J Math Didakt (2021) 42:335–365
https://doi.org/10.1007/s13138-020-00176-x

ORIGINALARBEIT/ORIGINAL ARTICLE

Entwicklung eines fachspezifischen Kenntnistests zur Erfassung mathematischen Vorwissens von Bewerberinnen und Bewerbern auf ein Mathematik-Lehramtsstudium

Michael Besser · Robin Göller · Timo Ehmke · Dominik Leiss · Maike Hagena

Eingegangen: 22. November 2018 / Angenommen: 13. Oktober 2020 / Online publiziert: 6. November 2020

Zusammenfassung Ausgehend von der Tatsache, dass viele Universitäten bei steigender Zahl an Bewerberinnen und Bewerbern die „richtigen Studierenden" für ein Lehramtsstudium auswählen müssen und dass diese Auswahl laut einem Urteil des Bundesverfassungsgerichts vom Dezember 2017 nicht allein auf der Hochschulzugangsberechtigungsnote basieren darf, werden belastbare Instrumente zur Unterstützung universitärer Auswahlprozesse benötigt. Mit Blick auf den späteren Studienerfolg besitzen dabei vor allem fachspezifische Kenntnistests eine gute prognostische Validität, für Lehrkräfte gilt Fachwissen hierüber hinaus sogar als Prädiktor für Berufserfolg. Neben symbolischem, formalem und technischem (deklarativem wie prozeduralem) Vorwissen zu mathematischen Inhalten (vor allem der Sekundarstufe I), das in den meisten zu Studienbeginn eingesetzten mathematikspezifischen Kenntnistests operationalisiert wird, wird von Hochschullehrenden jedoch auch Vorwissen in Form prozessbezogener Fähigkeiten im Argumentieren und Beweisen, Problemlösen, Modellieren und Kommunizieren als wesentliche Voraussetzungen für ein erfolgreiches Studium angesehen. Ein empirisch erprobtes Instrument, das derartiges Vorwissen systematisch erfasst und das zur Auswahl von Bewerberinnen und Bewerbern auf ein Mathematik-Lehramtsstudium herangezogen werden kann, liegt jedoch nicht vor. Im Beitrag wird daher die Entwicklung eines fachspezifischen Kenntnistests, der inhalts- und prozessbezogenes mathematisches Vorwissen der Se-

M. Besser (✉) · R. Göller · D. Leiss
Institut für Mathematik und ihre Didaktik, Leuphana Universität Lüneburg,
Universitätsallee 1, 21335 Lüneburg, Deutschland
E-Mail: besser@leuphana.de

T. Ehmke
Institut für Bildungswissenschaft, Leuphana Universität Lüneburg,
Universitätsallee 1, 21335 Lüneburg, Deutschland

M. Hagena
Institut für Mathematik, Universität Osnabrück, Albrechtstraße 28a, 49076 Osnabrück, Deutschland

kundarstufe I operationalisiert, empirisch diskutiert. Zentrale Ergebnisse sind: Schulbezogenes mathematisches Vorwissen zu Inhalten der Sekundarstufe I kann in dieser Breite über hochgradig objektiv auswertbare Aufgaben im Multiple-Choice-Format mittels eines klassischen Paper-Pencil-Tests auch bei Probandinnen und Probanden mit vorhandener Hochschulzugangsberechtigung reliabel und valide erfasst werden. Ein solcher mathematikspezifischer Kenntnistest liefert differenzierte Informationen über mathematisches Wissen, das kaum durch Schulnoten oder allgemeine kognitive Fähigkeiten erfasst wird. Der mathematikspezifische Kenntnistest bietet hierdurch eine ergänzende Grundlage für Zulassungsentscheidungen und hochschuldidaktische Lehrentwicklung.

Schlüsselwörter Auswahlverfahren · Fachwissen · Lehramtsstudium · Testinstrument

Development of a Test Instrument to Assess Mathematical Knowledge of Applicants for a Mathematics Teacher Training Program

Abstract In line with the fact that many universities have to select the "right students" for a teacher training program as the number of student applicants increases and that, according to a ruling by the German Federal Constitutional Court in December 2017, this selection must not be based solely on the university entrance qualification grade, reliable instruments are needed to support university selection processes. With regard to later academic success, subject-specific knowledge tests have a particularly good prognostic validity; for teachers, subject-specific content knowledge is even considered a predictor of professional success. In addition to symbolic, formal and technical (declarative and procedural) knowledge about mathematical content (particularly of lower secondary level), which is predominantly operationalized in most of the mathematics specific tests used at the beginning of study, university lecturers also consider knowledge about process-related skills in arguing and proving, problem solving, modelling and communicating to be essential prerequisites for successful studies. However, there is no empirically proven instrument for the selection of applicants for a mathematics teacher training program that systematically assesses this prior knowledge. The paper therefore discusses the development of a test instrument that operationalizes content- and process-related mathematical prior knowledge for lower secondary level. Key results are: School-related mathematical prior content knowledge of test persons with high school diploma can be reliably and validly assessed in this breadth using tasks in multiple-choice format (being highly objective) as part of a classical paper-pencil test. Such a mathematics test provides differentiated information about content knowledge, which is only rarely explained by school grades or general cognitive abilities. The mathematics test provides a complementary basis for admission decisions and didactical developments of university courses.

Keywords selection process · content knowledge · teacher training course · test instrument

Ausgehend von einer steigenden Anzahl an Schulabgängerinnen und -abgängern in Deutschland, die eine Hochschulzugangsberechtigung vorweisen können (Statistisches Bundesamt 2018), sehen sich viele Hochschulen mit der Herausforderung konfrontiert, dass die Anzahl der Studienbewerberinnen und -bewerber die Anzahl der freien Studienplätze bei weitem übersteigt. Hochschulen müssen daher vor Studienbeginn im Rahmen von Auswahlverfahren über Eignung und Zulassung der Studienbewerberinnen und -bewerber entscheiden (Konegen-Grenier 2018). Ziel universitärer Auswahlverfahren ist es dabei, diejenigen Personen für einen Studienplatz auszuwählen, die „am besten" für diesen geeignet sind. „Am besten" darf dabei nach einem Urteil des Bundesverfassungsgerichts vom Dezember 2017 jedoch nicht allein über die Hochschulzugangsberechtigungsnote definiert werden. Da neben institutionellen Rahmenbedingungen (Kleickmann und Anders 2013) insbesondere das individuelle Vorwissen die Entwicklung mathematischen Fachwissens von (angehenden) Lehrkräften bedingt (Kolter et al. 2018; Rach und Ufer 2020) und da so genannte „Studienfachbezogene Kenntnistests[1]" – die derartiges Fachwissen erfassen – nachweislich eine prognostische Validität für Studienerfolg besitzen sowie eine hohe Akzeptanz bei Bewerberinnen und Bewerbern auf ein Studium vorweisen (Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft 2005), stellt die Erfassung mathematischen Vorwissens[2] von Bewerberinnen und Bewerbern auf ein Mathematik-Lehramtsstudium ein mögliches, zusätzliches Auswahlinstrument für Universitäten dar. Im vorliegenden Beitrag sollen die Entwicklung und Güte eines solchen Testinstruments (sowie hiermit einhergehend Erkenntnisse bzgl. des Einsatzes dieses Tests in einem universitären Auswahlverfahren) vorgestellt und diskutiert werden. Hierzu werden zunächst (Abschn. 1) theoretische Vorüberlegungen zu universitären Auswahlverfahren sowie zu mathematischem (Vor-)Wissen von (angehenden) Mathematik-Lehrkräften aufgezeigt und die sich aus diesen theoretischen Überlegungen ergebenden (Abschn. 2) Forschungsfragen explizit benannt. Hierauf aufbauend erfolgt (Abschn. 3) eine detaillierte Beschreibung des methodischen Vorgehens bei der Testentwicklung. Es schließt sich die (Abschn. 4) Darlegung zentraler Ergebnisse zur Beantwortung der Forschungsfragen an. Der Beitrag endet (Abschn. 5) mit einer kritischen Diskussion inklusive der Benennung von Limitationen und Implikationen für weiterführende Arbeiten.

[1] Bei Testverfahren zur Auswahl von Studienbewerberinnen und -bewerbern wird in der Literatur zwischen „Kenntnistests" und „Studierfähigkeitstests" unterschieden (vgl. Deidesheimer Kreis 1997; Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft 2005). Kenntnistests zielen dabei auf die Messung allgemeinen oder fachspezifischen Wissens ab, Studierfähigkeitstests versuchen hingegen, kognitive Fähigkeiten möglichst unabhängig von konkretem Wissen zu erfassen.

[2] Unter mathematischem (Vor-)Wissen verstehen wir dabei hier und im Folgenden das mathematikspezifische deklarative und prozedurale Wissen von (angehenden) Studierenden zu bzw. vor Studienbeginn. Wir sprechen hier (trotz aller theoretische Unschärfe) an dieser Stelle von „(Vor-)Wissen", da dieser Begriff in der wissenschaftlichen Diskussion sowohl um Studieneingangsvoraussetzungen (Vorwissen) also auch um die Professionalität von Lehrkräften (Professionswissen) verwendet wird. Auch in diesen beiden Wissenschaftsdomänen wird dabei mit „Wissen" – genau wie in diesem Beitrag – jedoch keineswegs allein reines Faktenwissen verstanden.

1 Theorie

1.1 (Mathematisches) Fachwissen als Eignungskriterium in universitären Auswahlverfahren

Bereits im Jahr 1972 hat das Bundesverfassungsgericht in einem Grundsatzurteil entschieden, dass aus dem im Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland verankerten Recht auf freie Berufswahl generell auch ein allgemeines Recht auf Zulassung zum Studium folgt. Zwar impliziert diese Rechtsprechung nicht, dass allen Bewerberinnen und Bewerbern auf einen Studienplatz auch das Recht auf Zuteilung eines solchen zukommt, allerdings verpflichtet das Urteil die Universitäten, vorhandene Studienplatzkapazitäten auszuschöpfen und die Bewerberinnen und Bewerber nach „sachgerechten Kriterien" auszuwählen (Schuler und Hell 2008). Unter derartigen „sachgerechte Kriterien" dürfen Universitäten dabei nach einem erneuten Urteil des Bundesverfassungsgerichts vom Dezember 2017 nicht allein die Hochschulzugangsberechtigungsnote (im Folgenden HZB-Note) verstehen. Vielmehr müssen weitere Kriterien bei der Auswahl zur Zulassung herangezogen werden, die die zu erwartenden Anforderungen an einen Studiengang abbilden und die dementsprechend als Indikatoren für die Beschreibung der Eignung von Bewerberinnen und Bewerbern anzusehen sind. Wie aber könnten derartige Kriterien aussehen? Was bedeutet „Eignung" mit Blick auf ein angestrebtes Lehramtsstudium? Mayr definiert die Eignung von Studienplatzinteressierten als „das Vorliegen jener Dispositionen und Kompetenzen, die es erwarten lassen, dass die Personen die Lehrerausbildung erfolgreich durchlaufen und auf Grundlage dieser Ausbildung den Lehrerberuf über längere Zeit kompetent und berufszufrieden ausüben und sich kontinuierlich im Beruf weiterentwickeln werden" (Mayr 2012, S. 39). Eignung bedeutet entsprechend dieser Definition – auch auf Grund des besonderen Charakters eines Lehramtsstudiums, das wie nur wenige andere direkt auf einen spezifischen Beruf vorbereitet – beinahe zwangsläufig „mehr als Studieneignung" (Mayr 2012, S. 39). Entsprechend gilt es, Eignung für ein Lehramtsstudium in universitären Auswahlverfahren sowohl über Prädiktoren für Studienerfolg als auch zusätzlich über Indikatoren für Berufserfolg zu erheben.

Studienerfolg wird dabei empirisch häufig über Zwischen- und Abschlussnoten operationalisiert (Berthold et al. 2015). Für den so gemessenen Studienerfolg ist fächerübergreifend die HZB-Note in vielen Studien einer der besten Prädiktoren (Heine et al. 2006; Robbins et al. 2004; Trapmann et al. 2007). Eine noch höhere oder mindestens ähnlich hohe prädiktive Validität (und auch inkrementelle Validität zusätzlich zur HZB-Note) kann jedoch ebenso über so genannte studienfachbezogene Kenntnistests – welche explizit fachspezifisches Vorwissen und nicht allgemeine Intelligenz erheben – erzielt werden (Hell et al. 2007; Schult et al. 2019; Tarazona 2006). Dies gilt insbesondere für mathematikspezifische Kenntnistests, die sich oft als sehr gute Prädiktoren für Studienerfolg sowohl im Mathematik(-Lehramts-)Studium (Hailikari et al. 2008; Kolter et al. 2018; Pustelnik 2018; Rach und Heinze 2017; Rach und Ufer 2020) als auch in verwandten Studiengängen mit hohem Mathematikanteil erweisen (Buschhüter et al. 2017; Greefrath et al. 2017; Laging und Voßkamp 2017; Müller et al. 2018). Hierüber hinaus bringt der Einsatz solcher Kenntnistests weitere Vorteile mit sich: Empirische Erkenntnisse über das mathematische Vorwissen von Studierenden zu Studienbeginn sind – neben einem Rückgriff auf diese in universitären Auswahlverfahren – auch für die Ausgestaltung von Lehrveranstaltungen von theoretischem und praktischem Interesse. Aufgrund des an Universitäten hochgradig kumulativen Aufbaus mathematischen Fachwissens und seiner deduktiven Begründung auf festgelegten Voraussetzungen bzw. Axiomen (z. B. Fischer et al. 2009; Hefendehl-Hebeker 2016) ist eine Klärung der fachlichen Voraussetzungen von Studienanfängerinnen und -anfängern für eine evidenzbasierte Qualitätsentwicklung universitärer Lehre essenziell. In der Hochschuldidaktik Mathematik gibt es entsprechend intensive Bemühungen, theoretisch und empirisch abgeleitete Mindeststandards zu definieren (z. B. Deeken et al. 2019; Dürr et al. 2016; Neumann et al. 2017), deren Erreichen bereits vor Studienbeginn durch Vor- oder Brückenkurse ermöglicht werden soll (z. B. Bausch et al. 2014; Biehler et al. 2018).

