf der Zeit abnimmt und sich die Selbstwirksamkeitserwartung nach einem „Dämpfer" im Fachsemester ebenfalls wieder stabilisiert.

Das Interesse an Mathematik nimmt im Verlauf des Fachsemesters deutlich ab und bleibt dann stabil. Unser Erklärungsansatz ist, dass die Studierenden zum ersten Messzeitpunkt gewisse Vorstellungen und Erwartungen an Mathematik aus der Schule mitbringen und dann an der Hochschule mit anderer Mathematik konfrontiert sind bzw. dass die Studierenden, die sich auf eine spezifische „Grundschulmathematik" freuen, ggf. durch die formalen und inhaltlichen Ansprüche zunächst abgeschreckt werden.

Zur Ausdifferenzierung der Forschungsfrage 2 sollen nun die erhobenen Konstrukte auf einer Zusammenhangsebene (bivariate Korrelationen) und auf einer Wirkungsebene (Regressionsanalysen) untersucht werden. In Tab. 4.4 stellen wir die Korrelationen zwischen den erhobenen Konstrukten messzeitpunktintern dar (z. B. Leistung 1 mit Ängstlichkeit 1/Leistung 2 mit Interesse 2 usw.).

Wir werden nicht alle Werte einzeln diskutieren, möchten aber auf einige Besonderheiten aufmerksam machen und – mit aller gebotenen Vorsicht – versuchen, aus den Veränderungen der Korrelationen und unter Berücksichtigung der zeitlichen Abfolge Deutungen zu entwickeln. Wie oben bereits beschrieben, können sich die Studierenden zum Messzeitpunkt 1 mit ihren Aussagen nur auf die Mathematik beziehen, die sie aus der Schule kennen bzw. die sie in der Hochschule erwarten. Daher möchten wir bewusst mehr auf die Korrelationen zu den Messzeitpunkten 2 und 3 fokussieren.

Tab. 4.4 Korrelationen zwischen Leistung und Einstellungen

Korrelationen mit Leistung	Vortestleistung		Nachtestleistung		Follow-Up-Testleistung	
	r	p	r	p	r	p
Ängstlichkeit	−0,43	0,002	−0,31	0,031	−0,51	< 0,001
Math. Selbstkonzept	0,37	0,010	0,25	0,089	0,49	0,001
Selbstwirksamkeits-erwartung	0,00	n. s.	0,29	0,040	0,33	0,025
Interesse an Mathe-matik	0,09	n. s.	0,13	n. s.	0,29	0,046

- Zum ersten Messzeitpunkt korreliert Leistung mit Ängstlichkeit bzgl. Mathematik und mit dem Mathematischen Selbstkonzept. Die Höhe der Korrelationen ist vergleichbar, die Richtungen sind – was plausibel ist – gegensätzlich. Beide Korrelationen bleiben auch zu den Messzeitpunkten 2 und 3 von Bedeutung. Bei der zweiten Erhebung fallen die Zusammenhänge allerdings nicht so stark aus. Das interpretieren wir folgendermaßen: Zum Messzeitpunkt 2 liegt die Lehrveranstaltung nicht lang zurück, ggf. haben die Studierenden schon mit der Klausurvorbereitung angefangen und haben noch nicht viele der Inhalte vergessen. Unter diesen Voraussetzungen fallen die Leistungsunterschiede zwischen z. B. den Ängstlichen und den Nichtängstlichen nicht so hoch aus, da „alle gut im Thema sind". Zum letzten Messzeitpunkt ist das Bild sehr deutlich; hier äußern die schwachen Studierenden eine hohe Ängstlichkeit in Bezug auf ihr Mathematikstudium, Leistungsstarke sind zugleich von ihren Fähigkeiten überzeugt.
- Die Selbstwirksamkeitserwartung passt im Verlauf des Studiums immer besser mit der tatsächlichen Leistung zusammen. Sicherlich lernen die Studierenden im Verlaufe der ersten Semester, sich (besser) einzuschätzen, und vor allem kennen sie ab dem zweiten Erhebungszeitpunkt die Anforderungen, denen sie sich in der Universität stellen, und die Probleme, bei denen sie „selbst wirksam werden" müssen.
- Das Fachinteresse korreliert zu Beginn nicht mit der Leistung, nähert sich aber mit der Zeit an. Studierende, die sich zum Ende des zweiten Semesters „noch" für mathematische Inhalte interessieren, sind auch diejenigen mit den guten Leistungen.

