

# Mathematiklehren und -lernen an Hochschulen – Einführung in den Themenschwerpunkt

ANDREAS BÜCHTER, ESSEN & ALEXANDER SALLE, BIELEFELD

---

Die Hochschuldidaktik der Mathematik hat sich in der jüngeren Vergangenheit national wie international zu einem Bereich intensiver Forschung entwickelt. Vortragsthemen auf allgemeinen mathematikdidaktischen Tagungen (z. B. ICME, CERME, GDM), themenspezifische Tagungen (z. B. INDRUM, AK Hochschuldidaktik der Mathematik/Hansekolloquium) sowie zahlreiche Veröffentlichungen dokumentieren die rege Forschungsaktivität ebenso wie eine zweistellige Anzahl an Dissertationen, die in den vergangenen Jahren alleine im deutschsprachigen Raum zu diesem Themenbereich entstanden sind. In vielen Forschungsarbeiten wird dabei deutlich, dass die hochschulbezogene Mathematikdidaktik zwar einerseits Anregungen von der bereits länger etablierten schulbezogenen Mathematikdidaktik aufgenommen hat, sich das Lehren und Lernen in Hochschulen jedoch andererseits in vielerlei Hinsicht und zum Teil erheblich vom Lehren und Lernen im Schulkontext unterscheidet.

Mit den Beiträgen des vorliegenden Themenschwerpunkts zur Hochschuldidaktik der Mathematik soll ein Beitrag zur Bündelung, Spezifizierung und Erweiterung bisher diskutierter theoretischer Perspektiven und vorliegender Befunde in verschiedenen Bereichen der hochschulbezogenen Mathematikdidaktik geleistet werden. Damit soll insbesondere ihre theoretische Grundlegung gestärkt sowie durch empirische Untersuchungen abgesichert und angereichert werden. Im Folgenden skizzieren wir zunächst die Entwicklung der Hochschuldidaktik in Deutschland, bevor wir anschließend einen groben Überblick über den aktuellen Stand dieses Forschungsgebiets geben. Abschließend werden die Beiträge des Themenschwerpunkts vor diesem Hintergrund eingeordnet.

## 1. Entwicklung der Hochschuldidaktik der Mathematik in Deutschland – eine Skizze

Die Mathematikdidaktik beschäftigte sich in Deutschland im Zuge ihrer Etablierung als Wissenschaftsdisziplin nach dem zweiten Weltkrieg zunächst vorrangig mit Fragen, die das Lehren und Lernen von Mathematik an *Schulen* betreffen (vgl. Sträßer et al., 2023). In diesem Zuge hat sich eine vielfältige Landschaft von Forschungssträngen,

Theorien, Themen und Publikationsorganen (Handbücher, Lehrbücher, wissenschaftliche Journale, praxisbezogene Zeitschriften etc.) herausgebildet, die heute eine ausdifferenzierte schulbezogene Mathematikdidaktik bildet. Dabei werden Spezifika verschiedener Schulstufen und -typen berücksichtigt und erforscht, vielfältige Analysen fachlicher Gegenstände und Themengebiete durchgeführt sowie gemeinsam mit Bezugswissenschaften empirisch begründetes Wissen und systematisch erprobte Lehr-Lern-Konzepte hervorgebracht. Das Lehren und Lernen von höherer Mathematik an *Hochschulen* wurde, vor allem abseits der Lehramtsausbildung, in der Mathematikdidaktik bis vor Kurzem hingegen kaum in den Blick genommen.<sup>1</sup>

Mit Ausnahme verschiedener geisteswissenschaftlich geprägter Arbeiten, die sich mit der Gestaltung universitärer Lehrveranstaltungen vor dem Hintergrund eines gelingenden Übergangs von „höheren Lehranstalten“<sup>2</sup> zu einem Studium der Mathematik (bzw. von Anwendungsdisziplinen mit umfassenden mathematischen Anteilen) beschäftigten (beginnend u. a. mit Klein 1896, 1899; Pringsheim 1897, 1899; Toeplitz 1927), war die Perspektive der deutschsprachigen Mathematikdidaktik auf das Studium lange schulisch geprägt. Im Zentrum stand vor allem die Frage, wie Schüler:innen in der Schule möglichst (aus-)gebildet werden sollten, um an Universitäten oder anderen Hochschulen erfolgreich Mathematik (oder die Anwendungsdisziplinen) studieren zu können.<sup>3</sup>

