

Zusammenfassung der Beiträge

**Arbeitskreis Mathematik mit digitalen  
Werkzeugen · Herbsttagung 2023 · „Digitale  
Schulbücher“**

Frank Reinhold, Maria-Martine Oppmann,  
Martin Abt, & Florian Schacht

28.–29. September 2023  
Pädagogische Hochschule Freiburg

# Inhaltsverzeichnis

<b>Tagungsprogramm</b>	<b>3</b>
<b>Donnerstag · 28.09.2023</b>	<b>4</b>
<b>Session 1: Theorie und Historie</b>	<b>4</b>
[ENTFÄLLT] Jürgen Roth: Digitale Schulbücher – Ein Sonderfall digitaler Lernumgebungen . . . . .	4
Hans-Jürgen Elschenbroich & Wilfried Dutkowski: Erfolgreicher Mathematik mit dem Computer unterrichten, heute und vor 25 Jahren – Gedanken zu Volker Hole . . . . .	4
<b>Session 2: Universität</b>	<b>4</b>
Guido Pinkernell & Tim Lutz: AuthOMath (2022-2024) – Die Potentiale von STACK und GeoGebra technisch verknüpfen und didaktisch reflektiert nutzen . . . . .	4
Nils Buchholtz & Judith Huget: Produktive Nutzung von ChatGPT als Unterrichtsplanungstool für den Mathematikunterricht . . . . .	4
<b>Session 3: Primar- und Sekundarstufe (A)</b>	<b>5</b>
Heike Hagelgans & Jaqueline Simon: Das Aufgabenformat Zahlenmauern in einem digitalen Schulbuch der Primarstufe – ausreichend oder ergänzungsbedürftig? . . . . .	5
Mira H. Wulff, Anika Radkowitz & Aiso Heinze: Lernen über digitale Technologien der Arbeitswelt im regulären Mathematikunterricht? Zusammengesetzte Körper im Kontext 3D-Druck . . . . .	5
<b>Session 4: Primar- und Sekundarstufe (B)</b>	<b>6</b>
Sonja Bley-mehl & Susanne Digel: Simulationen verstehen durch digital-gestütztes Modellieren zu anti-/proportionalen Zusammenhängen . . . . .	6
Julius Schaaf, Tobias Rolfes, Gabriel Nagy, & Aiso Heinze: Zusammenhang zwischen der Nutzung intelligenter tutorieller Systeme (ITS) und dem Lernzuwachs in Mathematik in der Mittelstufe . . . . .	7
<b>Postersession</b>	<b>8</b>
Katja Lenz & Tim Lutz: Förderung des Stellenwertverständnisses durch den Einsatz von Augmented Reality . .	8
Matthias Knippers: Auswahl und Nutzung von Erklärvideos durch Schüler*innen im Mathematikunterricht – erste Ergebnisse aus einer Pilotierungsstudie . . . . .	9
Martin Abt, Timo Leuders, Katharina Loibl, & Frank Reinhold: Variabilität als Lerngegenstand im Unterricht zu Boxplots: Eine digitale Lernumgebung . . . . .	10
<b>Session 5: Programmieren</b>	<b>10</b>
Saskia Schreiter & Jens Dennhard: Das Projekt CoM-MIT – Entwicklung und Erforschung von digitalen Lernumgebungen zum Coden im Mathematikunterricht . . . . .	11
Carina Büscher: Wege zur Bestimmung des Drehwinkels beim Programmieren ebener Figuren . . . . .	12
<b>Freitag · 29.09.2023</b>	<b>14</b>
<b>Keynote</b>	<b>14</b>
Sebastian Rezat: Digitale Mathematikschulbücher mit automatisiertem Feedback – Status quo und Perspektiven	14
<b>Session 6: Lehrkräfte (A)</b>	<b>14</b>
Julia Marie Stechemesser: Beweisen mit interaktiven Büchern: Nutzung interaktiver Buchelemente von Lehramtsstudierenden in geometrischen Beweisprozessen. . . . .	14
Hannes Seifert & Anke Lindmeier: Selbstregulation beim Erwerb digitaler Kompetenzen angehender Mathematiklehrkräfte – Pilotierung eines Reflexionsbogens für den Einsatz in Lehrveranstaltungen . . . . .	15
<b>Session 7: Lehrkräfte (B)</b>	<b>17</b>
Alex Engelhardt & Jürgen Roth: Unterrichten mit interaktiven Arbeitsblättern zu funktionalen Zusammenhängen. Notwendige professionelle Kompetenzen bei Lehramtsstudierenden entwickeln . . . . .	17
Marco Böhm & Ralf Holzmann: Bedien- und Auswahlkompetenzen von Lehramtsstudierenden bezüglich digitaler Mathematikwerkzeuge – Entwicklung eines Tests für GeoGebra und Tabellenkalkulation im Bereich elementarer Funktionen . . . . .	17

# Tagungsprogramm

Donnerstag, 28.09.2023

13:00 – 14:00	Check-In	
14:00 – 14:30	Begrüßung und Eröffnung	
14:30 – 15:30	Session 1: Theorie und Historie	Session 2: Universität
15:30 – 16:00	Kaffeepause	
16:00 – 17:00	Session 3: Primar- & Sekundarstufe (A)	Session 4: Primar- & Sekundarstufe (B)
17:00 – 17:30	Postersession mit Kaffee	
17:30 – 18:30	Session 5: Programmieren	

Ab 19:00 Uhr	Gemeinsames Abendessen: Restaurant „Goldener Anker“
--------------	--

Freitag, 29.09.2023

08:30 – 09:30	Keynote	
09:30 – 10:30	Podiumsdiskussion	
10:30 – 11:00	Kaffeepause	
11:00 – 12:00	Session 6: Lehrkräfte (A)	Session 7: Lehrkräfte (B)
12:00 – 13:00	Gemeinsames Mittagessen: Pizzeria „La Corona“	
13:00 – 14:00	Tagungsabschluss	

# Donnerstag · 28.09.2023

## Session 1: Theorie und Historie

**Zeit:** 14:30 – 15:30 · **Raum:** KG4, 301

[ENTFÄLLT] ★ **Jürgen Roth:** Digitale Schulbücher – Ein Sonderfall digitaler Lernumgebungen