Zwischen der zum ersten Messzeitpunkt erhobenen „Freiwilligkeit" und den Mathematikleistungen lassen sich mit $r = 0{,}315$, $p = 0{,}027$ (MZP 1) und $r = 0{,}514$, $p < 0{,}001$ (MZP 3) Zusammenhänge feststellen. Diejenigen, die „von Anfang an" eher freiwillig Mathematik studieren, haben also die besseren Vorleistungen und gehören auch nach dem ersten Studienjahr zu den besseren Studierenden. Zum zweiten Messzeitpunkt hängt die Leistung – vermutlich durch die erst kurz zurückliegende Veranstaltung und im Hinblick auf die kurz bevorstehende Klausur – nicht signifikant mit der Freiwilligkeit zusammen.

Mit linearen Regressionen wollen wir nun die Wirkung der verschiedenen Einstellungen auf die abhängigen Variablen „Leistung im Nachtest" bzw. „Leistung im Follow-Up-Test" feststellen. Als unabhängige Variable(n) wählen wir zunächst die zuvor erbrachte(n) Leistung(en), d. h. für den Nachtest geht die Vortestleistung ein, für den Follow-Up-Test werden Vortest- und Nachtestleistung als Wirkungsfaktoren berücksichtig. Außerdem werden die jeweiligen Einstellungsmerkmale als unabhängige Variablen angenommen, die zum Messzeitpunkt 2, also nach dem Fachsemester, angegeben wurden. Die Daten des Messzeitpunkts 1 drücken gewisse Erwartungen an das Studium aus und wären insofern auch mögliche Einflussfaktoren. Wir möchten uns aber auf die Erhebung im Messzeitpunkt 2 konzentrieren, da die Studierenden hier ihre Einschätzungen in Bezug auf das real erlebte Mathematikstudium angeben, was wir als stichhaltiger einstufen als die zuvor vorhandenen Vermutungen.

Als stärkster Prädiktor für die Nachtestleistung sowie für die Follow-Up-Testleistung erweist sich die Mathematikleistung im Vortest, die gewissermaßen die Eingangsvor-

Tab. 4.5 Ergebnisse linearer Regressionen zu Leistung und Einstellungen

	Wirkung auf Leistung im Nachtest			Wirkung auf Leistung im Follow-Up-Test		
	β	p	R^2	β	p	R^2
Ängstlichkeit (MZP 2)	−0,09	n. s.	0,25	−0,30	0,028	0,43
Vortestleistung	0,45	0,004		0,34	0,020	
Nachtestleistung	–	–	–	0,17	n. s.	
Math. Selbstkonzept (MZP 2)	−0,00	n. s.	0,24	0,33	0,014	0,44
Vortestleistung	0,49	0,002		0,31	0,035	
Nachtestleistung	–	–	–	0,20	n. s.	
Selbstwirksamkeitserwartung (MZP 2)	0,13	n. s.	0,26	0,15	n. s.	0,38
Vortestleistung	0,44	0,002		0,43	0,003	
Nachtestleistung	–	–	–	0,174	0,207	
Interesse an Mathematik (MZP 2)	0,06	n. s.	0,24	0,23	0,055	0,41
Vortestleistung	0,48	0,001		0,46	0,001	
Nachtestleistung	–	–	–	0,18	n. s.	

aussetzung der Studierenden ist. Für die Nachtestleistung können wir darüber hinaus keine Einflussfaktoren ausmachen. Auf den kurzfristigen Lernerfolg haben die individuellen Einstellungen keine Auswirkung. Für die Vorhersage der Follow-Up-Leistung lassen sich hingegen deutliche Auswirkungen der Einstellungen und Emotionen feststellen. Ängstlichkeit in Bezug auf Mathematik wirkt sich negativ auf das Wissen aus, im Gegenzug begünstigt ein positives mathematisches Selbstkonzept die Leistungsfähigkeit. Selbstwirksamkeitserwartung wirkt nicht auf die Leistung. Der Befund, dass Interesse am Fach etwa 5 % der Varianz der Leistung nach dem ersten Studienjahr erklärt, ist nur schwach signifikant (siehe Tab. 4.5).

4.6.2 Lernverhalten: Zusammenhänge und Wirkungen auf Leistung

Bezüglich der Lernstrategien konzentrieren wir uns auf die Daten des Messzeitpunkts 2, da hier das Verhalten während des Fachsemesters beschrieben wird. In Bezug auf die selbstberichteten im Semester eingesetzten Lernstrategien liegen alle Angaben im Mittel über dem theoretischen Mittelwert von 3,5, das bedeutet, alle Strategien werden eher angewendet, als dass sie nicht angewendet werden (vgl. Tab. 4.6). Da für die Lernstrategien „Organisieren“ und „Überwachen“ sowie den Besuch der Übungsgruppen in unseren Untersuchungen weder Zusammenhänge mit noch Auswirkungen auf Leistungen festgestellt werden konnten, werden diese Aspekte des Lernverhaltens nicht weiter berücksichtigt.