Die Entwicklung einer dezidiert hochschulbezogenen Mathematikdidaktik vollzieht sich im internationalen Vergleich in Deutschland deutlich verzögert: So finden sich international bereits seit den 1980er-Jahren bspw. Sammelbände und thematische Zeitschriftenausgaben aus verschiedenen Ländern, die zeigen, dass die Beschäftigung mit fachspezifischen hochschuldidaktischen Fragestellungen im Bereich Mathematik dort bereits von verschiedenen Arbeitsgruppen systematisch gedacht wurden (z. B. Dreyfus; 1991, 1999; Moore, 1994; Sierpinska, 2000; Tall, 1991, 2008; Yosof & Tall, 1999).

Spätestens mit Beginn der 2010er-Jahre etablierten sich dann auch in Deutschland – u. a. angeregt durch den internationalen Diskurs, aber auch durch bildungs- bzw. wissenschaftspolitische Maßnahmen – schrittweise Forschungsstränge, die Lehr-Lern-Prozesse beim Studium höherer Mathematik an Hochschulen, vor allem an Universitäten, in den Blick nahmen. Zur Etablierung einer relativ eigenständigen Beforschung des Mathematiklehrens und -lernens an Hochschulen, trug neben der Gründung des Kompetenzzentrums Hochschuldidaktik Mathematik (khdm) im Jahr 2010 auch das Bund-Länder-Programm „Qualitätspakt Lehre“ (2011-2020) bei, in dessen Rahmen zahlreiche Unterstützungsmaßnahmen für den Übergang von der Schule in die Hochschule und für die Studieneingangsphase entwickelt und beforscht wurden (z. B. Hochmuth et al. 2022, Salle et al. 2021). Hierfür wurden an den beteiligten Hochschulen zusätzliche Stellen für wissenschaftliches Personal zunächst projektgefördert geschaffen und nach Ende des Programms häufig auch verstetigt. Aus diesem Kontext sind erste einschlägige Qualifikationsarbeiten entstanden (siehe Anhang). Die Etablierung einer Hochschuldidaktik der Mathematik zeigt sich auch in der Gründung des „Arbeitskreises Hochschulmathematikdidaktik“ in der *Gesellschaft für Didaktik der Mathematik* im Jahr 2010 und in den „Hanse-Kolloquien“ zur Hochschuldidaktik der Mathematik, auf denen aktuelle Entwicklungs- und Forschungsarbeiten vorgestellt werden (Paravicini & Schnieder, 2015, 2016a, 2016b; Klinger et al., 2019; Zimmermann et al., 2021; Härterich et al., 2023). Für das sich so entwickelnde Forschungsgebiet war und ist die gleichberechtigte Zusammenarbeit von Mathematikdidaktiker:innen und Fachmathematiker:innen (häufig auch in Kooperation mit Bezugsdisziplinen wie anderen Fachdidaktiken oder Bildungswissenschaften) prägend.

Die zuvor skizzierte Entwicklung vollzog sich dabei in einem internationalen Umfeld, das verschiedene produktive Diskursräume bereitstellt. Dazu gehören u. a. die Topic Study Group „Mathematics education at tertiary level“ auf dem *International Congress on Mathematical Education (ICME)*, die Thematic Working Group „University Mathematics Education“ auf dem *Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME)* oder das „International Network for Didactic Research in University Mathematics“ (*INDRUM*) mit Topic Conferences unter dem Dach der *European*

*Society for Research in Mathematics Education (ERME)*. Aus diesen Arbeitszusammenhängen sind zahlreiche Veröffentlichungen, u. a. Themenschwerpunkte bei internationalen Zeitschriften (zuletzt z. B. *Educational Studies in Mathematics, Volume 113, Issue 1, 2023*), entstanden.

Die Relevanz eigenständiger hochschuldidaktischer Fragestellungen bildet sich in Deutschland heute auch in der mathematikdidaktischen Community ab. Es gibt an zahlreichen Standorten Arbeitsgruppen, die einen Forschungsschwerpunkt im Bereich der Hochschuldidaktik der Mathematik ausweisen. So entstehen auch nach Ende der Projektförderung im „Qualitätspakt Lehre“ regelmäßig Qualifikationsarbeiten und andere substantielle wissenschaftliche Publikationen.