*Zusammenfassung.* Im Beitrag werden digitale Schulbücher als Sonderfall digitaler Lernumgebungen charakterisiert. Dazu der Begriff digitale Lernumgebung zunächst definiert und erläutert, wie er sich vom Begriff digitales Werkzeug unterscheidet. Darauf aufbauend werden Ziele des Einsatzes digitaler Lernumgebungen diskutiert. Vor diesem Hintergrund werden digitale Lernumgebungen vorgestellt und eine Typisierung vorgeschlagen. Es erfolgt eine Einteilung in die Kategorien Lernpfade sowie digitale Schulbücher, die nicht nur Inhalte präsentieren, sondern insbesondere für das interaktive Arbeiten von Lernenden mit ihnen konzipiert sind. Darüber hinaus werden ausgewählte Forschungsergebnisse zur Wirksamkeit digitaler Lernumgebungen berichtet und auf dieser Basis Desiderate für die weitere fachdidaktische Forschung und Entwicklungsarbeit rund um digitale Lernumgebungen und insbesondere digitale Schulbücher abgeleitet. [ENTFÄLLT]

★ **Hans-Jürgen Elschenbroich & Wilfried Dutkowski:** Erfolgreicher Mathematik mit dem Computer unterrichten, heute und vor 25 Jahren – Gedanken zu Volker Hole

*Zusammenfassung.* Vor 25 Jahren hat Volker Hole sein Buch „Erfolgreicher Mathematikunterricht mit dem Computer“ veröffentlicht. Damals fand die „Diskussion zum

Computereinsatz im Mathematikunterricht“ eher auf akademischer Ebene statt. In der Schule wurde sie abgesehen von isolierten Leuchtturmprojekten (zu denen auch die Arbeit von Hole gehört) bei den Lehrkräften in der Mehrheit eher skeptisch gesehen oder garnicht zur Kenntnis genommen.

Hole verdanken wir neben zahlreichen Beispielen die Idee, die drei Formen der Erkenntnisgewinnung von Bruner E-I-S (Enaktiv, Ikonisch, Symbolisch) mit dem Computer zu verbinden zum C-E-I-S Modell. In diesem Beitrag formulieren wir zunächst einige grundlegende didaktische Prinzipien zur Organisation des Unterrichts mit digitalen Mathematikwerkzeugen: Genetisches Prinzip · Operatives Prinzip · Spiralprinzip · Dynamische Visualisierung · Systematische Variation.

Folgende Aufgaben werden wir dann exemplarisch betrachten: Achsenspiegelung und Symmetrie · Satz des Thales · Kreiszahl  $\pi$  · Quadratische Funktionen mit Parametern · Scheitelpunkt und Nullstellen quadratischer Funktionen · Extremwertproblem Offene Schachtel · Würfeln und relative Häufigkeit, Gesetz der großen Zahlen · Mittelwert & Standardabweichung, Boxplot · Quadratschnecke · Simulation einer Temperaturverteilung.

Wir stellen zunächst jeweils den Ansatz von Hole 1998 vor und zeigen dann, wie man das auf heutigem technischen und didaktischen Stand angehen könnte. Dies ist nicht als Kritik an Hole zu verstehen. Vielmehr greifen wird seine Arbeit auf und schreiben sie im Rahmen der Entwicklung der digitalen Werkzeuge und der Digitalisierung fort.

## Session 2: Universität

**Zeit:** 14:30 – 15:30 · **Raum:** KG4, 302

★ **Guido Pinkernell & Tim Lutz:** AuthOMath (2022-2024) – Die Potentiale von STACK und GeoGebra technisch verknüpfen und didaktisch reflektiert nutzen

*Zusammenfassung.* GeoGebra hat seine Stärken in der Erstellung multirepräsentationaler dynamischer und interaktiver mathematischer Applets und wird häufig im schulischen Mathematikunterricht eingesetzt. STACK ist besonders stark bei der Erstellung von randomisierten Aufgaben mit adaptivem Feedback und ist hauptsächlich in der akademischen Lehre verbreitet. Das Erasmus+ Projekt AuthOMath (2022-2024) zielt darauf ab, die Stärken beider Systeme in einem Autorenwerkzeug zu vereinen und die entstehenden transformativen Potentiale in der Lehramtsausbildung

zu nutzen. Ein halbes Jahr vor Projektende informiert der Vortrag über den technischen Entwicklungsstand und stellt das avisierte didaktische Konzept zur Diskussion.

★ **Nils Buchholtz & Judith Hugel:** Produktive Nutzung von ChatGPT als Unterrichtsplanungstool für den Mathematikunterricht

*Zusammenfassung.* Trotzdem der Einsatz von künstlicher Intelligenz in der Form von generativen KI-Sprachmodellen wie ChatGPT in der schulischen Praxis und für die Ausbildung von Lehrkräften umstritten ist, sollte eine produktive Auseinandersetzung mit dem Nutzen der neuen Technologie für schulische Lehr-Lern-Prozesse und die Leh-

rerabildung nicht unterbleiben (Buchholtz et al., 2023). Jüngste Entwicklungen, wie etwa die Verknüpfung von ChatGPT mit Wolfram Alpha oder der gezielte Einsatz von Prompt-Engineering Techniken ermöglichen eine immer zuverlässigere Generierung auch mathematischer Inhalte durch die Modelle (Schorch et al., 2023). Es stellt sich die Frage, welche KI-bezogenen Kompetenzen zukünftige Mathematiklehrkräfte in ihrer Ausbildung erwerben müssen, um die neue Technologie sinnvoll für den Unterricht einzusetzen.

Wir berichten in dem Vortrag über eine Studie eines fachdidaktischen Entwicklungsprojekts zur Vermittlung von KI-bezogenen Lehrerkompetenzen zur Unterrichtsplanung im Fach Mathematik. Mit Hilfe von Prompt-Engineering Techniken haben wir ein Prozessdiagramm zur Verbesserung

des KI-Outputs bei der Planung von Unterrichtsstunden entwickelt. In einer empirischen Erprobung haben wir das Prozessdiagramm anschließend mit Lehramtsstudierenden eines Masterseminars zum Einsatz von digitalen Medien und Werkzeugen im Analysisunterricht validiert. Wir berichten im Vortrag über die Anlage der Studie, das (weiter)entwickelte Prozessdiagramm und erste Ergebnisse.

#### Literatur

- Buchholtz, N., Baumanns, L., Huget, J., Peters, F., Pohl, M. & Schorch, S. (2023). Herausforderungen und Entwicklungsmöglichkeiten für die Mathematikdidaktik durch generative KI-Sprachmodelle. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 114, 19–26.
- Schorch, S., Baumanns, L., Buchholtz, N., Huget, J., Peters, F., & Pohl, M. (2023). Ask Smart to Get Smart: Mathematische Ausgaben generativer KI-Sprachmodelle verbessern durch gezieltes Prompt Engineering. *Mitteilungen der Didaktik der Mathematik*, 115.