Unter Berufserfolg kann in Anlehnung an etablierte und empirisch geprüfte Modelle der „guten Lehrkraft“ vor allem eine Herausbildung von denjenigen spezifischen, professionellen Kompetenzen verstanden werden, die die Lehrkraft zum Experten werden lassen (vgl. Besser und Krauss 2009; Bromme 2008; Bromme und Haag 2008). Hierzu zählen insbesondere ein ausgeprägtes fachliches und fachdidaktisches Wissen, lernförderliche Überzeugungen und Werthaltungen, Selbstregulationsfähigkeiten sowie pädagogisches Interesse (Baumert und Kunter 2013). Eine Überprüfung bzw. Vorhersage der so verstandenen beruflichen Eignung bereits vor Studienbeginn stellt jedoch – insbesondere auf Grund der zentralen Idee des Expertenparadigmas der Lehrerinnen- und Lehrerforschung, dass sich manche Eignungsmerkmale erst im Laufe der Ausbildung entwickeln (siehe u. a. Krauss und Bruckmaier 2014) – eine nicht zu unterschätzende Herausforderung dar. Die wenigen existierenden Längsschnittstudien lassen dabei zunächst vermuten, dass kognitive Merkmale zu Studienbeginn (wie HZB-Note oder Intelligenz) für den späteren Berufserfolg (z. B. operationalisiert als pädagogische Handlungskompetenz) weniger bedeutsam sind als für den Studienerfolg. Vielmehr lässt sich der so gemessene Berufserfolg eher durch Studienwahlmotive, Interessen und Persönlichkeitsmerkmale vorhersagen (Hanfstingl und Mayr 2007; Wolf et al. 2018). Andererseits kommt gerade auch dem Fachwissen (neben dem fachdidaktischen Wissen) von Mathematiklehrkräften im Schuldienst empirisch nachweisbar eine entscheidende Rolle für das Gelingen von Mathematikunterricht und die Qualität mathematischer Lehr-Lern-Prozesse (als Operationalisierung von Berufserfolg) zu (Baumert et al. 2010; Hill et al. 2005; Kunter et al. 2013). Der Aufbau dieses Fachwissens wird entsprechend als elementares Ziel universitärer Lehrkräftebildung explizit von der Kultusministerkonferenz benannt (Kultusministerkonferenz 2008). Eine Operationalisierung und Erfassung derartigen Fachwissens – auch schon vor Studieneintritt – ist daher durchaus als Möglichkeit der Beschreibung von erwartbarem Berufserfolg zu verstehen (für konkrete Umsetzung einer solchen Operationalisierung/Erfassung siehe unten).

Zusammenfassend kann konstatiert werden: Mathematisches Fachwissen ist als wichtiger Prädikator für Erfolg im mathematikhaltigen Lehramtsstudium und Lehrerinnen- und Lehrerberuf anzusehen. Empirische Kenntnisse über dieses Wissen stellen aufgrund des kumulativen Aufbaus universitärer Mathematik hierüber hinaus eine essentielle Grundlage für die Gestaltungen von Lehrveranstaltungen an

Hochschulen dar. Im Folgenden soll aufgezeigt werden, welche Arten von mathematischem Fachwissen sowohl mit Bezug auf das Hochschulstudium selbst als auch mit Bezug auf die spätere Berufsausübung dabei zentral erscheinen (d.h.: in Studien theoretisch/empirisch operationalisiert und entsprechend als Voraussetzung für Studien- und Berufserfolg angesehen werden).

1.2 Erfassung mathematischen Vorwissens von Mathematik-(Lehramts-)Studierenden

Angesprochene Kenntnistests zur Erfassung mathematischen Fachwissens zu Studienbeginn operationalisieren dieses auf Grundlage unterschiedlicher theoretischer Überlegungen dazu, welches mathematische Vorwissen als notwendig zur Bewältigung der jeweiligen Studiengänge angesehen wird. In der Regel haben diese Kenntnistests jedoch gemein, dass sie sich mit Schulwissen bearbeiten lassen. Die getesteten Inhaltsbereiche umfassen entsprechend oftmals Wissen über Termumformungen, Gleichungen und Ungleichungen, elementare Funktionen, Trigonometrie sowie Vektorrechnung, Differenzial- und Integralrechnung (z.B. Buschhüter et al. 2017; Greefrath et al. 2017; Laging und Voßkamp 2017; Müller et al. 2018; Pustelnik 2018). Inhaltsbereiche außerhalb der Analysis oder linearen Algebra, wie z.B. Elementargeometrie oder elementare Stochastik, sind dagegen kaum vertreten. Die Tests fokussieren dabei häufig (bewusst) auf symbolisches, formales und technisches Arbeiten. Prozessbezogene Tätigkeiten wie bspw. Problemlösen (Hailikari et al. 2008) oder, in Antizipation von Herausforderungen der Hochschulmathematik, etwa das Arbeiten mit Definitionen und Beweisen (Rach und Heinze 2017) werden hingegen selten erfasst. Zentral ist hierüber hinaus, dass vor allem inhaltlich breit angelegte Tests bzgl. späterem Studienerfolg als prädiktiv valide anzusehen sind: So korreliert bspw. Pustelniks Gesamttest mit den späteren universitären Klausurnoten höher als die einzelnen getesteten Inhaltsbereiche dies tun (Pustelnik 2018).

Die in der Operationalisierung der Kenntnistests erfolgende Fokussierung auf genannte mathematische Inhaltsbereiche werden durch aktuelle Diskussionen über Mindeststandards für ein universitäres Mathematikstudium – in Teilen – zunächst empirisch gestützt (Deeken et al. 2019; Dürr et al. 2016; Neumann et al. 2017). So liefert insbesondere die Befragung von 664 Hochschullehrenden, die in den Jahren 2012–2015 Mathematikvorlesungen im ersten Semester eines MINT-Studiums angeboten haben, als zentrales Ergebnis, dass MINT-Studierende zu Studienbeginn zuallererst über gesichertes mathematisches Fachwissen der Sekundarstufe I verfügen sollten: „Die Mehrzahl der identifizierten Lernvoraussetzungen ist dem Bereich ‚Mathematische Inhalte' zuzuordnen. Dabei fallen insbesondere Aspekte mathematischer Grundlagen, d.h. Inhalte der Sekundarstufe I, auf, zu denen [...] die meisten Lernvoraussetzungen genannt wurden" (Neumann et al. 2017, S. 17). Bemerkenswert ist hierüber hinaus jedoch ergänzend, dass neben dem symbolischen, formalen und technischen Arbeiten explizit auch solche mathematischen Arbeitstätigkeiten zum Umgang mit jenen Inhalten von den Studienanfängerinnen und -anfängern eingefordert werden, die sich auch in den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss als dort benannte „prozessbezogene Kompetenzen" wiederfinden (wie z.B. Argumentieren, Kommunizieren, Problemlösen oder Modellieren), die aber in den genannten Mathematiktests kaum operationalisiert werden (Deeken et al. 2019; Dürr et al. 2016; Neumann et al. 2017):

> Typische mathematische Arbeitstätigkeiten, die als notwendige Lernvoraussetzungen genannt wurden, bezogen sich neben grundlegenden Tätigkeiten auf das Argumentieren und Beweisen, Kommunizieren, Definieren, Problemlösen, Modellieren sowie auf Recherche. Wie bei den Lernvoraussetzungen aus dem Bereich mathematischer Inhalte umfassen die Lernvoraussetzungen zu mathematischen Arbeitstätigkeiten wesentliche Aspekte der nationalen Bildungsstandards für Mathematik (Neumann et al. 2017, S. 23).

Die hier für mathematikhaltige Studiengänge im Allgemeinen empirisch identifizierten und eingeforderten Inhaltsbereiche der Sekundarstufe I sowie zugehörige Arbeitstätigkeiten finden sich (teils) auch in länderspezifischen „Anforderungskatalogen“ für die Aufnahme eines mathematikhaltigen Hochschulstudiums (COSH 2014; Niedersächsisches Kultusministerium und Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur 2019). Bei der Operationalisierung eines fachspezifischen Kenntnistests auf diese mathematischen Inhalte und Arbeitstätigkeiten der Sekundarstufe I zur Beschreibung der Studieneignung zurückzugreifen, erscheint entsprechend dieser Kataloge sowie obiger Überlegungen naheliegend. Insbesondere für Mathematik-Lehramtsstudiengänge im Speziellen kommt einer derartigen Fokussierung in fachspezifischen Kenntnistests hierüber hinaus jedoch explizit eine besondere Bedeutung zu, die sich unmittelbar aus der gegebenen (und im Vergleich zu nicht lehramtsspezifischen Mathematikstudiengängen teils größeren) Nähe von Veranstaltungsinhalten zu Inhalten der Sekundarstufe I ergibt und die sich entsprechend in einer gemeinsamen Empfehlung von DMV, GDM und MNU zu Standards für die Lehrerbildung im Fach Mathematik (DMV et al. 2008) explizit widerspiegelt: So sollen Mathematik-Lehramtsstudierenden bspw. Gesetze der Grundrechenarten anwenden (Arithmetik; mathematisch technisch arbeiten), Eigenschaften ebener Figuren beschreiben (Geometrie; mathematisch kommunizieren) und funktionale Zusammenhänge in außermathematischen Situationen erläutern (Analysis; mathematisch modellieren) können. Auch auf diesen Empfehlungen basierend beschreiben daher die von der Kultusministerkonferenz verabschiedeten Standards für die Lehrerbildung in Deutschland u. a. solche inhaltlichen Anforderungen an die Ausgestaltung von Lehrveranstaltungen im Fach Mathematik im Lehramtsstudium, die für Lehrämter beider Sekundarstufen eine direkte thematische Überschneidung mit Inhalten der Sekundarstufe I deutlich werden lassen (Kultusministerkonferenz 2008). Konkret und exemplarisch ausformuliert bzw. umgesetzt am Beispiel der Fachveranstaltungen des Mathematik-Lehramtsstudiengangs „Lehren und Lernen“ für Grund-, Haupt- und Realschulen an der Leuphana Universität Lüneburg (für die der in diesem Beitrag beschriebenen fachspezifische Kenntnistest hauptsächlich entwickelt wird) bedeutet dies, dass in den zentralen Modulen u. a. folgende Inhaltsbereiche der Sekundarstufe I abgedeckt werden: „Arithmetik als Prozess“ (Stellenwertsysteme, Figurierte Zahlen und Folgen, Beweisverfahren in der Arithmetik, Teilbarkeitslehre, Relationen, Algebraische Strukturen, Historisches zu Zahlsystemen), „Elementargeometrie“ (Kongruenz-, Ähnlichkeits- und Abbildungsgeometrie, Satzgruppe des Pythagoras, besondere Punkte und Linien in der Ebene, Längen-, Flächen- und

Volumina-Bestimmungen, Geometrie des Raumes) und „Elementarmathematik vertiefen“ (Teilbarkeitslehre, Primzahlen und andere besondere Zahlen, Euklidischer Algorithmus, Restklassenringe, lineare Kongruenzen, Grundzüge zahlentheoretisch basierter Verschlüsselungsverfahren, Vertiefung der Kenntnisse zu Folgen, ausgewählte Funktionsklassen und deren Eigenschaften, Verknüpfungen von Funktionen, Relationen, sowie Elemente der Differential- und Integralrechnung: Grenzwert, Stetigkeit, Differenzierbarkeit, Integralbegriff)[3].

1.3 Erfassung mathematischen Fachwissens von Mathematik-Lehrkräften

Bei der Operationalisierung von Fachwissen für Lehrkräfte wird unter diesem – auch in den beiden im deutschsprachigen Raum sehr einflussreichen Studien COACTIV (z. B. Krauss et al. 2008b) und TEDS-M (z. B. Buchholtz et al. 2013; Döhrmann et al. 2012) bzw. der entsprechenden Vorläuferstudie MT21 (z. B. Blömeke et al. 2008) – oftmals primär ein eindimensionales Konstrukt verstanden (welches theoretisch und empirisch begründet wird). Dieses orientiert sich dabei (bewusst) nur bedingt an universitärem akademischem Fachwissen, welches entsprechend der Studiengangausgestaltung im Laufe eines Mathematik-Lehramtsstudiums aufgebaut werden soll. Dass für eine Beschreibung von Entwicklungsverläufen im Studium evtl. andere theoretische Modelle des Fachwissens von Mathematik-Lehramtsstudierenden notwendig sind, diskutieren entsprechend aktuelle Arbeiten zu einem „differenzierten Modell des fachspezifischen Professionswissens von angehenden Mathematiklehrkräften“ (Dreher et al. 2018; Heinze et al. 2016). Dennoch: Trotz dieser eindimensionalen Modellierung des Fachwissens von (angehenden) Mathematiklehrkräften in COACTIV und TEDS-M (bzw. MT21) ist diesen Ansätzen – ebenso wie dem Ansatz von Heinze und Kolleginnen und Kollegen sowie den oben diskutierten Ansätzen für Tests der Hochschulen – gemein, dass auch das mathematische Fachwissen von (angehenden) Lehrkräften auf jeweils projektspezifische Art mathematisches Schulfachwissen umfasst. Dies zeigt sich sowohl in der theoretischen Ausformulierung der Konstrukte selbst als auch in der Operationalisierung von Testaufgaben und in Ergebnissen der Studien:

Theorie In COACTIV wird unter mathematischem Fachwissen ein „tieferes Verständnis der Fachinhalte des Curriculums der Sekundarstufe“, jedoch explizit kein universitäres Fachwissen verstanden (Krauss et al. 2011, S. 142). In TEDS-M versteht man unter Fachwissen „a knowledge that comprises school mathematics, but goes beyond it“ (Buchholtz et al. 2013, S. 108). Und Heinze und Kolleginnen und Kollegen beziehen in ihre Beschreibungen des Fachwissens im schulischen Kontext zusätzlich zu akademischem Fachwissen auch explizit „knowledge about school mathematics“ ein (Dreher et al. 2018, S. 330).