## 2. Ein Überblick des Forschungsgebiets im deutschsprachigen Raum

Mittlerweile finden sich vielfältige Beiträge, die sich zentralen Themen des Mathematiklehrens und -lernens an der Hochschule theoretisch oder empirisch aus unterschiedlichen Perspektiven nähern (vgl. Anhang mit einer Liste einschlägiger Dissertationen). Dabei tritt immer wieder auch die Frage auf, inwieweit sich Theorien und Modelle, die in der schulbezogenen Mathematikdidaktik relevant und erfolgreich waren, auf das Lehren und Lernen von Mathematik in der Hochschule übertragen lassen. Für einen Überblick über den aktuellen Stand versuchen wir im Folgenden, anhand publizierter Arbeiten Themenbereiche zu benennen, die in der jüngeren Vergangenheit gut sichtbar bearbeitet wurden.<sup>4</sup>

In der Tradition *didaktisch orientierter Sachanalysen* („Stoffdidaktik“) werden Inhalte einer der höheren Mathematik in den Blick genommen, z. B. Arend (2017) zur Stetigkeit, Lankeit & Biehler (2024) zur mehrdimensionalen Ableitung, Leuders (2016) zur Galoistheorie oder Wilzek (2021) zur Rolle der Anschauung in der Analysis. Im Kern geht es bei solchen Forschungsarbeiten um klassische Fragen, die auch in der schulbezogenen „Stoffdidaktik“ gestellt wurden: Wie bereitet man einen Inhalt oder Begriff auf, um ihn möglichst gut zugänglich und möglichst unverfälscht zu lehren? Welche Zugänge zu Begriffen führen dazu, dass Lernende den Begriff besonders erfolgreich mit ihrem Vorwissen vernetzen können? Inwieweit und an welchen Stellen ist

der Einbezug welcher Darstellungsformen förderlich für den flexiblen Umgang von Lernenden mit diesen Begriffen?

Von theoretischer und praktischer Relevanz ist ebenfalls die Frage, welche *mathematikspezifischen Tätigkeiten, Bearbeitungsprozesse und Kompetenzen* in Lehrveranstaltungen adressiert werden sollten und auf welche Weise das jeweilige Erlernen gefördert werden kann. Beispielsweise wird hier den Fragen nachgegangen, was typische Herausforderungen für Studierende beim Beweisen oder Problemlösen sind (Kempen, 2019; Kirsten, 2021; Stenzel, 2023), wie diese Schwierigkeiten in Vorlesungen adressiert werden können und inwieweit bestimmte Aufgabenformate geeignet sind, um mathematisches Argumentieren und Beweisen zu fördern oder andere Lernziele zu erreichen (Weber & Lindmeier, 2020). Neben spezifischen Tätigkeiten und Kompetenzen werden in empirischen Arbeiten zudem Bearbeitungsprozesse und -strategien für z. B. Übungsaufgaben in den Blick genommen oder typische Fehler bei bestimmten Vorgehensweisen oder Argumentationen analysiert. Weiterhin wird versucht, über die Analyse empirischer Daten beispielsweise Vorstellungen zu bestimmten Begriffen zu rekonstruieren (Greefrath et al., 2021).

Ein weiterer Forschungsstrang beschäftigt sich mit *pädagogisch-psychologischen Merkmalen und Konzepten*, die in Zusammenhang mit einem erfolgreichen Lernen von Mathematik im Studium stehen. Hier stehen beispielsweise zielführende Lernstrategien (Rach & Heinze, 2013; Liebendörfer & Göller 2016; Liebendörfer et al., 2023), Interesse und Selbstkonzept (Rach & Heinze, 2017), Identität und Motivation (Gildehaus, 2024) oder epistemologische Überzeugungen (Geisler, 2023) im Fokus.

Darüber hinaus ließen sich weitere Bereiche identifizieren, in denen bereits erste Arbeiten entstanden sind und die in den kommenden Jahren intensiver beforscht werden dürften. Exemplarisch sei hier der Zusammenhang von sprachlichem und fachlichem Lernen benannt. Schulbezogen existiert zu dieser Thematik im deutschsprachigen Bereich mittlerweile bereits ein gut konsolidierter Forschungs- und Entwicklungsstand. Für den Hochschulbereich deuten erste Arbeiten an, dass in diesem Kontext andere Spezifika prägend sind (vgl. Körtling & Eichler, 2022).