In der nachfolgenden Tab. 4.7 stellen wir Korrelationen dar, die sich auf das Lernverhalten während der Fachvorlesung beziehen und dieses in Zusammenhang mit den

Tab. 4.6 Skalenwerte

Skala	M	SD
Lernstrategie Elaborieren	3,99	1,00
Lernstrategie Memorisieren	4,12	1,03
Lernstrategie Organisieren	4,30	0,99
Lernstrategie Anstrengung	4,87	0,74
Lernstrategie Überwachen	3,79	0,99

jeweiligen Leistungsparametern bringen. Wir vergleichen also eine Vortestleistung (Oktober 2011) mit dem danach stattfindenden Lernverhalten, eine Nachtestleistung zum gleichen Zeitpunkt (Februar 2012) mit den hier aufgeführten Konstrukten und eine Follow-Up-Testleistung, die im Juli 2012 ca. 5 Monate nach der Angabe des Lernverhaltens erfasst wurde.

In Bezug auf Forschungsfrage 3.1 können wir anhand der vorgestellten Korrelationen die folgenden Aspekte festhalten:

- Die Studierenden mit schon guter Leistung im Vortest kommen häufig zu den Fachvorlesungen, während diejenigen, die weniger die Vorlesung besuchen, im Vortest eher zu den Schwächeren zählten. Die Nachtestleistung korreliert deutlich, aber nicht so stark wie die des Vortests mit der Anwesenheit in der Vorlesung. Im Follow-Up-Test sehen wir einen starken Zusammenhang zwischen Leistung und Vorlesungsbesuch, hier deutet sich eine gute „Langzeitwirkung" des Lernens in der bzw. durch die Vorlesung an.
- Generell zeigt sich in Bezug auf die Lernstrategie „Memorisieren" ein negativer Zusammenhang mit Leistung. Allerdings beobachten wir einen „Knick" in der Stärke der Korrelationen. Die Studierenden, die im Vortest schon zu den Schwächeren gehören, lernen im Semester besonders viel auswendig. Im Nachtest ist die Korrelation nicht signifikant, die Leistungsstarken und die Leistungsschwachen schätzen ihr Lernverhalten bezüglich Memorisation gleichermaßen hoch oder niedrig ein. Die langfristigen Zusammenhänge mit Leistung fallen stark aus: Wer im Fachsemester viel auswendig gelernt hat, gehört im Follow-Up-Test zu den Schwächeren des Jahrgangs bzw. diejenigen, die auch nach einem Semester die Inhalte noch (besser als die anderen) beherrschen, sind nicht die Auswendiglerner.

Tab. 4.7 Korrelationen von Leistung und Lernverhalten

	Vortestleistung		Nachtestleistung		Follow-Up-Testleistung	
	r	p	r	p	r	p
Lernstrategie Elaborieren	0,27	0,061	0,32	0,019	0,41	0,002
Lernstrategie Memorisieren	–0,34	0,016	–0,20	n. s.	–0,42	0,001
Lernstrategie Anstrengung	0,07	n. s.	0,17	n. s.	0,13	n. s.
Besuchte Vorlesungen	0,38	0,007	0,31	0,021	0,48	< 0,001

- Der letztgenannte Zusammenhang spiegelt sich auch bei der Lernstrategie „Elaborieren“ wieder. Ein verständnisorientiertes Lernen, das darauf ausgerichtet ist, Zusammenhänge innerhalb des Lernstoffs zu entdecken, hängt schon kurzfristig signifikant mit der erbrachten Leistung zusammen. Besonders „lohnend“ ist es aber – und wegen der zeitlichen Abfolge möchten wir hier eine Kausalität vermuten – in Bezug auf das langfristige Behalten mathematischer Inhalte und das Leistungsvermögen auch mit einem Semester zeitlichem Abstand.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 3.2 betrachten wir in Tab. 4.8 wiederum mithilfe linearer Regressionen, welche Auswirkungen das laut Selbstberichten während des Fachsemesters angewandte Lernverhalten auf die Nachtest- bzw. Follow-Up-Testleistung hat. Als unabhängige Variable werden wieder zusätzlich zum jeweiligen Lernverhalten die Vorleistungen aufgenommen.