Operationalisierung In Abb. 1 sind beispielhaft je ein veröffentlichtes Item zur Erfassung und Beschreibung mathematischen Fachwissens in den Studien COAC-

[3] Siehe hierzu vertiefend auch: https://www.leuphana.de/college/studium/la/uf-mat.html [zuletzt abgerufen am 30.06.2020].

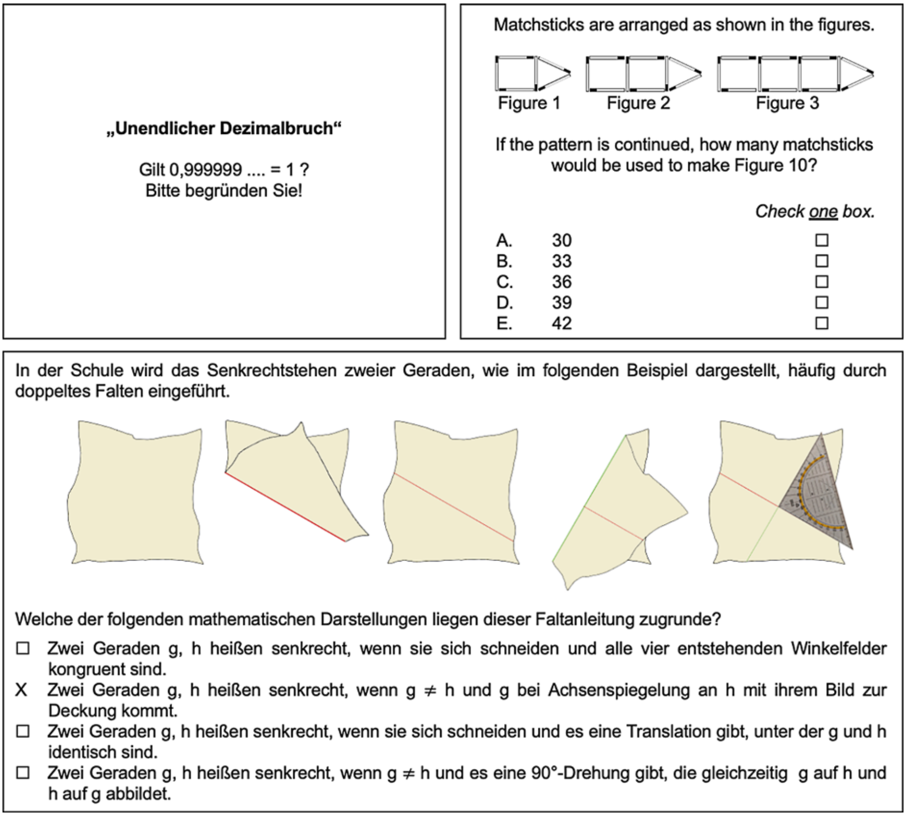


Abb. 1 Beispielaufgaben zur Operationalisierung mathematischen Fachwissens. (Für Originale siehe COACTIV (Krauss et al. 2008b, S. 235), TEDS-M (Döhrmann et al. 2012, S. 331) sowie Heinze und Kolleginnen und Kollegen (Hoth et al. 2020, S. 346))

TIV und TEDS-M sowie ein Beispielitem von Heinze und Kolleginnen und Kollegen gegeben. Die auch in den theoretischen Beschreibungen des Konstrukts deutlich herausgestellten Bezüge zur Schulmathematik der Sekundarstufe I werden auch hier ersichtlich bzw. – noch expliziter ausgedrückt – sind offensichtlich gegeben (COACTIV: „Unendlicher Dezimalbruch“; TEDS-M: „Matchsticks“; Heinze und Kolleginnen und Kollegen: „Senkrechtstehen zweier Geraden“).

Ergebnisse Der Kenntnistest in COACTIV wurde auch bei Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 13 eingesetzt. Zwar schnitten diese hier signifikant schlechter ab als etwa Mathematik-Lehramtsstudierende, dennoch konnten auch jene ohne universitäre Ausbildung und somit allein auf der Basis schulbezogenen mathematischen Fachwissens einzelne Aufgaben des Kenntnistests erfolgreich bearbeiten (Krauss et al. 2008a). Ebenso sind in MT21 sowie bei Heinze und Kolleginnen und Kollegen Studierende zu Beginn des Studiums (also vor Antritt der Lehramtsausbildung) in der Lage, den dort administrierten mathematischen Kenntnistest zu bearbeiten – in MT21 erreichen sie hierbei jedoch nicht das Niveau von Studierenden am Ende des Studiums (Blömeke et al. 2008), bei Heinze und Kolleginnen und Kollegen zeigen sich keine Unterschiede zwischen Studierenden zu Beginn des ersten und dritten Fachsemesters (Hoth et al. 2020).

1.4 Testentwicklung zur Erfassung mathematischen Vorwissens in einem universitären Auswahlverfahren

Wie aufgezeigt, kommt in der Diskussion um Studien- und Berufserfolg von (angehenden) Mathematik-Lehramtsstudierenden dem fachlichen (Vor-)Wissen eine zentrale Rolle zu. Mit Blick auf die hochschuldidaktische Diskussion zu Eingangsvoraussetzungen liegt der Fokus dabei oftmals insbesondere auf einem derart fundierten Fachwissen über die Inhalte der Sekundarstufe I, welches ein routiniertes Arbeiten mit symbolischen, formalen und technischen Elementen ermöglicht. Hochschuldozierende selbst fordern jedoch zusätzlich solche Arbeitstätigkeiten von Studienanfängerinnen und -anfängern ein, die als prozessbezogene Kompetenzen in den Bildungsstandards verankert sind. Und auch für Berufserfolg gilt: Für (angehende) Mathematiklehrkräfte ist die Beherrschung des mathematischen Schulstoffs der Sekundarstufe I ein elementarer Bestandteil professionellen Wissens. Entsprechend sind mathematische Inhalte und Arbeitstätigkeiten der Sekundarstufe I eine wesentliche Grundlage vieler (wenn nicht gar (fast) aller) universitärer Mathematikveranstaltungen, länderspezifische Anforderungen zum Übergang von der Schule zur Hochschule sowie Standards für die universitäre Lehrkräftebildung im Fach Mathematik greifen diese Inhalte und Arbeitstätigkeiten explizit auf, insbesondere in Lehramtsstudiengängen für Grund-, Haupt- und Realschulen (GHR) – aber auch hierüber hinaus – werden sie gezielt adressiert und vertieft.

Ausgehend von diesen Überlegungen sowie der durch das Urteil des Bundesverfassungsgerichts geschaffenen Notwendigkeit der Erfassung von „studiengangspezifischer Eignung für ein Hochschulstudium" wurde im Rahmen der im Folgenden vorgestellten Studie ein fachspezifischer Kenntnistest zur Erfassung mathematischen Vorwissens von Bewerberinnen und Bewerbern auf ein Mathematik-Lehramtsstudium entwickelt und empirisch erprobt (sowie in gekürzter Form in einem universitären Auswahlverfahren eingesetzt). Die Entwicklung des Testinstruments basierte dabei im Wesentlichen auf drei zentralen, theoretischen Überlegungen (siehe oben): Erstens sollte der Kenntnistest auf mathematische Inhaltsbereiche und Arbeitstä-

Tab. 1 Verteilung der entwickelten und erprobtem Items

	L1	L3	L3	L4	L5	Gesamt
K1	3	2	3	3	1	12
K2	1	1	4	1	2	9
K3	3	5	1	2	3	14
K4	1	1	2	4	1	9
K5	8	8	4	6	5	31
K6	2	2	1	2	2	9
Gesamt	18	19	15	18	14	84

L1–L5 Leitideen der Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss
K1–K6 Prozessbezogene Kompetenzen der Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss

Gleichung

Gegeben ist die unten stehende Gleichung (mit $x, y \in \mathbb{R}$).

$$2x = 4y + 6$$

Frage:

Im Folgenden sind verschiedene Behauptungen zu dieser Gleichung gegeben. Entscheiden Sie für jede dieser Behauptungen, ob diese wahr ist oder nicht. Kreuzen Sie jeweils an.

Antwort:

Die Behauptung ist wahr:	**ja**	**nein**
Wenn $x > 0$ ist, dann ist auch $y > 0$.		
Wenn $x = 0$, dann besitzt die Gleichung keine Lösung.		
Wenn $x < 0$ ist, dann ist auch $y < 0$.		

Mit Potenzen rechnen

Gegeben ist die folgende Zahl:

$$z = \frac{10^3 + 10^4}{10^7}$$

Frage:

Wie groß ist z? Kreuzen Sie die einzig richtige Antwort an.

Antwort:

	$z = 1 \cdot 10^0$
	$z = 1 \cdot 10^1$
	$z = 1 \cdot 10^5$
	$z = 1{,}1 \cdot 10^{-3}$
	$z = 1{,}1 \cdot 10^3$

Kunst in Amsterdam

In Amsterdam steht das unten abgebildete Kunstwerk. Maike hat sich vor diesem Kunstwerk fotografieren lassen.

Frage:

Maike ist 1,80m groß. Sie fragt sich, wie lang die abgebildete Spirale des Kunstwerks eigentlich ist. Welche der unten aufgeführten Formeln ist am besten geeignet, um die Länge der Spirale möglichst korrekt zu berechnen? Kreuzen Sie die einzig richtige Antwort an.

Antwort:

	$\pi \cdot 0{,}90m \cdot 9$
	$\pi \cdot (0{,}90m)^2 \cdot 9$
	$2 \cdot \pi \cdot 0{,}90m \cdot 9$
	$\pi \cdot (1{,}80m)^2 \cdot 9$
	$2 \cdot \pi \cdot 1{,}80m \cdot 9$

Rattenproblem

In einem Zeitungsbericht wird über das Rattenproblem in amerikanischen Städten berichtet:

New York ist mit mehr als acht Millionen Einwohnern nicht nur die größte Stadt der USA, sie hat auch von allen amerikanischen Städten das größte Rattenproblem. Nach aktuellen Schätzungen leben in New York mehr Ratten als Einwohner. Das liegt vor allem an den alten Abwasseranlagen und der dichten Besiedelung. In manchen Gegenden kommen fünf Ratten auf jeden Einwohner. Ein Einwohner berichtet, dass er vor Kurzem nachts in Brooklyn (einem Stadtteil von New York) binnen einer Stunde mehr als 75 Ratten gezählt habe.

Frage:

Im Folgenden sind verschiedene Aussagen gegeben. Entscheiden Sie für jede Aussage, ob man diese aus obigem Zeitungsartikel ableiten kann. Kreuzen Sie jeweils an.

Antwort:

Die Aussage kann man aus dem Zeitungsartikel ableiten:	**ja**	**nein**
Nach Schätzungen leben in New York mehr als acht Millionen Ratten.		
Im Mittel kommen in New York auf jeden Einwohner fünf Ratten.		
In Brooklyn gibt es 75 Mal so viele Ratten wie Einwohner.		

Abb. 2 Beispielitems des neu entwickelten Mathematiktests

tigkeiten der Sekundarstufe I referieren. Diese Inhaltsbereiche und Arbeitstätigkeiten werden von Hochschuldozierenden in großer Übereinstimmung als wesentliche Voraussetzungen für ein Mathematik-Lehramtsstudium angesehen (Neumann et al. 2017) und sind auch mit Blick auf die inhaltliche Ausgestaltung von Lehramtsstudiengängen ein wesentlicher Teil der Schnittmenge der für die späteren Lehrveranstaltungen relevanten Themengebiete (Kultusministerkonferenz 2008). Zweitens sollten diese Inhaltsbereiche und Arbeitstätigkeiten in möglichst großer Breite abgebildet werden. Hierzu orientiert sich die Testentwicklung am Kompetenzmodell der Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (Kultusministerkonferenz 2003) mit dem Ziel, zu jeder der fünf Leitideen (Zahl; Messen; Raum und Form; Funktionaler Zusammenhang; Daten und Zufall) jede der prozessbezogenen Kompetenzen (argumentieren; Probleme mathematisch lösen; modellieren; mathematische Darstellungen verwenden; mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen; kommunizieren) zu operationalisieren.[4] Im Einklang mit aufgezeigter hochschuldidaktischer Diskussion (Deeken et al. 2019; Dürr et al. 2016; Neumann et al. 2017) sollen hierbei vermehrt Items zur prozessbezogenen Kompetenz „mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen" erstellt werden. Drittens sollten die Aufgaben – aus rein methodischen Gründen, die Anforderungen an ein hochgradig standardisiertes Messverfahren wie einem Auswahlverfahren mitbringen (siehe bspw. Rost 2004) – derart konzipiert sein, dass eine objektive und zeitlich unmittelbare Auswertung gewährleistet werden kann.