## Session 3: Primar- und Sekundarstufe (A)

**Zeit:** 16:00 – 17:00 · **Raum:** KG4, 301

★ **Heike Hagelgans & Jaqueline Simon:** Das Aufgabenformat Zahlenmauern in einem digitalen Schulbuch der Primarstufe – ausreichend oder ergänzungsbedürftig?

*Zusammenfassung.* Die Neufassung der Bildungsstandards für den Mathematikunterricht in der Primarstufe erweitert die prozessbezogenen Kompetenzen um die Komponente „mit mathematischen Objekten und Werkzeugen arbeiten“ und rekurriert explizit auf die Nutzung digitaler Werkzeuge im Mathematikunterricht (KMK, 2022, S. 12). Damit rücken neben der Nutzung klassischer Arbeitsmittel immer mehr digitale Medien in den Fokus des Mathematikunterrichts der Grundschule. Dadurch wächst auch das Angebot von digitalen Lehr- und Lernmedien, insbesondere auch von digitalen Lehrbüchern.

★ **Mira H. Wulff, Anika Radkowsch & Aiso Heinze:** Lernen über digitale Technologien der Arbeitswelt im regulären Mathematikunterricht? Zusammengesetzte Körper im Kontext 3D-Druck

*Zusammenfassung.* Die Digitalisierung der Arbeitswelt hat zur Folge, dass neue Technologien in eine Vielzahl von Arbeitsprozessen integriert werden. Beispielsweise gewinnt die 3D-Druck-Technologie dank der breit gefächerten Einsatzmöglichkeiten insbesondere in der Industrie aber auch in Handwerk und Wirtschaft stetig an Relevanz. Folglich verändern sich die Kompetenzprofile, die Absolvent:innen für den Einstieg in die entsprechenden Berufe benötigen. Es stellt sich die Frage, inwieweit die allgemeinbildende Schule Kompetenzen zum 3D-Druck vermitteln soll und kann. Um Schüler:innen Erfahrungen mit relevanten digitalen Technologien zu ermöglichen, können diese in den Unterricht integriert werden. Um die Akzeptanz solcher Unterrichtsinnovationen durch die Lehrkräfte zu erleichtern, können digitale Werkzeuge als Lernkontexte anstelle von Lerninhalten eingesetzt werden. Mit einem Design-Based-Research-Ansatz wurde eine prototypische Mathematiklein-

heit entwickelt, die 3D-Druck als Lernkontext nutzt. Die Ergebnisse einer Evaluation mit 101 Schüler:innen der Klassenstufen 5 bis 7 zeigen, dass die Unterrichtseinheit einen signifikanten Effekt auf die verhaltensbezogenen und kognitiven Komponenten des 3D-Druck-bezogenen Selbstkonzepts der Schüler:innen hat und dass der Lernkontext des 3D-Drucks die Schüler:innen nicht vom Mathematiklernen ablenkt.

#### Literatur

- Bandura, A. (1978). Reflections on Self-Efficacy. *Advances in Behavior Research and Therapy*, 1, 237-269.
- Fastermann, P. (2014). 3D-Drucken. Wie die generative Fertigungstechnik funktioniert. Heidelberg: Springer.
- Grundke, R., Jamet, S., Kalamova, M., Keslair, F., & Squicciarini, M. (2017). Skills and global value chains: A characterization. *OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2017(05)*, OECD Publishing.
- Janneck, M., Vincent-Höper, S., & Ehrhardt, J. (2014). The computer-related self concept: A gender-sensitive study. *International Journal of Social and Organizational Dynamics in IT*, 3(3), 1–16.
- Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur des Landes Schleswig Holstein (MBWK) (2014). *Fachanforderungen Mathematik. Allgemeinbildende Schulen, Sekundarstufe 1, Sekundarstufe 2*. Kiel: MBWK.
- Rosenberg, M.J. & Hovland, C.I. (1960) Cognitive, Affective and Behavioral Components of Attitudes. In: M.J. Rosenberg & C.I. Hovland (Eds.), *Attitude Organization and Change: An Analysis of Consistency among Attitude Components* (S. 1-14). New Haven: Yale University Press.
- Wakefield, R. L. (2015). The Acceptance and Use of Innovative Technology: Do Positive and Negative Feelings Matter? *The DATABASE for Advances in Information Systems* 46(4), 48-67.
- Wulff, M. H., Wilken, M., & Heinze, A. (2023). Increasing the skills on occupationally relevant digital technologies among students in Southern Denmark and Northern Germany: 3D printing as a learning context in regular mathematics class. In: F. Dilling, F. Pielsticker, & I. Witzke (Hrsg.), *Learning mathematics in the context of 3D printing: Proceedings of the International Symposium on 3D Printing in Mathematics Education* (S. 51-72). Wiesbaden: Springer Spektrum.

- Wulff, M. H., Radkowsch, A., Wilken, M., & Heinze, A. (2023). Wie sehen Lehrkräfte die Nutzung des 3D-Drucks als Lernkontext im Mathematikunterricht der Sekundarstufe? In: F. Dilling, D. Thurm, & I. Witzke (Hrsg.), Digitaler Mathematikunterricht in Forschung und Praxis: Tagungsband zur Vernetzungstagung 2022 in Siegen (S. 263-273). Münster: WTM.

## Session 4: Primar- und Sekundarstufe (B)

**Zeit:** 16:00 – 17:00 · **Raum:** KG4, 302

★ **Sonja Bleymehl & Susanne Digel:** Simulationen verstehen durch digital-gestütztes Modellieren zu anti-/proportionalen Zusammenhängen

*Zusammenfassung.* Das kooperative Projekt Simulierte Welten hat es sich zum Ziel gesetzt, eine kritisch-reflektierte Auseinandersetzung mit Computersimulationen an Schulen zu fördern. Der Begriff Computersimulation ist nicht einheitlich definiert (Greerath & Weigand, 2012, S.2; OECD, 2018, S.18), geteilt wird jedoch die Auffassung, dass mathematische Modelle die Basis jeder Computersimulation sind. Um Simulationen zu verstehen, ist daher ein Modellverständnis notwendig. Ziel dieser Forschungsarbeit ist es, Methoden und Materialien zu entwickeln, die es bereits Lernende der Sekundarstufe I ermöglichen, ein wissenschaftliches Verständnis des Modellbegriffs zu erwerben. Dazu wird eine Intervention im Mathematikunterricht der Klassenstufen sechs und sieben zum Thema proportionale und antiproportionale Zuordnungen erarbeitet. Diese wird im Sinne eines Design-based Research Ansatzes iterativ in der Schule erprobt, evaluiert und weiterentwickelt. Bisher wurde die Unterrichtssequenz drei Mal pilotiert. Im Rahmen der Herbsttagung soll die Genese der für die Förderung des Modellverständnisses entwickelten digitalen Werkzeuge vorgestellt und diskutiert werden.