Die höchste Erklärungskraft auf die abhängige Variable hat in allen Modellen jeweils die Vortestleistung (Varianzaufklärungsanteil β^2 liegt im Mittel bei etwa 20 %). Das verwundert nicht und fügt sich ein in die Befunde etlicher Untersuchungen, wonach das Vorwissen der beste Prädiktor für das Nachwissen ist (Prenzel et al. 2006). In Bezug auf die kurzfristige Leistung im Nachtest stellen wir zusätzlich mindestens auf 10 %-Niveau signifikant jeweils positive Wirkungen des elaborierenden Lernens ($\beta^2 = 5{,}2$ %) sowie der Lernstrategie „Anstrengung“ ($\beta^2 = 7{,}6$ %) fest. Auf das längerfristig vorhandene Wissen wirkt sich stark die Anwesenheit in den Vorlesungen aus ($\beta^2 = 11{,}6$ %). In Bezug auf die Lernstrategien wird der bereits bei den Korrelationen gewonnene Eindruck bestätigt: Während das Elaborieren, mit etwa gleicher Varianzaufklärung wie bei der Nachtestleistung, positiv Einfluss auf die Follow-Up-Testleistung nimmt ($\beta^2 = 6{,}5$ %), bringt das

Tab. 4.8 Ergebnisse linearer Regressionen zu Leistung und Lernverhalten

	Wirkung auf Leistung im Nachtest			Wirkung auf Leistung im Follow-Up-Test		
	β	p	R^2	β	p	R^2
Elaborieren (MZP 2)	0,23	0,078	0,29	0,25	0,043	0,42
Vortestleistung	0,43	0,002		0,45	0,001	
Nachtestleistung	–	–	–	0,12	n. s.	
Memorisieren (MZP 2)	−0,05	n. s.	0,24	−0,27	0,031	0,43
Vortestleistung	0,47	0,001		0,40	0,005	
Nachtestleistung	–	–	–	0,18	0,168	
Anstrengung (MZP 2)	0,28	0,029	0,32	0,07	0,584	0,37
Vortestleistung	0,47	< 0,001		0,48	0,001	
Nachtestleistung	–	–	–	0,18	0,193	
Besuchte Vorlesungen	0,16	n. s.	0,26	0,34	0,007	0,46
Vortestleistung	0,43	0,003		0,38	0,006	
Nachtestleistung	–	–	–	0,14	n. s.	

Memorisieren nicht nur keine Vorteile, es lässt sich sogar eine negative Wirkung attestieren ($\beta^2 = 7{,}2\,\%$).

Ein gemeinsames Modell (multiple lineare Regression) der oben aufgeführten Konstrukte (inkl. Berücksichtigung der Vorleistung(en)) liefert mit $R^2 = 0{,}364$ für die Nachtestleistung keine nennenswert höhere Varianzaufklärung als die jeweiligen Einzelbetrachtungen. Für die Follow-Up-Testleistung erklären die Konstrukte gemeinsam $R^2 = 0{,}549$. Als signifikante Faktoren treten hier neben der Vortestleistung insbesondere das Memorisieren ($\beta^2 = 9{,}1\,\%$, $p = 0{,}035$) mit negativem Einfluss und die Teilnahme an den Vorlesungen ($\beta^2 = 11{,}4\,\%$, $p = 0{,}006$) mit positivem Einfluss in den Vordergrund.

4.7 Zusammenfassung und Ausblick

Das KLIMAGS-Projekt der Universitäten Kassel, Paderborn und Lüneburg beforscht in einem über mehrere Jahre angelegten Forschungsdesign das Lehren und Lernen an der Universität im Bereich der Mathematikausbildung für Primarstufenlehrpersonen. Im Projekt wurde ein klientelspezifisches Instrument zur Messung der Mathematikleistung auf der inhaltlichen und auf der prozessbezogenen Ebene entwickelt. In einem ersten Studierendenjahrgang wurden in Kassel und Paderborn längsschnittliche Daten (drei Messzeitpunkte über zwei Semester, vollständige Daten von $N = 49$ Testpersonen) zu u. a. Leistungen, Einstellungen und Lernstrategien erhoben, die im vorliegenden Beitrag dargelegt wurden. Der Beitrag beleuchtet eines der globalen Interessengebiete des Projekts, nämlich wie sich die Mathematikleistung am Studienbeginn entwickelt und wie sie mit Einstellungen sowie Lernstrategien zusammenhängt bzw. welche Einflüsse zwischen ihnen bestehen.

Einschränkend möchten wir darauf hinweisen, dass die Stichprobengröße mit $N = 49$ recht klein ist. Das kann dazu führen, dass Befunde für Korrelations- oder Regressionskoeffizienten nicht signifikant werden und schränkt in der Verlängerung dieses Gedankens die Bandbreite der sinnvoll anzuwendenden Verfahren ein. Wechselwirkungen und Mediationsprozesse zwischen den Variablen (z. B. könnte Selbstwirksamkeitserwartung auf Lernstrategien und dann Lernstrategien auf Leistung wirken) können wir mit den gewählten Verfahren nicht überprüfen. Bei einer größeren Stichprobe bestünde die Möglichkeit, z. B. mit Pfadmodellen nachzufassen. Auf diese Weise könnten die gefundenen plausiblen und zu anderen Untersuchungen passenden Ergebnisse abgesichert und weitergeführt werden. Im Folgenden werden die in Abschn. 4.6 dargelegten zentralen Befunde noch einmal kurz zusammengefasst:

Studierende steigern ihr Wissen im Verlauf eines Semesters bzgl. der präsentierten Vorlesungsinhalte mit sehr hoher Effektstärke, leider ist der Leistungsrückgang im Folgesemester ebenfalls recht hoch (erste Forschungsfrage). Trotz dieses Abfallens der Leistungswerte „nach der Klausur“ sind die langfristigen Lerneffekte signifikant.