Im Rahmen der Testentwicklung wurden insgesamt 84 voneinander unabhängige Einzelitems als Paper-Pencil-Items im geschlossenen Antwortformat (Single-Choice oder Complex-Multiple-Choice) entwickelt, die aus theoretischer Sicht (Expertinnen- und Expertenvalidierung mit in den Normierungsprozess der Bildungsstandards involvierten Mathematikdidaktikerinnen und -didaktikern) über sämtliche inhaltsbezogene und prozessbezogene Kompetenzen streuen (siehe Tab. 1 für die Verteilung der Items sowie Abb. 2 für vier Beispielitems, die exemplarisch die inhaltliche und prozessbezogene Breite des Instruments erkennen lassen). Die durch die Aufgaben abgebildeten Themengebiete umfassen u. a. Termumformungen, Gleichungen und Ungleichungen, elementare Funktionen, Trigonometrie, Flächen- und Volumenberechnungen, Prozentrechnung, Kombinatorik sowie Elemente elementarer Geometrie und Stochastik. Die Aufgaben bilden damit ein breiteres Inhalts- und Tätigkeitsspektrum als die meisten existierenden Tests ab, die hauptsächlich auf technisches Arbeiten im Bereich der Analysis und lineare Algebra fokussieren.

2 Forschungsfragen

Mit Blick auf den entwickelten mathematikspezifischen Kenntnistest (und dessen Einsatz im Auswahlverfahren) sollen in diesem Beitrag die folgenden Forschungsfragen diskutiert werden (die sich empirisch auf Population I (Studierende) und Population II (Bewerberinnen und Bewerber auf ein Mathematik-Lehramtsstudium) stützen – siehe im Detail unten):

Forschungsfrage 1 (Interne Testgüte) Welche empirische Qualität weist der entwickelte mathematikspezifische Kenntnistest bei Probandinnen und Probanden mit vorliegender Hochschulzugangsberechtigung auf?

[4] Hier wird nun deutlich: Das im entwickelten mathematikspezifischen Kenntnistest erfasste mathematische (Vor-)Wissen stellt eine Operationalisierung der in den Bildungsstandards verankerten inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen der Sekundarstufe I in unmittelbarer Anlehnung an den fachspezifischen Teil des Kompetenzverständnisses nach Weinert (2001) („die bei Individuen verfügbaren und durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten") dar. Die aufgeführten Beispielitems (siehe Abb. 2) belegen dies exemplarisch.

Insbesondere stellen sich folgende Teilfragen:

1.1 Lässt sich das durch den Test in der Breite der Bildungsstandards operationalisierte mathematische Fachwissen bei Probandinnen und Probanden mit vorliegender Hochschulzugangsberechtigung eindimensional reliabel erfassen *(Population I)?*

1.2 Ermöglicht der Test trotz Fokussierung auf Schulmathematik der Sekundarstufe I eine Leistungsdifferenzierung zwischen Probandinnen und Probanden mit vorliegender Hochschulzugangsberechtigung? D. h. vor allem: Wie sind die empirischen Itemschwierigkeiten der Testaufgaben *(Population I)* und die durch den Test erfassten Personenfähigkeiten *(Population I und II)* verteilt*?*

Forschungsfrage 2 (Konstruktvalidität) Stellt der Einsatz des mathematikspezifischen Kenntnistests einen echten Mehrwert für ein Auswahlverfahren dar?

Insbesondere stellen sich folgende Teilfragen:

2.1 Inwieweit korreliert das so gemessene mathematische Fachwissen mit einfacher zu erhebenden Konstrukten wie HZB-Note, letzter Mathematiknote oder kognitiven Fähigkeiten? Inwieweit lässt sich das mathematische Fachwissen durch diese Konstrukte erklären *(Population I)?*

2.2 Ist der Test einerseits vergleichbar mit anderen mathematikspezifischen Kenntnistests, die auf der Basis theoretischer Kompetenzmodelle schulbezogenes Fachwissen der Sekundarstufe I erfassen? Und deckt der Test dabei zeitgleich andererseits ein breiteres Leistungsspektrum (d. h.: eine größere Spannweite bzgl. empirisch messbarer minimaler und maximaler Leistung) zur Beschreibung mathematischen Vorwissens bei Probandinnen und Probanden mit vorliegender Hochschulzugangsberechtigung ab, als dies jene Kenntnistests ermöglichen *(Population I)*?

3 Methode

Aufgaben des entwickelten mathematikspezifischen Kenntnistests wurden von insgesamt 947 Probandinnen und Probanden mit vorliegender Hochschulzugangsberechtigung sowohl im Rahmen der Testentwicklung (*Population I*) als auch im Rahmen eines universitären Auswahlverfahrens (*Population II*) bearbeitet. Konkret ergibt sich der im Folgenden beschriebene methodischer Rahmen für diese beiden Populationen.

3.1 Testentwicklung (Population I)

3.1.1 Stichprobe

In den Jahren 2015 bis 2018 haben insgesamt 654 Studierende (523 weiblich, 129 männlich, 2 ohne Angaben) verschiedener Universitätsstandorte (Berlin, Braunschweig und Lüneburg) an Erhebungen zur Erprobung des neu entwickelten mathematikspezifischen Kenntnistests teilgenommen (im Projektverbund *Recruiting, Assessment, Support* gefördert durch die deutsche Telekom-Stiftung; Projektleitung: T. Ehmke und D. Leiss; Fördernummer: Hs-08-03.8; im Projekt *PROKOM* gefördert durch den Forschungsservice der Leuphana Universität Lüneburg; Projektleitung: M. Besser). 545 Teilnehmerinnen bzw. Teilnehmer sind Studierende eines Lehramtsstudienganges, 348 hiervon belegen das Studienfach Mathematik. Die Studierenden haben freiwillig an den Erhebungen teilgenommen.

3.1.2 Erhebung

Die 84 entwickelten Items des mathematikspezifischen Kenntnistests wurden im Multi-Matrix-Design in insgesamt 15 verschiedenen Testheftversionen mit rotierenden Aufgabenblöcken, innerhalb welcher die Aufgabenreihenfolge konstant war, administriert. Die Erhebungen waren als „Speed Tests" mit beschränkter Bearbeitungszeit konzipiert, diese dauerten (je nach Anzahl neu erprobter Aufgaben in den jeweiligen Teilerhebungen) zwischen 90 und 120 min. Die mittlere theoretisch veranschlagte Bearbeitungszeit der Einzelitems beträgt 3 min. Hilfsmittel (wie z. B. Taschenrechner) waren bei der Bearbeitung nicht zulässig. Das Überspringen und Zurückblättern innerhalb eines Testhefts war möglich.

Ergänzend zu den neu entwickelten Aufgaben wurden im Rahmen der Testentwicklung folgende Informationen erhoben: Alter, Fachsemester, Hochschulsemester, HZB-Note, letzte Zeugnisnote im Fach Mathematik und – allerdings nur im Jahr 2018 bei insgesamt 381 Probandinnen und Probanden – die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten über den figuralen Testteil des „KFT 12 + R" (Heller und Perleth 2000). Außerdem wurden in einzelnen Testheftversionen 8 veröffentlichte Items der Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss sowie 11 veröffentlichte PISA-Items administriert, deren empirischen Kennwerte und zugehörige Kodieranweisungen öffentlich zugänglich sind.

3.1.3 Auswertung

Sämtliche Antworten zu den entwickelten Aufgaben wurden dichotom gescored (0 = nicht korrekt; 1 = korrekt) und im Anschluss in zwei aufeinander aufbauenden Skalierungsdurchläufen zur Berücksichtigung unterschiedlicher Güte so genannter „missings" eindimensional Rasch-skaliert (siehe hierzu u. a. auch Jordan und Duchhardt 2013; OECD 2017).

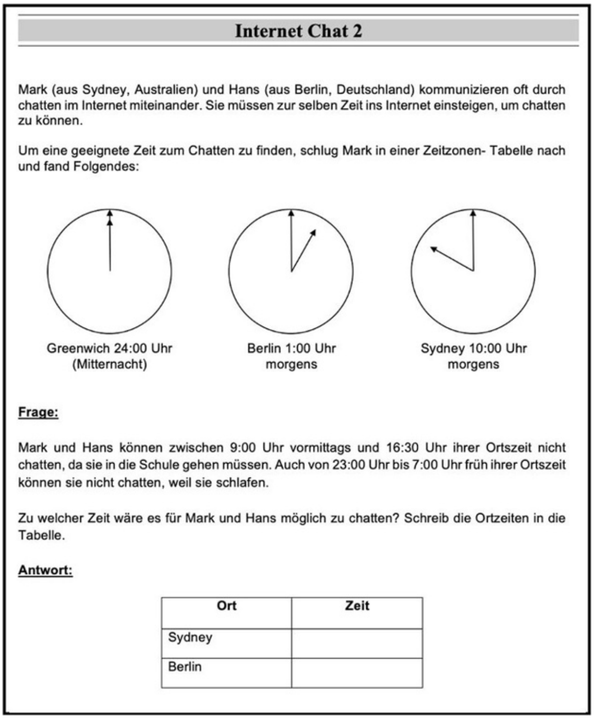
Durchlauf 1 Zur Bestimmung der Itemkennwerte und Testgütekriterien werden sämtliche „Endmissings" (Aufgaben am Ende eines Testhefts, die nicht mehr bearbeitet wurden; oft auch als „not reached" bezeichnet) tatsächlich als fehlende Werte im Sinne von „nicht administriert" (und entsprechend nicht als falsch bearbeitete Aufgaben) behandelt. Als Ergebnis dieser Skalierung erhält man für jedes Item die mittlere empirische Itemschwierigkeit, Trennschärfe und Weighted Meansquare (WMNSQ). Items mit Trennschärfe unter 0,20 oder WMNSQ kleiner 0,80 bzw.

größer 1,20 gelten als psychometrisch unzureichende Items (Bond und Fox 2015; Bortz und Döring 2006).

Durchlauf 2 In einem zweiten Durchlauf werden zunächst sämtliche empirisch schlechte Items aus Durchlauf 1 entfernt. Die aus Durchgang 1 erhaltenen Itemschwierigkeiten werden nun gesetzt, „Endmissings" im Sinne eines Speed-Tests bekommen den Score 0 (entspricht: nicht erfolgreich bearbeitet). Als Ergebnis erhält man für jeden einzelnen Probanden einen individuellen Fähigkeitswert.

Dieses Vorgehen wurde insgesamt für zwei verschiedene Skalierungen durchgeführt: (Skalierung 1) Eindimensionale Skalierung mit den 84 neu entwickelten Aufgaben. (Skalierung 2) Eindimensionale Skalierung aller guten Items aus Skalierung 1 zuzüglich 8 Bildungsstandard-Items (kurz: BISTA-Items) sowie 11 PISA-Items. Bereits hier muss in diesem Zusammenhang herausgestellt werden: Ein Rückgriff auf die bekannten empirischen Schwierigkeitswerte der BISTA- und PISA-Items ist innerhalb der hier vorliegenden Stichprobe nicht möglich (dies liefert empirisch inakzeptable Itemkennwerte für diese Aufgaben). Bedingt wird dies jedoch nicht durch die Tatsache, dass die BISTA-Items und PISA-Items per se zu leicht seien, vielmehr stimmen die Reihungen der empirischen Itemschwierigkeiten innerhalb der vorliegenden Population nicht mit Reihungen von BISTA und PISA überein (ein Beispiel hierfür ist in Abb. 3 gegeben – in PISA ist dies innerhalb der PISA-

Abb. 3 PISA-Item „Internet Chat 2". (Für Original siehe Bundesinstitut BIFIE des österreichischen Schulwesens o.J., S. 32-33)



Internet Chat 2

Mark (aus Sydney, Australien) und Hans (aus Berlin, Deutschland) kommunizieren oft durch chatten im Internet miteinander. Sie müssen zur selben Zeit ins Internet einsteigen, um chatten zu können.

Um eine geeignete Zeit zum Chatten zu finden, schlug Mark in einer Zeitzonen- Tabelle nach und fand Folgendes:

Frage:

Mark und Hans können zwischen 9:00 Uhr vormittags und 16:30 Uhr ihrer Ortszeit nicht chatten, da sie in die Schule gehen müssen. Auch von 23:00 Uhr bis 7:00 Uhr früh ihrer Ortszeit können sie nicht chatten, weil sie schlafen.

Zu welcher Zeit wäre es für Mark und Hans möglich zu chatten? Schreib die Ortzeiten in die Tabelle.

Antwort:

Ort	Zeit
Sydney	
Berlin	

Items eines der empirisch eher schweren Items mit einem Logit-Wert von 1,12, in der vorliegenden Stichprobe ist dies innerhalb der PISA-Items ein eher leichtes Item mit Logit-Wert von –1,25).

3.2 Auswahlverfahren (Population II)

3.2.1 Stichprobe

Seit dem Jahr 2017 können diejenigen Bewerberinnen und Bewerber auf ein Mathematik-Lehramtsstudium, die nicht direkt über gesetzlich vorgeschriebene Mindestquoten zum Studium zugelassen werden (bspw. müssen nach Niedersächsischem Hochschulzulassungsgesetzt Bewerberinnen und Bewerber teilweise auf Grund von Wartezeiten zugelassen werden), am Auswahlverfahren der Leuphana Universität Lüneburg aktiv teilnehmen. In diesem Rahmen können die Bewerberinnen und Bewerber auch einen Sub-Test des mathematikspezifischen Kenntnistests (Dauer: 45 min) bearbeiten. Im Jahr 2017 haben $N = 137$ Bewerberinnen und Bewerber (102 weiblich, 34 männlich, 1 ohne Angabe), im Jahr 2018 haben $N = 156$ Bewerberinnen und Bewerber (121 weiblich, 33 männlich, 2 ohne Angabe) an diesen Sub-Test des mathematikspezifischen Kenntnistests teilgenommen.