Die erste Pilotierung Ende des Schuljahres 2021/22 in einer sechsten Klasse der Realschule erstreckte sich über einen Zeitraum von zehn Schulstunden (je 45 min). Dabei wurden die proportionalen Zuordnungen über ihre Darstellung als Ursprungsgerade eingeführt. Abschluss der Intervention bildete eine Modellierungsaufgabe mit einer Rampe als zentrales Element. Die Rampe kann als Steigungsdreieck betrachtet werden. Zum Validieren ihres Modells arbeiteten die Lernenden mit einer manipulierbaren Darstellung der Rampe in GeoGebra. In halbstrukturierten Interviews nach Abschluss der Intervention zeigte sich, dass die Lernenden trotz Durchlaufen dieser Modellierungsschritte bei der Bearbeitung des Kontexts in der Intervention die Mathematisierung nicht mit ihrem Modellverständnis verknüpfen konnten. Insbesondere eignete sich die graphische Darstellung des proportionalen Zusammenhangs nicht, um letzteres als mathematisches Modell zu identifizieren und darauf aufbauend die Kontextaufgabe auf Modellebene zu reflektieren (Modellauswahl, -einsatz, -bewertung). Ziel der Überarbeitungsphase war es somit, eine alternative, einheitliche Darstellungsform für mathematische Modelle zu finden.

In einer parallelen Studie mit Lernenden der gymnasialen Oberstufe wurde in zwei Gruppeninterviews das Modellverständnis allgemein und anhand konkreter Darstellungen und Objekte erhoben. Die Lernenden identifizier-

ten dabei ein Flussdiagramm unmittelbar und übereinstimmend als Modell, entschieden sich bei den mathematischen Termen aber gegen eine Einordnung als Modell. Flussdiagramme zur Visualisierung von Systemen waren bereits im Rahmen von Systemdenken unter der Überschrift „Simulation dynamischer Vorgänge“ für einige Jahre im baden-württembergischen Bildungsplan Mathematik für Klassenstufe zehn verankert (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2001). Die im Bildungsplan angegebenen Inhalte zur Einbindung der Systemtheorie in den Mathematikunterricht erwiesen sich als zu komplex und wurden deshalb wieder aus dem Bildungsplan entfernt. Für die zweite Pilotierung der hier vorgestellten Studie erschien jedoch der Ansatz des Konzepts, Flussdiagramme digital gestützt einzusetzen (Koller, 1995; Ossimitz, 2000) vielversprechend.

Eine Perspektive, die Komplexität des o. a. Ansatzes didaktisch zu reduzieren, findet sich bei Karcher und Kronenwett (2022). In ihrer Studie waren Lernende der Klassenstufe sieben in der Lage, selbstständig Fermi-Graphen beim Lösen einer Fermi-Aufgabe anzufertigen. Der Fermi-Graph ist nach Hartmann et al. (2022) „ein gerichteter Graph, dessen Kanten den erzielten Teilergebnissen und dessen Knoten verschiedenen Tätigkeiten [z. B. mathematischen Operationen] entsprechen.“ (ebd.: S.390). Die Fermi-Graphen dienen in der Studie als Beobachtungsinstrumente, um den Lösungsprozess der Lernenden in Fermi-Aufgaben aufzuzeigen. Lernende müssen dabei das Problem zerlegen, sich Teilfragen stellen und diese zu einem Gesamtbild zusammensetzen (Büchter, 2007, S.5). Analog dazu gehört es zum Erstellen eines Flussdiagramms, die Modellgrößen zu identifizieren und die Informationsflüsse zwischen diesen darzustellen (Koller, 1995). Fermi-Graphen stellen insofern möglicherweise eine leichter zugängliche Konkretisierung von Flussdiagrammen dar, weil sie sich grundsätzlich mit Alltagsphänomenen beschäftigen.

Die zweite Pilotierung im April/Mai 2023 in einer sechsten Klasse Gymnasium wurde über einen Zeitraum von insgesamt 12 Schulstunden durchgeführt. Die proportionalen Zuordnungen wurden hier über die Quotientengleichheit eingeführt, da dieser Ansatz direkt die Struktur der Zuordnung zeigt und sich somit besser für Fermi-Graphen eignet. Beim Modellieren wurden die Lernenden aufgefordert, das mathematische Modell in Form eines Fermi-Graphen aufzustellen. Im nächsten Schritt validierten die Lernenden ihr Modell mithilfe eines dynamischen Fermi-Graphs in Form eines GeoGebra-Applets, bei dem alle Eingangsgrößen und Parameter einzeln eingestellt und verändert werden können, um damit verschiedene Szenarien zu simulieren. Alle Teiler-

gebnisse sowie die Ausgangsgröße werden direkt berechnet und angezeigt. Darüber hinaus können die Rechenoperationen in den Knoten verändert werden. In einem Posttest zeigte sich weiterhin ein alltagsbezogenes Modellverständnis. Mit der Unterrichtsbeobachtung in der Intervention lässt sich dies so interpretieren, dass die Lernenden sich in dem kurzen Zeitraum nicht so weit auf die neue Darstellungsweise einlassen konnten, um damit ihr Vorgehen auf Modellebene zu reflektieren.

Eine den Lernenden bereits bekannte und mit Fermi-Graphen verwandte Darstellungsweise sind Rechenbäume mit dem Unterschied, dass dort Teilergebnisse nicht auf den Pfeilen notiert werden. Die dritte Pilotierung im Juni/Juli 2023 in einer sechsten Klasse Realschule umfasste 11 Schulstunden sowie drei weitere Übungsstunden mit der Lehrkraft. Die Einführung der proportionalen und antiproportionalen Zuordnung sowie alle Rechnungen wurden durch Rechenbäume veranschaulicht. Zusätzlich wurden dynamische Rechenbäume (GeoGebra) zur Demonstration, aber aus Zeitmangel nicht als Schülerarbeitsmittel verwendet. Die Lernenden nutzten die Rechenbäume in den Modellierungsaufgaben erfolgreich, zeigten in der Prä-Post-Testung allerdings noch keine Lernzuwächse beim Modellverständnis. Im nächsten Durchlauf sollen deshalb die dynamischen Rechenbäume auch als Schülerarbeitsmittel eingesetzt werden, um es den Lernenden so zu ermöglichen, den konkreten Kontext auf Modellebene zu reflektieren und ihr Modellverständnis zu verbessern.