Quer zu den obigen Bereichen liegt die nähere Beforschung des Übergangs von der Schule zur Hochschule, in dem sich viele der zuvor genannten Beiträge (und speziell beispielsweise Roth et al., 2015) verorten lassen. Unmittelbar damit im Zusammenhang stehen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die vor allem in der Studieneingangsphase verortet sind und beispielsweise über die Gestaltung von Vorkursen und die Klärung von Voraussetzungen bzw. Anforderungen einen erfolgreichen Übergang fördern möchten (u. a. Hoppenbrock et al., 2016, Pigge et al., 2017, etliche Arbeiten in Biehler et al., 2021) Das Interesse an dieser Thematik ist insbesondere aufgrund der hohen Zahl von Studienabbrecher:innen und der sinkenden Einschreibezahlen in mathematikhaltigen Studiengängen auch aus gesellschaftlicher Perspektive von besonderer Relevanz.

Viele der genannten Themenbereiche und Forschungsarbeiten fußen auf Theorien und Methoden, die zunächst in der schulbezogenen Mathematikdidaktik entwickelt wurden und dort eine Forschungstradition aufweisen. Dabei dürften sie von grundlegenden Konstituenten der Schule und der schulbezogenen Didaktik während ihrer Genese beeinflusst worden sein. Hochschulen haben – anders als (allgemeinbildende) Schulen – keinen Allgemeinbildungsauftrag, sondern streben vor allem in den Fachstudiengängen wissenschaftliche Spezialbildung an, die zur selbstständigen wissenschaftlichen Arbeit in der jeweiligen Disziplin befähigen soll.<sup>5</sup>

Mit dem Ziel, die Lehre an Hochschulen entsprechend zu gestalten, sind viele Beiträge zu einer hochschulbezogenen Mathematikdidaktik vor allem aus Bedürfnissen und Problemwahrnehmungen von Lehrenden in der Praxis entstanden. Anders als in der Schule, die Lehrkräfte mit systematischer pädagogischer und mathematikdidaktischer Bildung hat, sind Lehrende in der Hochschule im deutschsprachigen Raum dabei vorrangig Expert:innen für ihre Disziplin bzw. Teildisziplin. Sie verfügen zwar für ihre Lehre über einen fachlich höheren Standpunkt, auf den die wenigsten Mathematikdidaktiker:innen zurückgreifen können, und über einschlägige Lehrerfahrung, überwiegend aber nicht über eine Wissensbasis in der Lehr-Lern-Forschung und entsprechende Methodenkenntnisse.

Dies könnten Gründe dafür sein, dass sich Hochschuldidaktik der Mathematik im deutschsprachigen Raum vergleichsweise spät entwickelt hat und dass es – anders als in der schulbezogenen Mathematikdidaktik – hier praktisch keine genuin für hochschulspezifische mathematikdidaktische Fragen entwickelte Theorien und Methoden gibt. Auch die bereits oben genannte gleichberechtigte gemeinsam Forschungs- und Entwicklungsarbeit von Mathematikdidaktiker:innen und Fachmathematiker:innen (z. B. im „Qualitätspakt Lehre“) dürfte hieraus resultieren, da sich ihre Qualifikationsprofile für die Hochschuldidaktik der Mathematik häufig komplementär ergänzen (ggf. mit mehr oder weniger großen Überlappungen). Dieses symmetrische Verhältnis ist durchaus spezifisch: Mathematiklehrkräfte in der Schule werden nicht selten von der Mathematikdidaktik aus beforscht oder sind Adressat:innen von mehr oder weniger vollständig gedachten Unterrichtskonzepten, ohne dass sie in diese Forschung und Entwicklung gleichberechtigt einbezogen werden.

### 3. Anliegen und Beiträge des Themenschwerpunkts

Mit den Beiträgen des vorliegenden Themenschwerpunkts zur Hochschuldidaktik der Mathematik soll ein Beitrag zur Bündelung, Spezifizierung und Erweiterung bisher diskutierter theoretischer Perspektiven und vorliegender Befunde in verschiedenen Bereichen der hochschulbezogenen Mathematikdidaktik geleistet werden. Damit soll insbesondere ihre theoretische Grundlegung gestärkt sowie durch empirische Untersuchungen abgesichert und angereichert werden.