3.2.2 Erhebung

Im Auswahlverfahren werden jeweils 16 Einzelaufgaben des mathematikspezifischen Kenntnistests administriert. Auf der Basis der empirischen Ergebnisse der Testentwicklung (Population I) soll dieser studienfachbezogene Kenntnistest sowohl über eine gleichbleibende mittlere Schwierigkeit als auch über eine vergleichbare Streuung der Anforderungen in der Breite verfügen. Ebenso sollen möglichst verschiedene inhaltsbezogene und prozessbezogene Kompetenzen sowie alle Anforderungsbereiche abgedeckt werden (wobei bei 16 Einzelitems hier natürlich bzgl. der Variabilität offensichtlich Grenzen gesetzt und offensichtlich nicht stets alle Kriterien in vollem Umfang berücksichtigt werden können). Hilfsmittel bei der Bearbeitung (z. B. Taschenrechner) sind auch in diesem Kontext nicht zulässig. Das Überspringen und Zurückblättern ist hingegen ebenfalls möglich.

3.2.3 Auswertung

Auch die 16 im Auswahlverfahren eingesetzten Aufgaben wurden jeweils dichotom kodiert und im Anschluss Rasch-skaliert. Hierbei wurden die aus der Testentwicklung (Population I) bekannten Itemschwierigkeiten (aus Skalierung 1) als bekannt gesetzt, „Endmissings“ entsprechend unmittelbar als 0 (= nicht korrekt) gescored.

4 Ergebnisse

4.1 Interne Testgüte (Population I)

Die eindimensionale Skalierung des mathematikspezifischen Kenntnistests (Skalierung 1) liefert im ersten Skalierungsdurchlauf zunächst das Ergebnis, dass 77 von 84 Items als empirisch gut anzusehen sind, die EAP-Reliabilität beträgt 0,68 und ist insbesondere auf Grund der inhaltlichen Breite als akzeptabel zu bezeichnen. Die Itemschwierigkeiten variieren dabei von sehr leicht bis sehr schwer (siehe für eine Gesamtübersicht zu zentralen Itemkennwerten auch Tab. 5 im Anhang). Als Ergebnis des zweiten Skalierungsdurchlaufs streuen die Personenparameter über das gesamte, durch die Items abgebildete Schwierigkeitsspektrum und sind normalverteilt (siehe Abb. 4 für die Verteilung von Itemschwierigkeiten und Personenfähigkeiten der Skalierungsergebnisse beider Durchläufe). Decken- oder Bodeneffekte zeigen sich nicht. Die mittlere Personenfähigkeit über die Gesamtpopulation der Testentwicklung (N = 654) beträgt M = –0,01 (SD = 1,04), die empirischen Extrema betragen MIN = –4,17 bzw. MAX = 3,36 (für alle deskriptiven Werte siehe Tab. 2).

Abb. 4 Verteilung der Probandenfähigkeiten und Itemparameter für die beiden Skalierungen der Population I (**a** Skalierung 1; **b** Skalierung 2) (N Neues Item, B BISTA-Item, P PISA-Item)

Tab. 2 Deskriptive Werte, Population I

	N	MW	SD	MIN	MAX
Alter	649	22,88	3,94	18	46
Hochschulsemester	652	4,57	2,98	1	20
Fachsemester	628	3,49	1,73	1	14
HZB-Note[a]	637	2,29	0,53	1,00	3,80
Mathematiknote[b]	516	10,17	2,84	1	15
Kognitive Fähigkeiten[c]	381	14,83	3,41	4	22
WLE (Skalierung 1)	654	–0,01	1,04	–4,17	3,36
WLE (Skalierung 2)	654	–0,02	1,05	–4,17	3,23

[a]Im klassischen Notenformat; 1 = sehr gut, 6 = ungenügend
[b]Im Punkteformat der Oberstufe; 15 Punkte = sehr gut, 0 Punkte = ungenügend
[c]Leistung im Kognitive-Fähigkeiten-Test; theoretisches Maximum sind 25 Punkte

4.2 Interne Testgüte (Population II)

Aufbauend auf dieser eindimensionalen Skalierung bilden die 16 im Auswahlverfahren eingesetzten Einzelaufgaben einen Subtest mit einer mittleren Itemschwierigkeit von $M_{ST2017} = 0{,}52$ ($SD_{ST2017} = 0{,}90$) im Jahr 2017 und $M_{ST2018} = 0{,}45$ ($SD_{ST2018} = 1{,}21$) im Jahr 2018. Auf manifester Ebene erzielen die Bewerberinnen und Bewerber in diesen Subtests im Mittel $M_{Bew2017} = 8{,}20$ Punkte ($SD_{Bew2017} = 2{,}85$ Punkte) bzw. $M_{Bew2018} = 8{,}08$ Punkte ($SD_{Bew2018} = 2{,}80$ Punkte) von jeweils maximal möglichen 16 Punkten. Das empirische Minimum liegt bei $MIN_{Bew2017} = 3$ Punkten bzw. $MIN_{Bew2018} = 2$ Punkten, das empirische Maximum beträgt $MAX_{Bew2017} = 15$ Punkte bzw. $MAX_{Bew2018} = 14$ Punkte (siehe auch Abb. 5 für die Verteilung der erzielten Punkte). Bei Verankerung auf der eindimensionalen Skalierung des Gesamttests (Population I, Skalierung 1) unterscheiden sich die Bewerberinnen und Bewerber auf ein Mathematik-Lehramtsstudium im Mittel signifikant positiv von der Population I (2017: $t\ (789) = 6{,}12$; $p < 0{,}001$; 2018: $t\ (808) = 5{,}72$; $p < 0{,}001$; siehe auch Abb. 6 für die Verteilungen der Personenparameter bei festgesetzten Itemkennwerten). In der Population der Bewerberinnen und Bewerber auf ein Mathematik-Lehramtsstudium betragen die mittleren Personenfähigkeitswerte 0,58 ($SD = 0{,}92$)

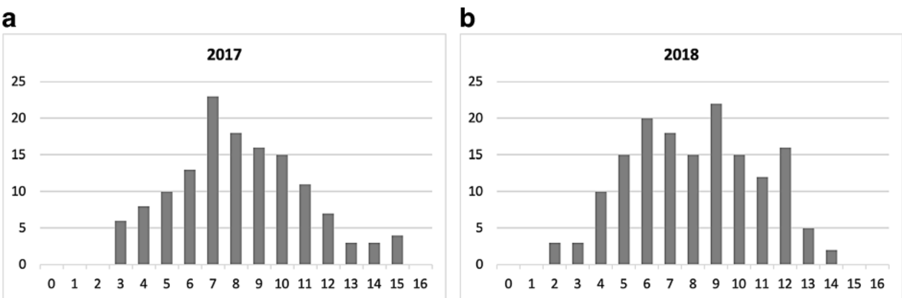


Abb. 5 Verteilung der Testleistungen von Population II im Auswahlverfahren 2017 (**a**) und 2018 (**b**) (*x-Achse* Anzahl korrekt bearbeiteter Aufgaben, *y-Achse* Anzahl der Bewerberinnen und Bewerber)

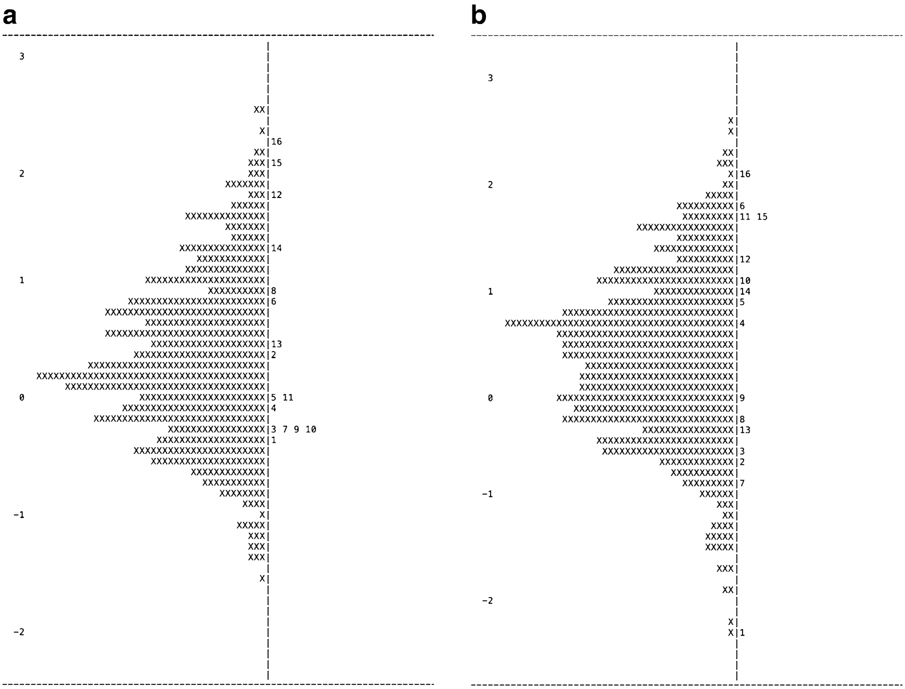


Abb. 6 Verteilung der Personenparameter für die Skalierungen des Auswahlverfahrens (Population II; **a** Verfahren 2017; **b** Verfahren 2018) (Items in Testheftreihenfolge durchnummeriert)

im Jahr 2017 bzw. 0,52 (SD = 0,94) im Jahr 2018. Decken- oder Bodeneffekte zeigen sich jedoch auch hier offensichtlich nicht.

4.3 Konstruktvalidität (Population I)

Die Leistung im mathematikspezifischen Kenntnistest korreliert leicht negativ mit dem Alter (r = –0,18) und der HZB-Note (im klassischen Notenformat: 1 = sehr gut, 6 = ungenügend; r = –0,16) sowie leicht bis mittel positiv mit der letzten Zeugnisnote (im Punkteformat) im Fach Mathematik (r = 0,26), den kognitiven Fähigkeiten (r = 0,34), dem Fachsemester (r = 0,09) sowie dem Hochschulsemester (r = 0,11). Sämtliche Korrelationen sind mindestens auf dem Niveau p < 0,05 signifikant (für sämtliche Korrelationen siehe Tab. 3). Eine Regressionsanalyse mit der Leistung im mathematikspezifischen Kenntnistest als abhängiger Variablen und Alter, Hochschulsemester, Fachsemester, HZB-Note, Mathematiknote sowie kognitiven Fähigkeiten als unabhängigen Variablen zeigt bei „Vorwärts-Selektion" (die Residuen der abhängigen Variablen sind normalverteilt mit Erwartungswert 0, Multikollinearität der unabhängigen Variablen liegt nicht vor (Toleranz >0,1; VIF <10)): Die meiste Varianz (etwa 18 %) wird durch ein Modell mit den unabhängigen Variablen kognitive Fähigkeiten, Mathematiknote und HZB-Note aufgeklärt (F (3; 342) = 26,43; p < 0,001; n = 343; siehe auch Tab. 4). Dies entspricht einer nach Cohen mittleren Effektstärke von f^2 = 0,22.

Tab. 3 Korrelationen

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(1) Alter	1	–	–	–	–	–	–	–
(2) Hochschulsemester	0,38**	1	–	–	–	–	–	–
(3) Fachsemester	0,14**	0,50**	1	–	–	–	–	–
(4) HZB-Note	0,24**	0,07	0,12**	1	–	–	–	–
(5) Mathematiknote	–0,17**	–0,01	–0,02	–0,50**	1	–	–	–
(6) Kognitive Fähigkeiten	–0,10	–0,00	0,07	–0,06	0,16**	1	–	–
(7) WLE (Skalierung 1)	–0,18**	0,11**	0,09*	–0,16**	0,26**	0,34**	1	–
(8) WLE (Skalierung 2)	–0,15**	0,13**	0,11**	–0,13**	0,24**	0,40**	0,96**	1

*2-seitig signifikant mit $p < 0{,}05$
**2-seitig signifikant mit $p < 0{,}01$

Tab. 4 Regressionsanalysen (abhängige Variable: Leistung im mathematikspezifischen Kenntnistest)

	Modell 1	Modell 2	Modell 3
	Standardisierter beta-Koeffizient	Standardisierter beta-Koeffizient	Standardisierter beta-Koeffizient
(1) Kognitive Fähigkeiten	0,346**	0,309**	0,309**
(2) Mathematiknote	–	0,228**	0,164**
(3) HZB-Note	–	–	0,152**
(4) Alter	–	–	–
(5) Hochschulsemester	–	–	–
(6) Fachsemester	–	–	–
Korrigiertes R-Quadrat	0,117	0,166	0,182
F-Statistik	F (1; 342) = 49,49; $p = 0{,}00$	F (2; 342) = 34,92; $p = 0{,}00$	F (3; 342) = 26,43; $p = 0{,}00$

*Signifikant von 0 verschieden mit $p < 0{,}05$
**Signifikant von 0 verschieden mit $p < 0{,}01$

Die eindimensionale Skalierung mit den BISTA-Items und PISA-Items als Referenztests (Skalierung 2) liefert nach Durchlauf 2 (je 2 BISTA- und PISA-Items mussten nach Durchlauf 1 entfernt werden, da diese empirisch nicht „funktionieren“): Die EAP-Reliabilität beträgt 0,73 und ist ebenso wie die Kennwerte aller Items als gut zu bezeichnen, die Itemschwierigkeiten der BISTA- und PISA-Items erstrecken sich auf den Bereich von –2,92 bis 0,36 (siehe Tab. 5 im Anhang und Abb. 4). Der neu entwickelte mathematikspezifische Kenntnistest lässt sich somit auf einer gemeinsamen, eindimensionalen Skala zusammen mit anderen, auf vergleichbaren bzw. identischen theoretischen Kompetenzmodellen beruhenden Items empirisch abbilden. Die Korrelation beider Skalierungen spiegelt dies ebenfalls wider ($r = 0{,}96$).