Wenn Studierende entscheiden dürften, ob sie Mathematik als Fach studieren möchten, würde weit mehr als die Hälfte dieses Studienfach nicht wählen. Diejenigen, die eher freiwillig Mathematik studieren, haben die besseren Vorleistungen und gehören nach einem Jahr zu den Leistungsstärkeren. Für den kurzfristigen Lernerfolg zum Klausurzeitpunkt am Ende des Fachsemesters spielt die Freiwilligkeit aber keine direkte Rolle.

Im Bereich der mathematikbezogenen Einstellungen finden wir negative Korrelationen zwischen Ängstlichkeit und Leistung sowie positive Korrelationen von Leistung mit mathematischem Selbstkonzept, Selbstwirksamkeitserwartung und Interesse (Forschungsfrage 2.1). Die Zusammenhänge sind zum Studienbeginn noch diffus und kristallisieren sich erst im Verlauf des Studiums deutlich heraus, erst zum dritten MZP werden alle Korrelationen signifikant. Besonders stark sind die Zusammenhänge der Leistungen mit Ängstlichkeit und mathematischem Selbstkonzept. Genau für diese Konstrukte konnten wir, zumindest für den Follow-Up-Test, mithilfe linearer Regressionen unter Kontrolle der Vorleistungen auch kausale Einflüsse (je mit einer Aufklärung von etwa 10 % der Varianz der Follow-Up-Leistung) der jeweiligen Einstellung auf die Leistung nachweisen (Forschungsfrage 2.2). Daraus lässt sich für Lehrveranstaltungen neben allen inhaltlichen Erwägungen auch als Ziel ableiten, dass versucht werden sollte, Ängstlichkeit gegenüber der Mathematik abzubauen und das mathematische Selbstkonzept der Studierenden zu stärken. Wie genau so etwas geschehen kann, können wir an dieser Stelle nicht klären. Bekannt ist, dass zur Genese der kognitiven Komponente („ich bin gut in Mathematik") des Selbstkonzepts letztlich Leistungsvergleiche auf verschiedenen, insbesondere bezüglich sozialen, Bezugsnormen herangezogen werden (Möller und Trautwein 2009), sodass es schwierig werden dürfte, alle Studierenden eines Jahrgangs entsprechend zu unterstützen. Die affektive Komponente („ich mag Mathematik") lässt sich u. a. mithilfe von Erfolgserlebnissen fördern (Pekrun et al. 2002). Wie diese für verschiedene Klientele beschaffen sein und wie sie erreicht werden können, wird in neueren Studien vorgeschlagen, muss aber weiter untersucht werden (Buff 2014).

Im Bereich des Lernverhaltens finden wir Resultate, die sich recht nahtlos an die u. a. von Rach und Heinze (2013) geforderte Orientierung hin zu Lernformen mit höherem Elaborationsgrad anschließen. Auf einer Zusammenhangsebene (Forschungsfrage 3.1) ergeben sich in Bezug auf das kurzfristige Lernergebnis (Abfrage des im Semester praktizierten Lernverhaltens und Leistungsmessung am Semesterende) mittlere positive Korrelationen zwischen Leistung und Elaborieren sowie zur Anzahl der besuchten Vorlesungen. In Bezug auf das langfristige Lernergebnis (im Semester praktiziertes Lernverhalten und Leistungsmessung ein Semester später) werden diese Befunde deutlich stärker; Elaborieren und die Anwesenheit in der Vorlesung weisen starke Korrelationen zur Follow-Up-Testleistung auf. Ebenfalls signifikant wird nun ein mittlerer negativer Zusammenhang zwischen memorisierendem Lernen mit der langfristigen Lernleistung. Auf der Wirkungsebene (Forschungsfrage 3.2) finden wir leicht unterschiedliche Ergebnisse für den kurzfristigen Lernerfolg einerseits und den langfristigen Lernerfolg andererseits: Direkt auf die (Nachtest-)Leistung wirken sich die Lernstrategien „Elaborieren" und „Anstrengen" aus, d. h. verständnisorientiertes Lernen und die Bereitschaft, sich mit umfangreicheren und schwierigeren Inhalten auseinanderzusetzen, begünstigen die Leistung am Semesterende. Langfristig verliert die Anstrengung ihren Einfluss, auf die Follow-Up-Leistung zeigt sie keine Wirkung mehr. Noch stärker als in der kurzfristigen Betrachtung wirkt sich nun das Elaborieren aus und die Anwesenheit in der Vorlesung zeigt ebenfalls signifikante positive Einflüsse auf die spätere Leistung. Für das kurzfristige Lernergebnis noch ohne Einfluss, erweist sich das Memorisieren für die Follow-Up-Testleistung als negativer Einflussfaktor: Wer im Fachsemester vieles auswendig lernt, kann zwar kurzfristig die Leistung abrufen, langfristig bleibt aber recht wenig davon bestehen. Gewiss sind für die sichere Beherrschung von Operationen und Verfahren Übungen mit dem Ziel der Automatisierung unabdingbar. Es hat sich aber gezeigt, dass ein reines Auswendiglernen der Algorithmen nicht langfristig zu mathematischer Kompetenz führt. Auch beim Lernen und Automatisieren von Rechenverfahren bedarf es also offenbar eines gewissen Verständnisses dessen, was man tut, mit welchem Ziel man es tut und warum man es tun darf.