### Literatur

- Büchter, A., Herget, W., Leuders, T., & Müller, L. (2007). Die Fermi-Box Lehrerkommentar. Friedrich Verlag.
- Greefrath, G., & Weigand, H.-G. (2012). Simulieren – mit Modellen experimentieren. *Mathematik lehren*, 174, 2-6.
- Hartmann, M., Borys, T., Okamoto, H., & Kawasaki, T. (2020, 09.-13. März). Der „Fermi-Tree“ - Prozesse und Strukturen beim Lösen von Fermi-Fragen erfassen [Vortrag]. 54. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik.
- Karcher, M., & Kronenwett, L. (2022). Fermi-Graphen erstellen mit Lernenden in verschiedenen Klassenstufen [Unveröffentlichtes Manuskript]. Pädagogische Hochschule Karlsruhe.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.) (2001). Bildungsplan für das allgemein bildende Gymnasium mit achtjährigem Bildungsgang. Neckar-Verlag.
- Koller, D. (Hrsg.) (1995). Simulation dynamischer Vorgänge: ein Arbeitsbuch. Klett.
- OECD (2018). PISA 2022 Mathematics Framework (Draft). PISA 2022. <https://pisa2022-maths.oecd.org/de/>
- Ossimitz, G. (2000). Klagenfurter Beiträge zur Didaktik der Mathematik: Bd. 1. Entwicklung systemischen Denkens. Profil Verlag.

★ **Julius Schaaf, Tobias Rolfes, Gabriel Nagy, & Aiso Heinze:** Zusammenhang zwischen der Nutzung intelligenter tutorieller Systeme (ITS) und dem Lernzuwachs in Mathematik in der Mittelstufe

### Zusammenfassung. 1. Einleitung

In den Schulen werden digitale Medien in Form digitaler Mathematikwerkzeuge (z.B. grafikfähige Taschenrechner, dynamische Geometriesoftware) seit langem eingesetzt und

sind auch fester Bestandteil der Bildungsstandards (KMK, 2022). Insbesondere durch die Corona-Pandemie sind in den letzten Jahren computerbasierte Mathematiklernsysteme in Form von intelligenten tutoriellen Systemen (ITS) stärker in den Fokus gerückt. Diese Systeme zeichnen sich oft durch eine breite Basis an bereitstehenden Inhalten, Adaptivität und direktes Feedback aus. Die Studienlage zur Lernwirksamkeit von ITS ist uneindeutig (Steenberg-Hu & Cooper, 2013). Daher soll im Rahmen dieser Studie der Einfluss der Nutzung eines ITS (Bettermarks) auf den Lernzuwachs in Mathematik von Schülerinnen und Schülern der Klassenstufe 7 und 8 untersucht werden.

## 2. Methode

### 2.1. Stichprobe

Im Längsschnitt liegen die Daten von 942 Testpersonen (489 weiblich, 445 männlich und 8 ohne Angabe) aus 57 Klassen aus Schleswig-Holstein vor, davon kommen 771 aus Gymnasien und 165 aus Gemeinschaftsschulen. Das durchschnittliche Alter der Stichprobe betrug 12,8 Jahre mit einer Standardabweichung von 0,7 Jahren.

### 2.2. Design

An zwei Messzeitpunkten (Prätest: September bis November 2021, Posttest: Juni bis Juli 2022) wurde ein computerbasierter Fragebogen administriert. Da der genaue Testzeitpunkt von den Lehrkräften eigenständig innerhalb vorab definierter Zeitfenster festgelegt wurde, variieren die Zeitabstände von Prä- und Posttest zwischen den Klassen und betragen im Mittel 253 Tage (Median). Zu beiden Messzeitpunkten wurden die Mathematikleistungen und weitere Schülermerkmale gemessen (siehe 2.3. Messinstrument). Darüber hinaus wurde während des Schuljahres die Aktivität der einzelnen Schülerinnen und Schüler im ITS gespeichert. Die Schülerinnen und Schüler bearbeiteten in dem ITS sogenannte Worksheets (Arbeitsblätter). Ein Worksheet besteht aus einer Anzahl ähnlicher Aufgaben zu einem gemeinsamen Thema. Bei jeder Bearbeitung eines Worksheets wurde erfasst, aus wie vielen Aufgaben es besteht, wie viele Aufgaben davon korrekt gelöst wurden und wann die Bearbeitung erfolgte. Es gab keine Vorgaben, in welchem Ausmaß, zu welchen Themengebieten, zu welchen Zeitpunkten (während oder außerhalb der Unterrichtszeit) oder mit welcher Methode das ITS genutzt werden sollte. Somit entschieden die Lehrkräfte und die Schülerinnen und Schüler nach ihrem freien Ermessen über die Art und Weise der ITS-Nutzung.

### 2.3. Messinstrument

Zur Messung der Mathematikleistung wurden 60 Items verwendet. Bei den administrierten Items handelte es sich größtenteils um Items aus der internationalen Trends in Mathematics and Science Study (TIMSS) für die Jahrgangsstufe 8. Die Items wurden in einem Multi-Matrix-Design administriert, sodass jeder Schülerin und jedem Schüler jeweils 20 Items im Prä- und Posttest vorgelegt wurden. Um eine valide Messung der Mathematikleistung zu ermöglichen, deckten die Items die Unterrichtsinhalte der Jahrgangsstufen 7 und 8 der vier Leitideen „Zahl und Operation“, „Raum und Form“, „Größen und Messen“ und „Funktionaler Zusammenhang“ aus den aktuellen Bildungsstandards der KMK

ab (KMK, 2022). Aufgrund der limitierten Testzeit wurde die Leitidee „Daten und Zufall“ nicht in die Testung aufgenommen. Neben den Mathematikleistungen wurden noch weitere Schülermerkmale (z.B. End- und Halbjahresnoten in sprachlichen und naturwissenschaftlichen Fächern, kulturelles Kapital des Elternhauses, Freude und Interesse an Mathematik, gewissenhafte Arbeitshaltung in Mathematik) erfasst.