Die Itemschwierigkeiten des neu entwickelten Tests gehen dabei jedoch in der Zielpopulation über diejenigen der BISTA- und PISA-Items hinaus. Insgesamt ist durch den entwickelten mathematikspezifischen Kenntnistest somit einerseits ein zu BISTA und PISA-Tests vergleichbares Konstrukt gegeben, andererseits wird durch dieses ein größeres Leistungsspektrum (d. h.: eine größere Spannweite bzgl. empirisch messbarer minimaler und maximaler Leistung) als durch die BISTA- und PISA-Items erfasst, indem insbesondere auch im Vergleich zu BISTA bzw. PISA stärkere Leistungen abgebildet werden können (hierbei gilt es insbesondere zu bedenken, dass die BISTA- und PISA-Items im Original wiederum praktisch das gesamte, empirisch mögliche Leistungsspektrum von BISTA und PISA abdecken).

5 Diskussion

Im vorliegenden Beitrag konnte aufgezeigt werden, dass die Operationalisierung und Erfassung schulbezogenen mathematischen Vorwissens, das alle inhalts- und prozessbezogenen Facetten des Modells der Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss umfasst, durch einen fachspezifischen – jedoch zunächst zu entwickelnden – Kenntnistest für Probandinnen und Probanden mit vorhandener Hochschulzugangsberechtigung gelingt: Der aus insgesamt 77 Items bestehende, neu entwickelte mathematikspezifische Kenntnistest weist in der zugrunde liegenden Population I von Studierenden – größtenteils bestehend aus angehenden Lehrkräften: 545 im Lehramtsstudium; 348 davon mit Studienfach Mathematik – eine akzeptable interne Konsistenz sowie eine theoretisch nachvollziehbare diskriminante Validität (vor allem mit Bezug auf HZB-Note, letzte Zeugnisnote im Fach Mathematik und kognitive Fähigkeiten) auf. Allgemeine kognitive Fähigkeiten und insbesondere die HZB- und letzte Mathematiknote erklären dabei relativ wenig Varianz des gemessenen mathematischen Fachwissens. Ähnliche Ergebnisse finden sich in studiengangübergreifenden Metastudien, die vergleichbare (wenn auch teils etwas höhere) Zusammenhänge von Leistungen von Bewerberinnen und Bewerbern in Kenntnistests vor Studienbeginn (in der Regel: ACT/SAT score) mit Schulleistungen im Allgemeinen (in der Regel: high school GPA; $0{,}24 < r < 0{,}49$) sowie spezifischen Facetten von Intelligenz (bspw: reasoning; $0{,}28 < r < 0{,}59$) aufzeigen (Galla et al. 2019; Richardson et al. 2012; Robbins et al. 2004). Auch der bei Rach und Heinze (2017) berichtete Zusammenhang von Schulleistungen im Fach Mathematik im Speziellen und mathematischem Vorwissen fällt etwas höher aus als hier ($r = 0{,}43$), was aber durchaus durch eine andere theoretische Konzeptualisierung dieses Vorwissens als in der vorliegenden Studie begründet sein mag (Vorwissen wird bei Rach und Heinze mit deutlich stärkerem Fokus auf „universitäre/akademische Mathematik“ verstanden). Insgesamt lassen sich die empirischen Ergebnisse jedoch theoriekonform verorten und sprechen als solche dafür, dass der Einsatz des mathematikspezifischen Kenntnistest auf Grund der gegebenen empirischen Zusammenhangsmaße einen echten inhaltlichen Mehrwert für universitäre Auswahlverfahren darstellen kann. Insbesondere eine empirische Analyse der prädiktiven Validität erscheint jedoch abschließend notwendig und steht in den nächsten Jahren an.

Obwohl der Kenntnistest ausschließlich mathematisches Fachwissen der Sekundarstufe I abfragt und mit den eingesetzten BISTA-Items und PISA-Items hoch korreliert, differenziert dieser deutlich bei Studierenden mit Hochschulzugangsberechtigung (Population I), es zeigen sich keine Deckeneffekte. Um eine inhaltliche Verortung der Testschwierigkeit zu ermöglichen: Im unteren und mittleren Schwierigkeitsbereich sind die Itemschwierigkeiten mit denjenigen von BISTA uns PISA vergleichbar, im oberen Schwierigkeitsbereich gehen diese jedoch über BISTA und PISA hinaus (für einen Überblick zu den theoretischen Konzeptionen, inhaltlichen Anforderungen und empirischen Kennwerten der Leistungstests siehe bspw. Stanat et al. (2019) bzw. Prenzel et al. (2013)). Und auch ein Einsatz einzelner Aufgaben in einem Sub-Test in einem universitären Auswahlverfahren bei Bewerberinnen und Bewerbern auf ein Mathematik-Lehramtsstudium in den Jahren 2017 und 2018 (Population II) zeigt ebenfalls, dass trotz erwartbarer maximaler Anstrengungsbereitschaft – die Bewerberinnen und Bewerber kommen extra zum Auswahlverfahren an die Universität, um die Chance auf Zuteilung eines Studienplatzes zu erhöhen – keineswegs Deckeneffekte auftreten. Dabei streuen die so erfassten Personenfähigkeitswerte zu schulbezogenem mathematischem Fachwissen bzgl. der Inhalte der Sekundarstufe I auch innerhalb dieser Population von dezidiert an einem Mathematik-Lehramtsstudium interessierten jungen Menschen über fast die komplette theoretisch mögliche Spannweite, wenn diese auch im Mittel im Vergleich zu Population I signifikant höher liegen. Dies mag verschiedene Gründe haben, naheliegend sind natürlich: Es liegt mit Bezug auf das Fach Mathematik und die Anstrengungsbereitschaft eine Positivselektion vor, welche im Vorfeld des Mathematiktests auch die Möglichkeit zur Vorbereitung auf diesen hat (Ziele und Inhalte des Tests werden auf der Homepage der Universität vor Durchführung des Auswahlverfahrens transparent dargestellt). Dass durch letzteres Testleistungen gesteigert werden können, gilt als weitestgehend gesichert (für einen aktuellen Übersichtsartikel hierzu siehe Flippo et al. 2018). Bezüglich der Bewertung der Güte eines Testinstruments und der Validität von Testergebnissen muss dies jedoch keineswegs negativ verstanden werden – mit Blick auf Anforderungen eines Testeinsatzes im Auswahlverfahren kann sogar positiv konstatiert werden: Mittels Vorbereitung auf eine spezifische Testsituation können durch den Aufbau von Kenntnissen über die Grundstruktur eines Testinstrument bspw. Ängste vor diesem abgebaut sowie hiermit einhergehend unzutreffend schlechte – da verfälschte – Testleistungen reduziert und die Belastbarkeit der Messung gesteigert werden (Crocker 2005; Messick 1982; Powers 2017).

Einige zentrale Limitationen der vorliegenden Studie sind bei der Interpretation der Ergebnisse abschließend explizit (noch einmal) zu benennen:

1. Während Population I zwar bzgl. ausgewählter, zentraler Variablen (HZB-Note, Alter, Geschlecht, Kognitive Fähigkeiten) breit streut, deckt diese allein Studierende von wenigen Universitätsstandorten und wenigen Studiengängen ab. Mit Blick auf die finale Zielpopulation (angehende Mathematik-Lehramtsstudierende der Leuphana Universität Lüneburg) erscheint diese Einengung im Rahmen einer Testentwicklung jedoch durchaus zielführend, soll der Test doch bspw. nicht bei angehenden Juristen oder Medizinerinnen und Medizinern eingesetzt werden.

2. Die Darstellung der erfassten Breite der Testergebnisse zum mathematischen Vorwissen in Population II (Auswahlverfahren) umfasst leider nicht diejenigen Bewerberinnen und Bewerber, die auf Grund der aktuellen Gesetzgebung direkt einen Studienplatz zugeteilt bekommen müssen (bspw. auch direkt über eine sehr gute HZB-Note). Die Beschreibung des durch den entwickelten Test erfassten mathematischen Vorwissens der Bewerberinnen und Bewerber mag daher einerseits leicht negativ verzerrt sein. Andererseits werden zum Auswahlverfahren bei weitem nicht alle Bewerberinnen und Bewerber eingeladen, insbesondere die laut HZB-Note schwächsten Bewerberinnen und Bewerber finden hier keine Berücksichtigung (die Einladung erfolgt etwa im Verhältnis 3:1 bzgl. freier Studienplätze in Rangreihung der HZB-Note). Alles in allem kann somit (allein) konstatiert werden, dass sich die beschriebene Testgüte für Population II – nach Abzug maximaler Sonder- und Vorabquoten – auf den Einsatz des Testinstruments bei Bewerberinnen und Bewerber auf etwa 70 % der verfügbaren Studienplätze bezieht.
3. Trotz durchgeführter Expertenvalidierung sowie vorhandener diskriminanter Validität muss vor allem bei der Betrachtung der manifesten Ergebnisse von Population II (Auswahlverfahren) deutlich herausgestellt werden, dass der studiengangspezifische Kenntnistest natürlich nicht den gesamten mathematischen Schulstoff erfasst und entsprechend auch nicht „das Vorwissen per se“ beschreibt. Wie immer gilt auch hier: Die empirischen Ergebnisse zum Vorwissen können nur im Rahmen der vorgenommenen Operationalisierung des Testinstruments erfolgen. Auf Grund der durchaus vorhandenen – und den Autorinnen und Autoren bewussten – Brisanz heißt dies insbesondere, dass der fälschlicherweise naheliegende Schluss, „Bewerberinnen und Bewerber auf ein Mathematik-Lehramtsstudium beherrschen noch nicht einmal den mathematischen Schulstoff“, nicht möglich (und natürlich nicht intendiert) ist.

Trotz dieser Limitationen zeigen die Ergebnisse von Population II deutlich (wenn auch nur exemplarisch für einen Universitätsstandort mit Lehramtsstudium für Grund-, Haupt- und Realschulen sowie Berufliche Schulen), dass die Heterogenität des mathematischen Vorwissens von Bewerberinnen und Bewerbern auf ein Mathematik-Lehramtsstudium zu Studienbeginn sehr groß ist – und dass diese Heterogenität mittels eines wie vorgestellten Testinstrumente in gegebener Breite erfolgreich abgebildet werden kann. Es zeigt sich auch hier, dass keineswegs davon ausgegangen werden kann, dass der mathematische Schulstoff der Sekundarstufe I von allen Bewerberinnen und Bewerbern auf ein Mathematik-Lehramtsstudium (sowie entsprechend von allen später eingeschriebenen Mathematik-Lehramtsstudierenden) trotz vorliegender Hochschulzugangsberechtigung sicher beherrscht wird. Die Ergebnisse bestätigen eine für das Bundesland Schleswig-Holstein unter Schülerinnen und Schülern der 13. Jahrgangsstufe allgemeinbildender oder beruflicher Gymnasien repräsentative empirische Studie, dass junge Menschen kurz vor Erreichen der Hochschulzugangsberechtigung bzgl. mathematischen Wissens der Mittelstufe keineswegs uneingeschränkt den Optimalstandard (entsprechend der Definition der Bildungsstandards) erreichen (Kampa et al. 2018). Der Einsatz eines wie entwickelten fachspezifischen Kenntnistests zur Unterstützung von

Universitäten bei der Auswahl von Bewerberinnen und Bewerbern erscheint somit auch auf Grund der heterogenen Wissensbasis eben dieser im Sinne des Urteils des Bundesverfassungsgerichts zielführend und gerecht. Neben dieser Funktion als Instrument zur Auswahl von Bewerberinnen und Bewerbern ist seine mögliche Funktion als Instrument zur Diagnose des mathematischen Wissensstands von Studienbewerberinnen und -bewerbern hervorzuheben. Diesbezüglich verdeutlichen die Ergebnisse letztlich einmal mehr die zwingende Notwendigkeit einer hochschuldidaktischen Auseinandersetzung mit universitären Unterstützungsformaten in Form von mathematischen Vor- und Brückenkursen, um Lücken im mathematischen Schulwissen auszugleichen und junge Menschen erfolgreich im Studium und damit in der professionellen Entwicklung zu unterstützen (Bausch et al. 2014).