Neben den Vorteilen für das eigene Lernen ist das Aneignen von Lernstrategien insbesondere für Studierende des Lehramts wichtig, da sie diese im späteren Beruf an die Schüler weitervermitteln sollen (Sarasin 1995). Die Vermittlung von Lernstrategien erweist sich als schwierig (für Grundschullehrpersonen siehe z. B. Strobel und Faust 2006), grundsätzlich können sie aber durchaus erlernt werden. Renkl (2009) gibt eine Übersicht von Anforderungen und Gelingensfaktoren eines Lernstrategietrainings. Dabei nennt er das Aufzeigen der Unzulänglichkeiten bisheriger Strategien, kognitives Modeling (Vormachen) der neuen Strategien, Metakognition über Sinn, Grenzen und Möglichkeiten der neuen Strategien, Üben in einfachen (zum Erwerb) und schwierigen (zur Festigung) Kontexten sowie die Längerfristigkeit der Intervention. Alle diese Aspekte sind in der Universität grundsätzlich realisierbar, erfordern allerdings erstens ein hohes Maß an Zusammenarbeit zwischen Dozentinnen und Dozenten verschiedener Veranstaltungen, auch mit den zugehörigen Tutorinnen und Tutoren und damit sicherlich einen gewissen Mehraufwand sowie zweitens Zeiträume im Rahmen der Lehrveranstaltungen.

Die dargelegten Befunde sprechen deutlich dafür, dass im Hinblick auf die Leistung der Studierenden, insbesondere langfristig, verständnisorientiertes und möglichst „angstfreies" Lernen stattfinden sollte. Vor dem Hintergrund, dass viele der Studierenden im Grundschullehramt Mathematik nur zwangsweise studieren und dieses Fach nicht freiwillig wählen würden, stellt das die Lehrenden vor eine besondere Herausforderung. Soll die Vermittlung der Inhalte möglichst effektiv und nachhaltig sein, muss über Möglichkeiten nachgedacht werden, im Rahmen der Veranstaltungen an den Einstellungen gegenüber der Mathematik (Abbau von Ängsten, Stärkung des Selbstkonzepts) zu arbeiten und effiziente Lernstrategien auf- bzw. auszubauen.

Literatur

Arbor, A. (2008). Learning Mathematics for Teaching. Mathematical Knowledge for Teaching (MKT) Measures. Mathematics released Items 2008. University of Michigan. http://www.umich.edu/~lmtweb/files/lmt_sample_items.pdf. Zugegriffen: 25. Jan. 2018.

Artelt, C. (1999). Lernstrategien und Lernerfolg – Eine handlungsnahe Studie. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *31*(2), 86–96.

Artelt, C. (2006). Lernstrategien in der Schule. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 337–351). Göttingen: Hogrefe.

Bausch, I., Biehler, R., Bruder, R., Fischer, P. R., Hochmuth, R., Koepf, W., Schreiber, S., & Wassong, T. (Hrsg.). (2014). *Mathematische Vor- und Brückenkurse: Konzepte, Probleme und Perspektiven*. Wiesbaden: Springer.

Blömeke, S., Kaiser, G., & Lehmann, R. (Hrsg.). (2010a). *TEDS-M 2008: Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Primarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.

Blömeke, S., Kaiser, G., & Lehmann, R. (Hrsg.). (2010b). *TEDS-M 2008: Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Mathematiklehrkräfte für die Sekundarstufe I im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.

Blömeke, S., Kaiser, G., Döhrmann, M., Suhl, U., & Lehmann, R. (2010c). Mathematisches und mathematikdidaktisches Wissen angehender Primarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich. In S. Blömeke, G. Kaiser & R. Lehmann (Hrsg.), *TEDS-M 2008: Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Primarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich* (S. 195–251). Münster: Waxmann.