#### 2.4. Analyse

Die Testergebnisse wurden mit Hilfe eines Rasch-Modells skaliert. Die Itemanalyse zeigte, dass alle eingesetzten Items eine akzeptable Passung aufwiesen (INFIT zwischen 0,87 und 1,15, Trennschärfe über 0,24). Die EAP-Reliabilität betrug 0,71, die WLE-Reliabilität 0,76. Auch wiesen nur drei der 60 Items substanzielles differentielles Itemfunktionieren (DIF) zwischen Prä- und Posttest auf. Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die Mathematikleistungen in ausreichendem Maße reliabel gemessen wurden. Auf der Grundlage des Rasch-Modells wurden für die Mehrebenenanalysen für jede Person WLE-Fähigkeitswerte ermittelt.

#### 3. Ergebnisse

Der durchschnittliche Lernzuwachs der Stichprobe betrug von Prä- zu Posttest 0,35 Standardabweichungen. Um den Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit des ITS und dem Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler zu ermitteln, wurde eine Mehrebenenanalyse (Level 1: Testpersonen, Level 2: Klasse) durchgeführt. Dafür wurde die ITS-Nutzungshäufigkeit operationalisiert als die Anzahl von einer Testperson zwischen den beiden Messzeitpunkten bearbeiteten unterschiedlichen worksheets. Darauf aufbauend wurde in der Mehrebenenanalyse der Einfluss verschiedener Prädiktoren auf die Mathematikleistung im Posttest untersucht. Dabei fand sich erwartungskonform ein positiver Einfluss des Prätests sowie der Schulform (Testpersonen des Gymnasiums schnitten im Posttest signifikant besser als Testpersonen von Gemeinschaftsschulen). Auf Klassen-ebene konnte in der Mehrebenenanalyse kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Lernzuwachs und der ITS-Nutzungshäufigkeit gefunden werden. Allerdings wurde auf Individualebene ein signifikanter positiver Zusammenhang zwischen der am Klassenmittelwert zentrierten ITS-Nutzungshäufigkeit und dem Lernzuwachs gefunden. Das heißt, Schülerinnen und Schüler, die das ITS häufiger als ihre Klassenkameraden nutzten, hatten durchschnittlich einen größeren Lernzuwachs.

## Postersession

**Zeit:** 17:00 – 17:30 · **Raum:** KG4, 302

★ **Katja Lenz & Tim Lutz:** Förderung des Stellenwertverständnisses durch den Einsatz von Augmented Reality

*Zusammenfassung.* Ein tragfähiges Stellenwertverständnis ist grundlegend für das Zahlverständnis und das Rechnenlernen, stellt aber für viele Lernenden eine Herausforderung dar. Im Hinblick auf das Stellenwertverständnis

#### 4. Diskussion

Die Mehrebenenanalyse zeigte, dass die Häufigkeit der ITS-Nutzung auf Individualebene, aber nicht auf Klassenebene einen signifikanten Effekt hatte. Die Abwesenheit eines Effekts auf Klassenebene (d.h. Klassen, die das ITS häufiger nutzten als andere Klasse hatten im Mittel keinen höheren Lernzuwachs) lässt vermuten, dass nicht das Medium ITS ursächlich für den Lernzuwachs ist, sondern der höhere Lernzuwachs von Schülerinnen und Schüler bei intensiverer ITS-Nutzung von der größeren Übungszeit verursacht wurde. Ein ähnlicher Übungszeiteffekt lässt sich vermutlich auch mit klassischen Medien (z.B. Schulbuchaufgaben) erzeugen.

#### 5. Limitationen

Auf Grund des Studiendesigns können nur korrelative Zusammenhänge untersucht werden, kausale Effekte können allenfalls theoretisch fundiert vermutet werden. Außerdem liegen wenig Informationen darüber vor, in welcher Art und Weise (z.B. Sozialform) die Arbeit mit dem ITS im Unterricht erfolgt ist und ob bzw. in welchem Ausmaß die bearbeiteten Aufgaben von der Lehrkraft besprochen wurden. Eine Analyse einer Best-Practice-Nutzung ist daher nahezu nicht möglich.

#### 6. Fazit

Die Ergebnisse dieser Studie deuten darauf hin, dass bei Schülerinnen und Schülern, die im Vergleich mit ihren Klassenkameraden überdurchschnittlich mit einem ITS üben, höhere Lernzuwächse zu erwarten sind. Die Nutzung eines ITS anstelle von traditionellem Lernmaterial scheint jedoch nicht automatisch zu einen größeren Lernzuwachs zu führen. Allerdings sind auch keine nachteiligen Effekten aufgrund einer intensiven ITS-Nutzung feststellbar. In weiteren Analysen soll untersucht werden, ob Inhaltsgebiete oder Aufgabeneigenschaften zu identifizieren sind, die mit positiven Effekten des ITS zusammenhängen.

#### Literatur

- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland). (Hrsg.). (2015). Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 15.10.2004 i.d.F 23.06.2022).
- Steenberg-Hu, S., & Cooper, H. (2013). A Meta-Analysis of the Effectiveness of Intelligent Tutoring Systems on K–12 Students' Mathematical Learning. *Journal of Educational Psychology*, Vol. 105(4), 970–987 VS. Doi: 10.1037/a0032447.

sind insbesondere das Verständnis von Bündelungs- und Entbündelungsprozessen sowie die Fähigkeit, flexibel zwischen verschiedenen mathematischen Darstellungsebenen zu wechseln, zentral. Im Hinblick auf diese Teilaspekte bieten sowohl physische als auch digitale Arbeitsmittel lernförderliche Potenziale, die durch den Einsatz von Augmented Reality (AR) miteinander kombiniert werden können. Durch



den Einsatz von Augmented Reality wird es möglich, dass Lernende weiterhin mit physischen Arbeitsmittel tätig sind, um Bündelungs- und Entbündelungsprozesse durch konkrete Handlungserfahrungen zu verstehen, während die enaktiven Materialhandlungen digital verarbeitet und angereichert werden können, z. B. durch weitere Darstellungen des mathematischen Inhalts oder Feedback. Im vorgestellten Projekt wird eine AR-Anwendung zur Förderung des Stellenwertverständnisses entwickelt und evaluiert.