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Anhang

Tab. 5 Kennwerte von Skalierung 1 (77 Items) und Skalierung 2 (89 Items), Population I

	Skalierung 1					Skalierung 2				
	N	%	*LW*	*WM*	r_{it}	*N*	%	*LW*	*WM*	r_{it}
AdditionVonBrüchen	162	64	–0,68	0,88	0,54	162	64	–0,66	0,86	0,56
ÄhnlicheRechtecke	174	68	–0,86	1,01	0,39	174	68	–0,89	1,02	0,38
AnteilVomGanzen	161	88	–2,30	0,93	0,34	161	88	–2,34	0,93	0,39
AuslegenFläche	152	51	0,00	0,99	0,44	152	51	–0,01	0,96	0,46
ArithmetischesMittel	184	55	–0,28	1,03	0,39	184	55	–0,28	1,05	0,37
Bitcoin	152	51	–0,02	1,03	0,42	152	51	–0,06	1,01	0,42
Computerchips	174	13	2,20	0,88	0,50	174	13	2,24	0,086	0,49
Drahtwürfel	87	5	3,18	1,00	0,26	87	5	3,19	0,98	0,26
Fakultät	153	14	2,02	1,01	0,23	–	–	–	–	–
FlächeDreiecke	153	44	0,38	1,17	0,20	–	–	–	–	–
FlächenVergleichen	164	54	–0,26	1,01	0,44	164	54	–0,25	1,02	0,42
FigurBeschreiben	184	57	–0,39	1,00	0,45	184	57	–0,39	1,01	0,45
FunktionGesucht	184	55	–0,30	0,97	0,48	184	55	–0,30	0,94	0,50
FunktionInWorten	153	52	–0,09	0,98	0,46	153	52	–0,10	1,00	0,41
FunktionQuadranten	184	49	–0,03	0,93	0,55	184	49	–0,03	0,93	0,53
FunktionWachs_01	153	40	0,60	1,02	0,38	153	40	0,64	1,04	0,36
FunktionWachs_02	174	50	0,01	0,98	0,42	174	50	0,02	0,97	0,44
FunktionZusammen	165	30	0,95	0,99	0,37	165	30	0,96	1,03	0,38
GleichschDreieck	152	55	–0,20	1,10	0,29	152	55	–0,25	1,11	0,27
Gleichung	153	42	0,36	0,90	0,56	153	42	0,35	0,96	0,48
GleichungZumBruch	152	31	0,96	0,94	0,51	152	31	0,92	0,92	0,50
InternetAufPapier	88	58	–0,50	0,96	0,42	88	58	–0,50	0,95	0,51
Küchenrolle	161	36	0,68	1,02	0,38	161	36	0,71	1,04	0,35
KunstInAmsterdam	152	38	0,65	1,00	0,42	152	38	0,65	1,04	0,36
Längenverhältnis_01	88	40	0,35	1,02	0,38	88	40	0,35	1,03	0,38
Längenverhältnis_02	174	63	–0,61	0,97	0,37	174	63	–0,61	1,00	0,40
Legoschiff	183	51	–0,10	0,99	0,43	183	51	–0,09	0,96	0,47
LGS_01	162	24	1,25	0,97	0,44	162	24	1,27	0,98	0,43
LGS_02	152	34	0,89	1,03	0,35	152	34	0,94	1,04	0,30
Megastädte_01	88	40	0,35	1,08	0,31	88	40	0,35	1,08	0,31
Megastädte_02	98	33	0,83	1,01	0,40	98	33	0,83	0,99	0,41
MitPotenzenRechnen	174	25	1,28	0,94	0,41	174	25	1,28	0,93	0,43
MitWurzelnRechnen	152	18	1,75	1,00	0,36	152	18	1,77	0,99	0,32
MountEverest	152	53	–0,05	0,97	0,48	152	53	–0,01	0,98	0,46
MultiplikationZahlen	162	84	–1,93	1,00	0,33	162	84	–1,92	0,97	0,37
MünzeWerfen	184	16	1,79	1,03	0,27	184	16	1,80	1,02	0,26
NächsterWurf	89	63	–0,75	0,96	0,49	89	63	–0,75	0,97	0,49
Nährwerttabelle_01	98	86	–2,00	0,95	0,41	98	86	–2,02	0,97	0,49
Nährwerttabelle_02	88	35	0,52	0,93	0,51	88	35	0,52	0,93	0,51
Nährwerttabelle_03	98	76	–1,27	1,00	0,37	98	76	–1,29	0,93	0,51

Tab. 5 (Fortsetzung)

	Skalierung 1					Skalierung 2				
	N	%	*LW*	*WM*	r_{it}	*N*	%	*LW*	*WM*	r_{it}
NetzDurchlaufen	161	34	0,66	1,14	0,23	161	34	0,63	1,16	0,21
Pfeilspiele	87	36	0,58	1,06	0,32	87	36	0,58	1,07	0,32
PositiveLösungen	86	45	0,05	0,83	0,63	86	45	0,05	0,83	0,63
Potenzschreibweise	152	11	2,39	1,01	0,28	152	11	2,41	1,01	0,27
Produktionskosten	161	79	–1,58	0,99	0,35	161	79	–1,59	1,01	0,36
ProzenteInternet	174	32	0,93	0,99	0,41	174	32	0,92	0,96	0,42
PunkteFunktion	98	78	–1,40	0,96	0,42	98	78	–1,41	1,00	0,39
QuadratDrehen	184	63	–0,67	1,01	0,42	184	63	–0,68	1,01	0,42
Rattenproblem	153	67	–0,77	0,98	0,45	153	67	–0,79	1,01	0,42
Sanddornsaft	153	67	–0,70	0,98	0,47	153	67	–0,66	0,93	0,50
Schokoladentafeln	153	10	2,48	0,98	0,35	153	10	2,48	0,98	0,34
Sinusfunktion	152	32	0,89	1,07	0,28	152	32	0,85	1,07	0,29
Sonnenmasse	152	8	2,84	1,01	0,23	152	8	2,90	1,03	0,22
Spielkarten	152	48	0,13	0,95	0,50	152	48	0,09	0,94	0,50
Stausee	153	70	–0,84	0,97	0,49	153	70	–0,80	0,92	0,52
Symmetrieachsen	86	91	–2,66	1,00	0,27	86	91	–2,67	1,02	0,27
Tanken	174	88	–2,17	1,03	0,26	174	88	–2,20	1,01	0,26
Treppenzahlen	163	28	1,07	1,05	0,35	163	28	1,06	1,07	0,30
Trinkwasser	86	28	0,95	1,01	0,33	86	28	0,95	1,03	0,33
UmfangQuadrat	161	31	0,84	1,02	0,32	161	31	0,81	1,03	0,37
Umformen	165	18	1,66	1,00	0,30	165	18	1,64	1,03	0,31
Umrechnen_01	153	38	0,58	1,08	0,32	153	38	0,57	1,07	0,31
Umrechnen_02	152	28	1,17	1,02	0,37	152	28	1,22	1,05	0,32
UngeradeZahlen	153	31	1,06	1,03	0,24	153	31	1,10	1,03	0,34
VierstelligeZahl	152	26	1,28	1,10	0,24	–	–	–	–	–
VolumenPyramide	174	18	1,74	0,99	0,37	174	18	1,76	1,01	0,34
Wahlergebnis	152	22	1,50	1,03	0,32	152	22	1,46	1,06	0,26
Wasserversorgung	152	24	1,40	0,96	0,43	152	24	1,41	0,96	0,44
WegeImGitternetz	85	59	–0,58	1,04	0,39	85	59	–0,59	1,04	0,39
Wichteln	162	83	–1,82	0,94	0,41	162	83	–1,81	0,95	0,41
WinkelBerechnen	162	67	–0,82	0,94	0,38	162	67	–0,84	0,92	0,49
Würfelnetz	175	14	2,09	1,02	0,26	175	14	2,12	1,02	0,25
ZahlenAnordnen	183	30	0,95	1,07	0,27	183	30	0,95	1,09	0,26
Zahlenstrahl	165	68	–0,93	0,96	0,45	165	68	–0,92	0,97	0,48
ZentrischeStreckung	152	32	0,96	1,04	0,34	152	32	1,00	1,07	0,31
Zylinder	153	36	0,79	0,93	0,51	153	36	0,84	0,94	0,49
ZweiZüge	163	56	–0,30	0,99	0,46	163	56	–0,28	0,98	0,49
BISTA_Automüll	–	–	–	–	–	98	51	–0,05	0,95	0,49
BISTA_BlitzDonner	–	–	–	–	–	98	92	–2,70	1,04	0,22
BISTA_Brüche	–	–	–	–	–	98	78	–1,41	0,84	0,55
BISTA_Rotation	–	–	–	–	–	98	51	–0,05	0,93	0,49
BISTA_Tiefgarage	–	–	–	–	–	98	48	0,09	1,03	0,36

Tab. 5 (Fortsetzung)

	Skalierung 1					Skalierung 2				
	N	%	*LW*	*WM*	r_{it}	*N*	%	*LW*	*WM*	r_{it}
BISTA_Zapfsäule	–	–	–	–	–	98	66	–0,78	1,03	0,36
PISA_GrößerWerden	–	–	–	–	–	381	91	–2,52	1,02	0,21
PISA_Physiktest	–	–	–	–	–	381	74	–1,11	0,99	0,41
PISA_BesteAuto	–	–	–	–	–	381	67	–0,75	0,98	0,42
PISA_InterChat_01	–	–	–	–	–	152	89	–2,34	1,03	0,22
PISA_InterChat_02	–	–	–	–	–	153	78	–1,26	1,12	0,20
PISA_Spielwürfel	–	–	–	–	–	381	93	–2,92	0,98	0,24
PISA_Tischler	–	–	–	–	–	381	44	0,36	0,99	0,44
PISA_Treppe	–	–	–	–	–	152	65	–0,55	0,95	0,47
PISA_Wechselkurs	–	–	–	–	–	381	78	–1,41	1,04	0,33

N Anzahl Bearbeitungen, % Prozentuale Häufigkeit korrekter Bearbeitungen, *LW* Logit-Wert, *WM* Weighted Meansquare, r_{it} Trennschärfe

Literatur

Baumert, J., & Kunter, M. (2013). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In I. Gogolin, H. Kuper, H.-H. Krüger & J. Baumert (Hrsg.), *Stichwort: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* (S. 277–337). Wiesbaden: Springer.

Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., et al. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, *47*(1), 133–180.

Bausch, I., Biehler, R., Bruder, R., Fischer, P. R., Hochmuth, R., Koepf, W., et al. (Hrsg.). (2014). *Mathematische Vor- und Brückenkurse. Konzepte, Probleme und Perspektiven*. Wiesbaden: Springer Spektrum.

Berthold, C., Jorzik, B., & Meyer-Guckel, V. (Hrsg.). (2015). *Handbuch Studienerfolg. Strategien und Maßnahmen: Wie Hochschulen Studierende erfolgreich zum Abschluss führen*. Essen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft.

Besser, M., & Krauss, S. (2009). Zur Professionalität als Expertise. In K. Beck, R. Mulder, O. Zlatkin-Troitschanskaia, R. Nickolaus & D. Sembill (Hrsg.), *Lehrprofessionalität. Bedingung, Genese, Wirkungen und ihre Messung* (S. 71–82). Weinheim: Beltz.

Biehler, R., Hochmuth, R., Schaper, N., Kuklinski, C., Lankeit, E., Liebendörfer, M., & Schürmann, M. (2018). Verbundprojekt WiGeMath: Wirkung und Gelingensbedingungen von Unterstützungsmaßnahmen für mathematikbezogenes Lernen in der Studieneingangsphase. In A. Hanft, F. Bischoff & S. Kretschmer (Hrsg.), *3. Auswertungsworkshop der Begleitforschung. Dokumentation der Projektbeiträge* (S. 32–41). Oldenburg: Carl-von-Ossietzki-Universität.

Blömeke, S., Kaiser, G., Schwarz, B., Lehmann, R., Seeber, S., Müller, C., & Felbrich, A. (2008). Entwicklung des fachbezogenen Wissens in der Lehrerausbildung. In S. Blömeke, G. Kaiser & R. Lehmann (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare – Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung* (S. 135–170). Münster: Waxmann.

Bond, T. G., & Fox, M. (2015). *Applying the Rasch model. Fundamental measurement in the human science*. New York: Routledge.

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

Bromme, R. (2008). Lehrerexpertise. Teacher's skill. In W. Schneider & M. Hasselhorn (Hrsg.), *Handbuch der Pädagogischen Psychologie* (S. 159–167). Göttingen: Hogrefe.

Bromme, R., & Haag, L. (2008). Forschung zur Lehrerpersönlichkeit. In W. Helsper & J. Böhme (Hrsg.), *Handbuch der Schulforschung* (S. 803–819). Wiesbaden: VS.

Buchholtz, N., Leung, F. K. S., Ding, L., Kaiser, G., Park, K., & Schwarz, B. (2013). Future mathematics teachers' professional knowledge of elementary mathematics from an advanced standpoint. *ZDM—The*

International Journal on Mathematics Education, 45(1), 107–120. https://doi.org/10.1007/s11858-012-0462-6.

Bundesinstitut BIFIE des österreichischen Schulwesens (Hrsg.). Mathematikkompetenz. Sammlung freigegebener PISA-Aufgaben. Charakteristika, Lösungen und Bewertungsrichtlinien. https://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/04/PISA_Aufgabensammlung_Mathematik.pdf. Zugegriffen: 25. Okt. 2020

Buschhüter, D., Spoden, C., & Borowski, A. (2017). Studienerfolg im Physikstudium: Inkrementelle Validität physikalischen Fachwissens und physikalischer Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *23*(1), 127–141. https://doi.org/10.1007/s40753-019-00098-1.

COSH (cooperation schule:hochschule) (2014). Mindestanforderungskatalog Mathematik (Versino 2.0) der Hochschulen Baden-Württembergs für ein Studium von WiMINT-Fächern. https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/mathematik/bs/bk/cosh/katalog/makv20b_ohne_leerseiten.pdf. Zugegriffen: 25. Okt. 2020

Crocker, L. (2005). Teaching for the test: How and why test preparation is appropriate. In R. Phelps (Hrsg.), *Defending standardized testing* (S. 159–174). Mahwah: Lawrence Erlbaum.