Im Sinne einer solchen Grundlegung lassen sich die versammelten Aufsätze drei Kategorien zuordnen, wodurch der spezifische Beitrag der jeweiligen Arbeiten zum Themenschwerpunkt charakterisiert werden kann:

- Entwicklung und Diskussion spezifischer Theorien für das Mathematiklehren und -lernen an Hochschulen bzw. Fokussierung des Spannungsfelds zwischen eher im Sekundarstufenbereich etablierten theoretischen Konzepten und den Anforderungen der Hochschullehre (Büchter & Kaiser, Spratte, Wessel & Dellori).
- Didaktische Analyse ausgewählter – auch fortgeschrittener – Lehrinhalte unter Berücksichtigung der Vorstellungen und Denkprozesse der

Lernenden sowie der Sachstruktur der Lehrinhalte (Fetzer & Paravicini).

- Darstellung und Diskussion empirischer Untersuchungen zu Konzepten, Akteur:innen oder Bedingungsfaktoren des Mathematiklehrens und -lernens in der Hochschule, insbesondere unter Berücksichtigung aktueller Herausforderungen (Kirsten & Greefrath, Stenzel & Rott, Utsch).

Wir hoffen, mit den Beiträgen des Themenschwerpunkts die (Weiter-)Entwicklung einer Hochschuldidaktik der Mathematik unterstützen zu können.

### Anmerkungen

- <sup>1</sup> Vergleichbares gilt für Westdeutschland für den Bereich der frühkindlichen Bildung (vgl. ebd.).
- <sup>2</sup> „Höhere Lehranstalten“ war der Oberbegriff für Gymnasien, Realgymnasien und Oberrealschulen.
- <sup>3</sup> Zusätzlich wurde ebenfalls mit der Frage gerungen, wie die Lehrkräftebildung an Universitäten und Pädagogischen Hochschulen aussehen muss, damit diese Lehrkräfte später „guten“ Mathematikunterricht gestalten können (z. B. Klein 1908/1909; Beutelspacher et al., 2011).
- <sup>4</sup> Die Übersicht stellt nur eine erste Annäherung dar. Insbesondere sind in den letzten Jahren Arbeiten in weiteren Bereichen entstanden, die sich in den nächsten Jahren zu größeren Forschungssträngen entwickeln können.
- <sup>5</sup> Dieser Unterschied lässt sich mit der in Fischer (2012) entfalteten Idee von Allgemeinbildung prägnant fassen: Während Schüler:innen in der allgemeinbildenden Schule eine Kommunikationsfähigkeit mit Expert:innen entwickeln sollen, sollen Studierende in der Hochschule zu Expert:innen ihrer Disziplin werden.

### Literatur

- Arend, S. (2017). *Verständnisorientierter Umgang von Mathematikstudierenden mit der  $\epsilon$ - $\delta$ -Definition von Stetigkeit*. WTM.
- Beutelspacher, A., Danckwerts, R., Nickel, G., Spies, S. & Wickel, G. (2011). *Mathematik Neu Denken. Impulse für die Gymnasiallehrerbildung an Universitäten*. Wiesbaden.
- Biehler, R., Eichler, A., Hochmuth, R., Rach, S. & Schaper, N. (Hrsg.). (2021). *Lehrinnovationen in der Hochschulmathematik: praxisrelevant – didaktisch fundiert – forschungsbauiert*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Dreyfus, T. (1991). *Advanced Mathematical Thinking Process*. In D. Tall (Hrsg.), *Advanced mathematical tinkering* (S. 25–41). Kluwer Academic Publishers.
- Dreyfus, T. (1999). *Why Johnny can't prove*. *Educational Studies in Mathematics*, 38, 85–109.
- Fischer, R. (2012). *Fächerorientierte Allgemeinbildung: Entscheidungskompetenz und Kommunikationsfähigkeit mit ExpertInnen*. In R. Fischer, U. Greiner & H. Bastel (Hrsg.),