★ **Matthias Knippers:** Auswahl und Nutzung von Erklärvideos durch Schüler\*innen im Mathematikunterricht – erste Ergebnisse aus einer Pilotierungsstudie

*Zusammenfassung.* Videos werden für das Lernen genutzt. Insbesondere die Horizont-Studie des Rates für kulturelle Bildung (2022) belegt, dass YouTube ein „Leitmedium und digitaler Kulturort“ ist, den „fast die Hälfte der Schülerinnen und Schüler ... für die Schule wichtig bis sehr wichtig“ (Rat für kulturelle Bildung, 2022) finden. Dabei ist YouTube eine bei Kindern wie Jugendlichen beliebte Plattform (mfps, 2022a), die regelmäßig auch für „Themen aus der Schule“ (mpfs, 2022b) genutzt wird. Es wurde herausgestellt, dass unter den Schüler:innen, die YouTube als Plattform für Erklärvideos wichtig erachten, gerade das Wiederholen von nicht Verstandenem, die Hilfe beim Anfertigen von Hausaufgaben, das Vertiefen des Wissens aus der Schule und die Vorbereitung auf Prüfungen wichtig erscheinen (Rat für kulturelle Bildung, 2022). Aus diesen Studien geht nicht hervor, welche Intentionen Schüler\*innen genau haben, bevor sie ein Video für ihr Lernen suchen. Auch ist weiterhin unklar, wie genau sie bei der Auswahl und beim Rezipieren eines Videos verfahren. Zuletzt bleibt die Frage offen, inwiefern sich die Mathematik bzw. der Mathematikunterricht bezüglich der Nutzung von Videos aus Sicht der Schüler\*innen von anderen Fächern unterscheidet.

### 1. Theoretische Einordnung

In dieser Untersuchung geht es primär um durch Schüler\*innen individuell ausgewählte und nicht um vorgegebene, normative Kriterien folgenden Videos. Nach Wolf (2015) sind Erklärvideos „eigenproduzierte Filme, in denen erläutert wird, wie man etwas macht oder ... in denen abstrakte Konzepte erklärt werden“ (S. 123). Der Aspekt der Didaktisierung wird ebenfalls bei Findeisen et al. (2019) gefordert. Hier wird jedoch ebenso wie bei Fey (2021) darauf verwiesen, dass der\*die Ersteller\*in des Videos einen Lernprozess anregen will (Findeisen et al., 2019; Fey, 2021). Es gibt Studien, die die Videolänge als Faktor für das Lernen herausstellen (Guo et al., 2014; Zander et al., 2020). Hier stellt die Länge eines Videos kein ausschließendes Kriterium dar. Dies wird in erster Linie damit begründet, dass die Nutzung der Videos durch Schüler\*innen geschieht, die bewusst längere Videos auswählen könnten. In der Untersuchung werden als Erklärvideos audiovisuelle Darstellungsformen verstanden, die in verständlicher Form einen (mathematisch) relevanten Lerngegenstand präsentieren.

Wie Schüler\*innen Erklärvideos nutzen

Unter dem Aspekt der Leistungsoptimierung haben Wolf

et al. (2021) untersucht, wie Schüler\*innen bei der Auswahl und Nutzung von Erklärvideos vorgehen. Am häufigsten werden Erklärvideos demnach genutzt, wenn „bald ein Test/eine Klausur kommt“ und „wenn [die Schüler\*innen] etwas nicht verstanden“ haben (Wolf et al., 2021, S. 398). Die Gründe für die Videonutzung sind u.a. ein besseres Verständnis des Stoffes, das Erreichen besserer Noten sowie ein schlechtes Erklären der Lehrkraft (Wolf et al., 2021) und lassen sich in selbst- und fremdbestimmt unterteilen. Während des Rezipierens setzen die Schüler\*innen sowohl kognitive und metakognitive Strategien als auch ressourcenorientiertes Lernen ein (Wolf et al., 2021). Die am häufigsten genutzten Strategien sind die Suche nach weiteren Videos sowie das wiederholte Anschauen (Wolf et al., 2021).

### 2. Forschungsfragen und Methodik

Die Untersuchung dient der Exploration der in der Einleitung beschriebenen Forschungslücken. Es wird konkret den folgenden Fragen nachgegangen:

(FF1) Welche Faktoren beeinflussen die Nutzung von Erklärvideos in Mathe?

(FF2) Wie beeinflussen diese Faktoren die Arbeit mit Erklärvideos?

Um diese Fragen zu beantworten, wird dem multimedialen Vorgehen von Rezat (2009) bei der Untersuchung der Schulbuchnutzung von Schüler\*innen gefolgt. Ein „Erklärvideo-Tagebuch“ wird basierend auf der Untersuchung von Wolf et al. (2021) entwickelt, in das die Schüler\*innen ihre tägliche Nutzung von Erklärvideos eintragen. Dabei sollen die Ergebnisse des Tagebuches in Verbindung zu einem Fragebogen zur Selbsteinschätzung der Erklärvideonutzung sowie halbstandardisierten Interviews gesetzt werden, um ein möglichst exaktes Bild der Nutzung zu erhalten. Die Auswertung des Erklärvideotagebuches erfolgt in einer inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2012).

### 3. Erste Ergebnisse

Eine erste Auswertung der Eintragungen hat ergeben, dass die Nutzung von Videos zum Mathematiklernen bei den Schüler\*innen unterschiedlich ausgeprägt ist. Während acht der 34 Schüler\*innen, deren Daten vollständig und auswertbar vorliegen, gar keine Videos geschaut haben, gibt es annähernd gleich viele, die Erklärvideos häufig (fünfmal oder öfter im Zeitraum) oder gelegentlich (drei- oder viermal im Zeitraum) genutzt haben. Eine seltene Nutzung (ein- oder zweimal im Zeitraum) ist bei der Mehrheit der Schüler\*innen zu verzeichnen. Dieses Merkmal der Häufigkeit der Nutzung wurde zusammen mit den Merkmalen „Zeitpunkt der Nutzung“ (vor oder nach der Klassenarbeit) und „Grund der Nutzung“ (selbstbestimmt oder fremdbestimmt) für eine Typenbildung genutzt, die ich gerne im Rahmen meines Vortrags vorstellen werde.

### 4. Ausblick

Die Pilotierung deutet darauf hin, dass das Tagebuch einer Überarbeitung bedarf. Insbesondere das primäre Merkmal „Grund der Nutzung“ scheint wenig elaboriert zu sein. Dennoch deuten die Ergebnisse darauf hin, dass es innerhalb der

Typen Tendenzen bezüglich der Nutzung zu geben scheint, die im Rahmen der Hauptuntersuchung weiter beleuchtet werden sollen. Von den anschließenden Interviews, die separat pilotiert werden, werden weitere Einblicke in Intentionen und Strategien der Schüler\*innen erhofft. Zudem ist der Einfluss von Vorgaben durch Lehrkräfte und Eltern auf die Auswahl und Nutzung von Erklärvideos zu beleuchten.