Blum, W., Drüke-Noe, C., Hartung, R., & Köller, O. (2006). *Bildungsstandards Mathematik: konkret. Sekundarstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichtsanregungen, Fortbildungsideen*. Berlin: Cornelsen Scriptor.

Bromme, R. (1992). *Der Lehrer als Experte: Zur Psychologie professionellen Wissens*. Bern: Huber.

Buff, A. (2014). Enjoyment of learning and its personal antecedents: testing the change-change assumption of the control-value theory of achievement emotions. *Learning and Individual Differences*, *31*, 21–29.

DMV, GDM, & MNU (2008). Standards für die Lehrerbildung im Fach Mathematik. *Mitteilungen der DMV*, *16*, 149–159.

Döhrmann, M. (2012). TEDS-M 2008: Qualitative Unterschiede im mathematischen Wissen angehender Primarstufenlehrkräfte. In W. Blum, R. Borromeo Ferri & K. Maaß (Hrsg.), *Mathematikunterricht im Kontext von Realität, Kultur und Lehrerprofessionalität. Festschrift für Gabriele Kaiser* (S. 230–237). Wiesbaden: Springer Spektrum.

Eilerts, K. (2009). *Kompetenzorientierung in der Mathematik-Lehrerausbildung: empirische Untersuchungen zu ihrer Implementierung*. Paderborner Beiträge zur Lehrerbildung, Bd. 14. Zürich: LIT.

Friedrich, H. F., & Mandl, H. (1992). Lern- und Denkstrategien – ein Problemaufriss. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Lern- und Denkstrategien – Analyse und Intervention* (S. 3–54). Göttingen: Hogrefe.

Götz, T., Pekrun, R., Zirngibl, A., Jullien, S., Kleine, M., vom Hofe, R., & Blum, W. (2004). Leistung und emotionales Erleben im Fach Mathematik. Längsschnittliche Mehrebenenanalysen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *18*(3/4), 201–212.

Haase, J., Kolter, J., Bender, P., Biehler, R., Blum, W., Hochmuth, R., & Schukajlow, S. (2015). Das KLIMAGS-Projekt – Evaluation fachmathematischer Vorlesungen im Lehramtsstudium Mathematik Grundschule. In A. Hoppenbrock, R. Biehler, R. Hochmuth & H. G. Rück (Hrsg.), *Lehren und Lernen von Mathematik in der Studieneinganssphase* (S. 531–547). Wiesbaden: Springer.

Hattie, J. (2008). *Visible learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge.

Hoffmann, L., Häußler, P., & Peters-Haft, S. (1997). *An den Interessen von Jungen und Mädchen orientierte Physikunterricht*. Kiel: IPN.

KMK (2004). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss.* Beschluss vom 04.12.2003. http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2003/2003_12_04-Bildungsstandards-Mathe-Mittleren-SA.pdf. Zugegriffen: 31. Mai 2017.

KMK (2005a). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Hauptschulabschluss.* Beschluss vom 15.10.2004. http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_10_15-Bildungsstandards-Mathe-Haupt.pdf. Zugegriffen: 31. Mai 2017.

KMK (2005b). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich.* Beschluss vom 15.10.2004. http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_10_15-Bildungsstandards-Mathe-Primar.pdf. Zugegriffen: 31. Mai 2017.

KMK (2012). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife*. Beschluss vom 18.10.2012. http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2012/2012_10_18-Bildungsstandards-Mathe-Abi.pdf. Zugegriffen: 31. Mai 2017.

Köller, O., Trautwein, U., Lüdtke, O., & Baumert, J. (2006). Zum Zusammenspiel von schulischer Leistung, Selbstkonzept und Interesse in der gymnasialen Oberstufe. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *20*(1/2), 27–39.

Kolter, J., Liebendörfer, M., & Schukajlow, S. (2015). Mathe nein Danke? Interesse im und am Mathematikstudium von Grundschullehramtsstudierenden mit Pflichtfach. In A. Hoppenbrock, R. Biehler, R. Hochmuth & H. G. Rück (Hrsg.), *Lehren und Lernen von Mathematik in der Studieneingansphase* (S. 567–583). Wiesbaden: Springer.

Krämer, J., & Bender, P. (2013). Welche Fehler machen, welche Schwierigkeiten haben und welche Ideen entwickeln Studierende des Grundschullehramts beim Bearbeiten eines Arithmetik-Leistungstests? Oder: Was kodierte Nullen und Einsen nicht verraten. In G. Greefrath, F. Käpnick & M. Stein (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2013* (S. 552–555). Münster: WTM.

Krapp, A. (1992). Das Interessekonstrukt – Bestimmungsmerkmale der Interessehandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung* (S. 297–329). Münster: Aschendorff.