- Domänen fächerorientierter Allgemeinbildung (S. 9–17). Trauner.
- Geisler, S. (2023). What role do students' beliefs play for a successful transition from school to university mathematics? *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 54(8), 1458-1473.
- Gildehaus, L. (2024). *Zwischen Fach und Berufswunsch? Triangulation von Perspektiven zur Identität, Partizipation und Motivation von Mathematiklehramtsstudierenden im ersten Studienjahr*. Dissertationsschrift. Universität Paderborn.
- Greefrath, G., Oldenburg, R., Siller, H.-S., Ulm, V., Weigand, H.-G. (2021). *Test zur Erfassung von Grundvorstellungen zu Ableitungen und Integralen (GV-AI), Empirische Erfassung von Grundvorstellungen zur ersten Ableitung einer Funktion an einer Stelle und zum bestimmten Integral*. hal-03103685
- Härterich, J., Kallweit, M., Rolka, K. & Skill, T. (Hrsg.). (2023). *Hanse-Kolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik 2021. Beiträge zum gleichnamigen Symposium am 12. November 2021 aus Bochum*. WTM.
- Hochmuth, R., Biehler, R., Schaper, N. & Liebendörfer, M. (2022). *Unterstützungsmaßnahmen in mathematikbezogenen Studiengängen – Eine anwendungsorientierte Darstellung verschiedener Konzepte, Praxisbeispiele und Untersuchungsergebnisse*. Springer Fachmedien.
- Hoppenbrock, A., Biehler, R., Hochmuth, R. & Rück, H.-G. (Hrsg.) (2016). *Lehren und Lernen von Mathematik in der Studieneingangsphase – Herausforderungen und Lösungsansätze*. Springer Spektrum.
- Kempfen, L. (2019). *Begründen und Beweisen im Übergang von der Schule zur Hochschule. Theoretische Begründung, Weiterentwicklung und Evaluation einer universitären Erstsemesterveranstaltung unter der Perspektive der doppelten Diskontinuität*. Springer Spektrum.
- Kirsten, K. (2021). *Beweisprozesse von Studierenden. Ergebnisse einer empirischen Untersuchung zu Prozessverläufen und phasenspezifischen Aktivitäten*. Springer Spektrum.
- Klein, F. (1896). Über die Arithmetisierung der Mathematik. *Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht*, 27, 143-149.
- Klein, F. (1899). Über Aufgabe und Methode des mathematischen Unterrichts an den Universitäten. *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung*, 7, 126-138.
- Klein, F. (1908/1909). *Elementarmathematik vom höheren Standpunkt aus*. 3 Bände. Teubner.
- Klinger, M., Schüler-Meyer, A. & Wessel, L. (Hrsg.). (2019). *Hanse-Kolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik 2018. Beiträge zum gleichnamigen Symposium am 9. & 10. November 2018 an der Universität Duisburg-Essen*. WTM.
- Körtling & Eichler (2022). Students' development of mathematical language regarding definitions. In J. Hodgen, E. Geraniou, G. Bolondi & F. Ferretti (Hrsg.), *Proceedings of the Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME12)* (S. 2445-2452). Free University of Bozen-Bolzano and ERME.
- Lankeit, E. & Biehler, R. (2024). The meaning landscape of the concept of the total derivative in multivariable real analysis textbooks: an analysis based on a new model of meaning. *ZDM – Mathematics Education*, 56(7).
- Leuders, T. (2016). Subject Matter Analysis with a Perspective on Teacher Education – The Case of Galois Theory as a Theory of Symmetry. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 37(Supplement 1), 163–191.
- Liebendörfer, M. & Göller, R. (2016). Abschreiben von Übungsaufgaben in traditionellen und innovativen Mathematikvorlesungen. *Mitteilungen der Deutschen Mathematiker-Vereinigung*, 24(4), Artikel 4.
- Liebendörfer, M., Kempfen, L. & Schukajlow, S. (2023). First-year university students' self-regulated learning during the COVID-19 pandemic: a qualitative longitudinal study. *ZDM – Mathematics Education*, 55(1), 119-131.
- Moore, R. C. (1994). Making the transition to formal proof. *Educational Studies in Mathematics*, 27, 249–266.
- Paravicini, W. & Schnieder, J. (Hrsg.). (2015). *Hanse-Kolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik 2013. Beiträge zum gleichnamigen Symposium am 8. & 9. November 2013 an der Universität zu Lübeck*. WTM.
- Paravicini, W. & Schnieder, J. (Hrsg.). (2016a). *Hanse-Kolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik 2013. Beiträge zum gleichnamigen Symposium am 7. & 8. November 2014 an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster*. WTM.
- Paravicini, W. & Schnieder, J. (Hrsg.). (2016b). *Hanse-Kolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik 2013. Beiträge zum gleichnamigen Symposium am 13. & 14. November 2015 an der Universität zu Lübeck*. WTM.
- Pringsheim, A. (1897). Über den Zahl- und Grenzbegriff im Unterricht. *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung*, 6, 73–83.
- Pringsheim, A. (1899). Zur Frage der Universitätsvorlesungen über Infinitesimalrechnung. *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung*, 7, 138-145.
- 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.
- 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.
- Roth, J., Bauer, T., Koch, H. & Prediger, S. (2015). *Übergänge konstruktiv gestalten. Ansätze für eine zielgruppenspezifische Hochschuldidaktik Mathematik*. Springer Spektrum
- Salle, A., Schumacher, S. & Hattermann, M. (Hrsg.). (2021). *Mathematiklernen mit digitalen Medien an der Hochschule*. Springer.
- Sierpinska, A. (2000). On some aspects of students' thinking in linear algebra. In J.-L. Dorier (Hrsg.), *On the teaching of linear algebra* (S. 209–246). Kluwer.
- Stenzel, T. (2023). *Mathematisches Problemlösen in der Studieneingangsphase. Untersuchung von Bearbeitungsprozessen typischer Übungsaufgaben und zyklische Entwicklung einer Fördermaßnahme im Rahmen vorlesungsbegleitender Übungen*. Springer Spektrum.
- Sträßer, R., Bruder, R. & Büchter, A. (2023). Zur Etablierung der Mathematikdidaktik nach dem zweiten Weltkrieg – unter Berücksichtigung von Entwicklungen in der DDR. In R. Bruder, A. Büchter, H. Gasteiger, B. Schmidt-Thieme & H.-G.