Deeken, C., Neumann, I., & Heinze, A. (2019). Mathematical prerequisites for STEM programs: what do university instructors expect from new STEM undergraduates? *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*. https://doi.org/10.1007/s40753-019-00098-1.

Deidesheimer Kreis (1997). *Hochschulzulassung und Studieneignungstests. Studienfeldbezogene Verfahren zur Feststellung der Eignung für Numerus-clausus- und andere Studiengänge*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

DMV, GDM, & MNU (2008). Standards für die Lehrerbildung im Fach Mathematik. Empfehlungen von DMV, GDM, MNU. https://madipedia.de/images/2/21/Standards_Lehrerbildung_Mathematik.pdf. Zugegriffen: 25. Okt. 2020

Döhrmann, M., Kaiser, G., & Blömeke, S. (2012). The conceptualisation of mathematics competencies in the international teacher education study TEDS-M. *ZDM—The International Journal on Mathematics Education*, *44*(3), 325–340.

Dreher, A., Lindmeier, A., Heinze, A., & Niemand, C. (2018). What kind of content knowledge do secondary mathematics teachers need? A conceptualization taking into account academic and school mathematics. *Journal für Mathematik-Didaktik*. https://doi.org/10.1007/s13138-018-0127-2.

Dürr, R., Dürrschnabel, K., Loose, F., & Wurth, R. (Hrsg.). (2016). *Mathematik zwischen Schule und Hochschule: Den Übergang zu einem WiMINT-Studium gestalten – Ergebnisse einer Fachtagung*. Esslingen, 2015. Wiesbaden: Springer Spektrum.

Fischer, A., Heinze, A., & Wagner, D. (2009). Mathematiklernen in der Schule – Mathematiklernen an der Hochschule: Die Schwierigkeiten von Lernenden beim Übergang ins Studium. In A. Heinze & M. Grüßing (Hrsg.), *Mathematiklernen vom Kindergarten bis zum Studium. Kontinuität und Kohärenz als Herausforderung beim Mathematiklernen* (S. 245–264). Münster: Waxmann.

Flippo, R.F., Appatova, V., & Wark, D.M. (2018). Test preparation and test taking. In R.F. Flippo & W. Bean (Hrsg.), *Handbook of college reading and study strategy research* (S. 241–278). New York: Routledge.

Galla, B.M., Shulman, E.P., Plummer, B.D., Gardner, M., Hutt, S.J., Goyer, J.P., et al. (2019). Why high school grades are better predictors of on-time college graduation than are admissions test scores: the roles of self-regulation and cognitive ability. *American Educational Research Journal*, *56*(6), 2077–2115. https://doi.org/10.3102/0002831219843292.

Greefrath, G., Kopef, W., & Neugebauer, C. (2017). Is there a link between preparatory course attendance and academic success? A case study of degree programmes in electrical engineering and computer science. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, *3*(1), 143–167. https://doi.org/10.1007/s40753-016-0047-9.

Hailikari, T., Nevgi, A., & Komulainen, E. (2008). Academic self-beliefs and prior knowledge as predictors of student achievement in mathematics: A structural model. *Educational Psychology*, *28*(1), 59–71. https://doi.org/10.1080/01443410701413753.

Hanfstingl, B., & Mayr, J. (2007). Prognose der Bewährung im Lehrerstudium und im Lehrerberuf. *Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, *7*, 48–56.

Hefendehl-Hebeker, L. (2016). Mathematische Wissensbildung in Schule und Hochschule. In A. Hoppenbrock, R. Biehler, R. Hochmuth & H.-G. Rück (Hrsg.), *Lehren und Lernen von Mathematik in der Studieneingangsphase* (S. 15–30). Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-10261-6_2.

Heine, C., Briedis, K., Didi, H.-J., Haase, K., & Trost, G. (2006). *Auswahl- und Eignungsfeststellungsverfahren beim Hochschulzugang in Deutschland und ausgewählten Ländern. Eine Bestandsaufnahme*. Hannover Bonn: Hochschul Informations System & ITB.

Heinze, A., Dreher, A., Lindmeier, A., & Niemand, C. (2016). Akademisches versus schulbezogenes Fachwissen – ein differenziertes Modell des fachspezifischen Professionswissens von angehenden Mathematiklehrkräften der Sekundarstufe. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *19*, 329–349.

Hell, B., Trapmann, S., & Schuler, H. (2007). Eine Metaanalyse der Validität von fachspezifischen Studierfähigkeitstests im deutschsprachigen Raum. *Empirische Pädagogik*, *21*(3), 251–270.

Heller, K. A., & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision*. Beltz Test.

Hill, H. C., Rowan, B., & Ball, D. L. (2005). Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal*, *42*, 371–406.

Hoth, J., Jeschke, C., Dreher, A., Lindmeier, A., & Heinze, A. (2020). Ist akademisches Fachwissen hinreichend für den Erwerb eines berufsspezifischen Fachwissens im Lehramtsstudium? Eine Untersuchung der Trickle-down-Annahme. *Journal für Mathematik-Didaktik*, *41*(2), 329–356. https://doi.org/10.1007/s13138-019-00152-0.

Jordan, A.-K., & Duchhardt, C. (2013). *NEPS technical report for mathematics—scaling results of starting cohort 6—adults*. NEPS Working Papers, 32. https://www.neps-data.de/Portals/0/WorkingPapers/WP_XXXII.pdf

Kampa, N., Hinz, H., Haag, N., & Köller, O. (2018). Standardbezogene Kompetenzen im Fach Mathematik am Ende der gymnasialen Oberstufe. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *21*, 121–141.

Kleickmann, T., & Anders, Y. (2013). Learning at university. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Cognitive activation in the mathematics classroom and professional competence of teachers. Results from the COACTIV project* (S. 321–332). New York: Springer.

Kolter, J., Blum, W., Bender, P., Biehler, R., Haase, J., Hochmuth, R., & Schukajlow, S. (2018). Zum Erwerb, zur Messung und zur Förderung studentischen (Fach-)Wissens in der Vorlesung „Arithmetik für die Grundschule“ – Ergebnisse aus dem KLIMAGS-Projekt. In R. Möller & R. Vogel (Hrsg.), *Innovative Konzepte für die Grundschullehrerausbildung im Fach Mathematik* (S. 95–121). Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-10265-4_4.

Konegen-Grenier, C. (2018). Wer bekommt einen Studienplatz? Die Regelung des Hochschulzugangs im Umbruch. *IW-Report*, *22*. https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Report/PDF/2018/IW-Report_2018_22_Hochschulzulassung.pdf. Zugegriffen: 25. Okt. 2020

Krauss, S., & Bruckmaier, G. (2014). Das Experten-Paradigma in der Forschung zum Lehrerberuf. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (Bd. 2, S. 241–261). Münster: Waxmann.

Krauss, S., Blum, W., Brunner, M., Neubrand, M., Baumert, J., & Kunter, M. (2011). Konzeptualisierung und Testkonstruktion zum fachbezogenen Professionswissen von Mathematiklehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 135–161). Münster: Waxmann.

Krauss, S., Baumert, J., & Blum, W. (2008a). Secondary mathematics teachers' pedagogical content knowledge and content knowledge: validation of the COACTIV constructs. *ZDM—The International Journal on Mathematics Education*, *40*(5), 873–892.

Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M., & Jordan, A. (2008b). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik*, *29*(3/4), 223–258.

Kultusministerkonferenz (2008). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf. Zugegriffen: 25. Okt. 2020

Kultusministerkonferenz (2003). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.

Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T., & Hachfeld, A. (2013). Professional competence of teachers: effects on instructional quality and student development. *Journal of Educational Psychology*, *105*(3), 805–820.

Laging, A., & Voßkamp, R. (2017). Determinants of maths performance of first-year business administration and economics students. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, *3*(1), 108–142. https://doi.org/10.1007/s40753-016-0048-8.

Mayr, J. (2012). Ein Lehrerstudium beginnen? Ein Lehrerstudium beginnen lassen? Laufbahnberatung und Bewerberauswahl konstruktiv gestalten. In B. Weyand, M. Justus & M. Schratz (Hrsg.), *Auf unsere*

Lehrerinnen und Lehrer kommt es an. Geeignete Lehrer/innen gewinnen, (aus-)bilden und fördern (S. 38–57). Essen: Stifterverband der Deutschen Wirtschaft.

Messick, S. (1982). Issues of effectiveness and equity in the coaching controversy: Implications for educational testing and practice. *Educational Psychologist*, *17*, 67–91.

Müller, J., Stender, A., Fleischer, J., Borowski, A., Dammann, E., Lang, M., & Fischer, H.E. (2018). Mathematisches Wissen von Studienanfängern und Studienerfolg. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *24*(1), 183–199. https://doi.org/10.1007/s40573-018-0082-y.

Neumann, I., Pigge, C., & Heinze, A. (2017). *Welche mathematischen Lernvoraussetzungen erwarten Hochschullehrende für ein MINT-Studium? Eine Delphie-Studie*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.

Niedersächsisches Kultusministerium und Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur (2019). MINT in Niedersachsen. Mathematik für einen erfolgreichen Studienstart. Basispapier Mathematik. Ergebnisse des institutionalisierten Gesprächskreises Mathematik Schule-Hochschule IGeMa. https://www.mwk.niedersachsen.de/startseite/hochschulen/studium/mint/mint_basispapier_mathematik/mint-basispapier-mathematik-178792.html. Zugegriffen: 25. Okt. 2020

OECD (2017). PISA 2015 Technical Report. https://www.oecd.org/pisa/data/2015-technical-report/PISA2015_TechRep_Final.pdf. Zugegriffen: 25. Okt. 2020

Powers, D.E. (2017). Understanding the impact of special preparation for admissions tests. In R.E. Bennett & M. von Davier (Hrsg.), *Advancing Human Assessment. Methodology of Educational Measurement and Assessment* (S. 553–564). Heidelberg Berlin: SpringerOpen. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58689-2_17.

Prenzel, M., Sälzer, C., Klieme, E., & Köller, O. (Hrsg.). (2013). *PISA 2012. Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland*. Münster: Waxmann.

Pustelnik, K. (2018). *Bedingungsfaktoren für den erfolgreichen Übergang von Schule zu Hochschule*. Göttingen: Georg-August-Universität Göttingen.

Rach, S., & Heinze, A. (2017). The transition from school to university in mathematics: which influence do school-related variables have? *International Journal of Science and Mathematics Education*, *15*(7), 1343–1363. https://doi.org/10.1007/s10763-016-9744-8.

Rach, S., & Ufer, S. (2020). Which prior mathematical knowledge is necessary for study success in the university study entrance phase? Results on a new model of knowledge levels based on a reanalysis of data from existing studies. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*. https://doi.org/10.1007/s40753-020-00112-x.

Richardson, M., Abraham, C., & Bond, R. (2012). Psychological correlates of university students' academic performance: a systematic review and meta-analysis. *Psychological Bulletin*, *138*(2), 353–387.

Robbins, S.B., Lauver, K., Le, H., Davis, D., Langley, R., & Carlstrom, A. (2004). Do psychosocial and study skill factors predict college outcomes? A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, *130*(2), 261–288.

Rost, J. (2004). *Lehrbuch Testtheorie – Testkonstruktion*. Bern: Huber.

Schuler, H., & Hell, B. (2008). Studierendenauswahl und Studienentscheidung aus eignungsdiagnostischer Sicht. In H. Schuler & B. Hell (Hrsg.), *Studierendenauswahl und Studienentscheidung* (S. 11–17). Göttingen: Hogrefe.

Schult, J., Hofmann, A., & Stegt, S.J. (2019). Leisten fachspezifische Studierfähigkeitstests im deutschsprachigen Raum eine valide Studienerfolgsprognose? Ein metaanalytisches Update. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *51*(1), 16–30. https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000204.

Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S., & Henschel, S. (Hrsg.). (2019). *IQB-Bildungstrend 2018. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich*. Münster, New York: Waxmann.

Statistisches Bundesamt (Hrsg.). (2018). Bildungsstand der Bevölkerung. Ergebnisse des Mikrozensus 2016. https://www.destatis.de/DE/Home/_inhalt.html. Zugegriffen: 25. Okt. 2020

Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (Hrsg.). (2005). *Hochschulzulassung: Auswahlmodelle für die Zukunft. Eine Entscheidungshilfe für die Hochschulen*. Essen, Stuttgart: Schriftenreihe der Landesstiftung.

Tarazona, M. (2006). Berechtigte Hoffnung auf bessere Studierende durch hochschuleigene Studierendenauswahl? Eine Analyse der Erfahrungen mit Auswahlverfahren in der Hochschulzulassung. *Beiträge zur Hochschulforschung*, *28*(2), 68–89.

Trapmann, S., Hell, B., Weigand, S., & Schuler, H. (2007). Die Validität von Schulnoten zur Vorhersage des Studienerfolgs – eine Metaanalyse. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *21*(1), 11–27. https://doi.org/10.1024/1010-0652.21.1.11.

Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessung in Schulen* (S. 17–31). Weinheim: Beltz.

Wolf, K., Kunina-Habenicht, O., Maurer, C., & Kunter, M. (2018). Werden aus guten Schülerinnen und Schülern auch erfolgreiche Lehrkräfte? Zur prädiktiven Bedeutung von Noten in Schule und Ausbildung für den Berufserfolg angehender Lehrkräfte. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *32*(1–2), 101–115. https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000215.