Krapp, A. (1993). Lernstrategien: Konzepte, Methoden und Befunde. *Unterrichtswissenschaft*, *21*(4), 291–311.

Krawitz, J., Achmetli, K., Kolter, J., Blum, W., Bender, P., Biehler, R., Haase, J., Hochmuth, R., & Schukajlow, S. (2014). Verbesserte Lehre für Grundschullehramtsstudierende – Ergebnisse aus dem KLIMAGS-Projekt. In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2014* (S. 659–662). Münster: WTM.

Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., & Neubrand, M. (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann.

Ma, X. (1999). A meta-analysis of the relationship between anxiety toward mathematics and achievement in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, *30*, 520–540.

Möller, J., & Trautwein, U. (2009). Selbstkonzept. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 179–204). Heidelberg: Springer.

Niss, M. (2003). Mathematical competencies and the learning of mathematics: the Danish KOM project. In A. Gagatsis & S. Papastravridis (Hrsg.), *3rd mediterranean conference on mathematical education* (S. 115–124). Athen: The Hellenic Mathematical Society.

OECD (2013). *PISA 2012 assessment and analytical framework. Mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy*. Paris: OECD-Publishing.

Pekrun, R., Götz, T., Titz, W., & Perry, R. P. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: a program of qualitative and quantitative research. *Educational Psychologist*, *37*(2), 91–105.

Pekrun, R., Götz, T., vom Hofe, R., Blum, W., Jullien, S., Zirngibl, A., Kleine, M., Wartha, S., & Jordan, A. (2004). Emotionen und Leistungen im Fach Mathematik: Ziele und erste Befunde aus dem „Projekt zur Analyse der Leistungsentwicklung in Mathematik" (PALMA). In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. Münster: Waxmann.

Prediger, S. (2013). Unterrichtsmomente als explizite Lernanlässe in fachinhaltlichen Veranstaltungen. In C. Ableitinger, J. Kramer & S. Prediger (Hrsg.), *Zur doppelten Diskontinuität in der Gymnasiallehrerausbildung* (S. 151–168). Wiesbaden: Springer.

Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M., Pekrun, R., Rost, J., & Schiefele, U. (Hrsg.). (2006). *PISA 2003: Untersuchungen zur Kompetenzentwicklung im Verlauf eines Schuljahres*. Münster: Waxmann.

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.

Renkl, A. (2009). Lehren und Lernen. In R. Tippelt & B. Schmidt (Hrsg.), *Handbuch Bildungsforschung* (S. 737–752). Wiesbaden: VS.

Rheinberg, F., & Wendland, M. (2000). *Potsdamer-Motivations-Inventar für das Fach Mathematik (PMI-M)*. Potsdam: Universität Potsdam, Institut für Psychologie.

Sarasin, S. (1995). *Das Lernen und Lehren von Lernstrategien*. Hamburg: Kovac.

Schiefele, U., Streblow, L., Ermgassen, U., & Moschner, B. (2003). Lernmotivation und Lernstrategien als Bedingungen der Studienleistung: Ergebnisse einer Längsschnittstudie. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *17*(3/4), 185–198.

Schukajlow, S., & Krug, A. (2014). Are interest and enjoyment important for students' performance? In C. Nicol, S. Oesterle, P. Liljedahl & D. Allan (Hrsg.), *Proceedings of the Joint Meeting of PME 38 and PME-NA 36* (Bd. 5, S. 129–136). Vancouver: PME.

Schukajlow, S., & Leiss, D. (2011). Selbstberichtete Strategienutzung und mathematische Modellierungskompetenz. *Journal für Mathematik-Didaktik*, *32*(1), 53–77.

Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (Hrsg.). (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.

Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. In M. Jerusalem & D. Hopf (Hrsg.), *Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungssituationen*. Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft 44. (S. 28–53). Weinheim: Beltz.

Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, *15*(2), 4–14.

Strobel, N., & Faust, G. (2006). Lernstrategien im Lehramtsstudium. In J. Seifried & J. Abel (Hrsg.), *Empirische Lehrerbildungsforschung* (S. 11–28). Münster: Waxmann.

Vogel, R. (2001). *Lernstrategien in Mathematik. Eine empirische Untersuchung mit Lehramtsstudierenden*. Hildesheim: Franzbecker.

Walther, G., van den Heuvel-Panhuizen, M., Granzer, D., & Köller, O. (2008). *Bildungsstandards für die Grundschule: Mathematik konkret*. Berlin: Cornelsen Scriptor.

Wild, K.-P., & Schiefele, U. (2004). Lernstrategien im Studium: Ergebnisse zur Faktorenstruktur und Reliabilität eines neuen Fragebogens. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, *15*(4), 185–200.

Zimmermann, B. J. (2000). Self-efficacy: an essential motive to learn. *Contemporary Educational Psychology*, *25*, 82–91.