- Weigand (Hrsg.), *Handbuch der Mathematikdidaktik* (2. Aufl.) (S. 679-715). Springer.
- Tall, D. (1991). *Advanced Mathematical Thinking* (Bd. 11). Kluwer Academic Publishers.
- Tall, D. (2008). The Transition to Formal Thinking in Mathematics. *Mathematics Education Research Journal*, 20(2), 5–24.
- Toeplitz, O. (1927). Das Problem der Universitätsvorlesungen über Infinitesimalrechnung und ihrer Abgrenzung gegenüber der Infinitesimalrechnung an höheren Schulen. *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung*, 37, 88–100.
- Weber, B.-J. & Lindmeier, A. (2020). Viel Beweisen, kaum Rechnen? Gestaltungsmerkmale mathematischer Übungsaufgaben im Studium. *Mathematische Semesterberichte*, 67, 263–284.
- Wilzek, W. (2021). *Zum Potenzial von Anschauung in der mathematischen Hochschullehre. Eine Untersuchung am Beispiel interaktiver dynamischer Visualisierungen in der Analysis*. Springer Spektrum.
- Yosof, Y. M. & Tall, D. (1999). Changing attitudes to university mathematics through problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 37, 67–82.
- Zimmermann, M, Paravicini, W. & Schnieder, J. (Hrsg.). (2021). *Hanse-Kolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik 2016 und 2017. Beiträge zu den gleichnamigen Symposien: am 11. & 12. November 2016 in Münster und am 10. & 11. November 2017 in Göttingen*. WTM.

### **Anschrift der Verfasser:innen**

Andreas Büchter  
Universität Duisburg-Essen  
Fakultät für Mathematik  
Thea-Leymann-Straße 9  
45127 Essen  
[andreas.buechter@uni-due.de](mailto:andreas.buechter@uni-due.de)

Alexander Salle  
Universität Bielefeld  
Fakultät für Mathematik  
Institut für Didaktik der Mathematik (IDM)  
Universitätsstraße 25  
33615 Bielefeld  
[alexander.salle@uni-bielefeld.de](mailto:alexander.salle@uni-bielefeld.de)