#### Literatur

- Fey, C.-C. (2021): Erklärvideos – eine Einführung zu Forschungsstand, Verbreitung, Herausforderungen. In: Mattes, E., Siegel, S. & Heiland, T. (Hrsg.): Lehrvideos – das Bildungsmedium der Zukunft? Julius Klinkhardt
- Findeisen, S., Horn, S. & Seifried, J. (2019). Lernen durch Videos – Empirische Befunde zur Gestaltung von Erklärvideos. *MedienPädagogik*, (Oktober), 16–36. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2019.10.01.X>
- Guo, P. J., Kim, J. & Rubin, R. (2014). How video production affects student engagement: an empirical study of MOOC videos. In *Proceedings of the first ACM conference on Learning*. Association for Computing Machinery, 41–50. <https://doi.org/10.1145/2556325.2566239>
- Kuckartz, U. (2012). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Beltz Juventa.
- Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest (mpfs) (2022a): JIM-Studie 2022: Kinder, Information, Medien.: Basisuntersuchung zum Medienumgang 12-19-Jähriger. MPFS
- Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest (mpfs) (2022b): KIM-Studie 2022: Jugend, Information, Medien.: Basisuntersuchung zum Medienumgang 6-13-Jähriger. MPFS
- Rat für Kulturelle Bildung e.V. (2022). Jugend/YouTube/Kulturelle Bildung. *Horizont 2019*. GESIS. ZA6275 Datenfile Version 1.0.0, <https://doi.org/10.4232/1.13961>.
- Rezat, S. (2009). *Das Mathematikbuch als Instrument des Schülers*. Vieweg+Teubner. <https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9628-5>
- Wolf, Karsten. (2015). Video-Tutorials und Erklärvideos als Gegenstand, Methode und Ziel der Medien- und Filmbildung. In Hartung, A., Ballhausen, T., Trültzsch-Wijnen, C., Barberi, A & Kaiser-Müller, K., *Filmbildung im Wandel*, 121-131 New Academic Press
- Wolf, K. D., Cwielong, I. A., Kommer, S. & Klieme, K. E. (2021). Leistungsoptimierung von Schülerinnen und Schülern durch schulbezogene Erklärvideonutzung auf

YouTube. *Entschulungsstrategie oder Selbsthilfe? MedienPädagogik* 42, (Optimierung), 380-408. <https://doi.org/10.21240/mpaed/42/2021.12.31.X>

- Zander, S., Behrens, A., Mehlhorn, S. (2020). Erklärvideos als Format des E-Learnings. In: Niegemann, H., Weinberger, A. (Hrsg.) *Handbuch Bildungstechnologie*. Springer, [https://doi.org/10.1007/978-3-662-54368-9\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-662-54368-9_21)

★ **Martin Abt, Timo Leuders, Katharina Loibl, & Frank Reinhold:** Variabilität als Lerngegenstand im Unterricht zu Boxplots: Eine digitale Lernumgebung

*Zusammenfassung.* Das Wechselspiel zwischen Variabilität und zentraler Tendenz stellt den wesentlichen Kern der Statistik dar. Auf schulischer Ebene wird dabei dem Konzept der zentralen Tendenz (arithmetisches Mittel, Median oder Modus) mehr und vor allem auch frühere Beachtung geschenkt als dem Konzept der Variabilität. Der Begriff der Variabilität taucht wenn dann oft erst zu einem späten Zeitpunkt, häufig erst in der Oberstufe mit Einführung der Standardabweichung auf. Diese Beobachtung ist einerseits überraschend, da charakteristisches Merkmal des in den meisten Bundesländern curricular verankerten Boxplots die integrierte Darstellung von Maßen der zentralen Tendenz (Median) und Variabilitätsmaßen (Spannweite und Interquartilsabstand) ist. Andererseits bietet diese Beobachtung auch einen Erklärungsansatz für die in der Forschung beschriebenen typischen Fehler bei der Interpretation des Boxplots, bei denen vor allem die Box nicht als Variabilitätsmaß (IQR) gedeutet wird. Die hier vorgestellte Interventionsstudie (N=195) stellt die Frage, unter welchen Bedingungen die Ausbildung einer (ersten) Grundvorstellung zu Variabilität im Rahmen des Unterrichts zum Boxplot gelingen kann und Schülerinnen und Schüler die (Breite der) Box als Maß für Variabilität konzeptualisieren. Mit Hilfe eines Strukturgleichungsmodells konnten wir zeigen, dass eine Kontextualisierung, in der Variabilität unabhängig von einem Maß zentraler Tendenz problemlöser relevant war, zu mehr kognitiven Aktivitäten zu Variabilität geführt hat als Problemstellungen bei denen sowohl Zentralwerte als auch Variabilitätsmaße für die Entscheidungsfindung genutzt werden konnten. Diese lernförderlichen kognitiven Aktivitäten wiederum mediieren einen Zuwachs an konzeptuellem Wissen zu Boxplots, so dass in der Folge ein Rückgang der typischen Fehlvorstellungen beobachtet werden konnte. Diese Ergebnisse legen nahe, das Konzept der Variabilität im Unterricht zu Boxplots explizit in den Blick zu nehmen. Geeignete Kontextualisierungen können hierbei hilfreich sein.

## Session 5: Programmieren

**Zeit:** 17:30 – 18:30 · **Raum:** KG4, 301

★ **Saskia Schreiter & Jens Dennhard:** Das Projekt CoM-MIT – Entwicklung und Erforschung von digitalen Lernumgebungen zum Coden im Mathematikunterricht

*Zusammenfassung.* Studien zeigen, dass das Programmieren eine intensive Auseinandersetzung mit mathematischen Inhalten anregen und mathematische Kompetenzen wie das Problemlösen oder Argumentieren bereits im frühen Alter fördern kann (für eine Übersicht s. Popat & Starkey, 2019). Für das Fach Mathematik werden in der Neufassung der Bildungsstandards (2022) neben digitale auch erstmals informatische Kompetenzen aufgeführt, die es integriert im Mathematikunterricht zu fördern gilt (KMK, 2022). Dies stellt Mathematiklehrkräfte vor große Herausforderungen.

Das Projekt CoM-MIT (Coden im Mathematikunterricht – Mathematik Informatik Transfer) setzt hier an. Im Projekt werden fächerverbindende Lernumgebungen zum Programmieren im Mathematikunterricht der Klassenstufen 3/4 und 5/6 entwickelt, beforscht, und implementiert. Die Lernumgebungen sind dabei so konzipiert, dass sie sich an Anfänger\*innen auf Seiten der Lernenden und der Lehrkräfte richten und damit einfach in den Unterricht zu integrieren sind. Um dies zu realisieren, werden mathematische Themen mit algorithmischen Strukturen, wie z. B. Zahlenfolgen, aus dem Bildungsplan Mathematik identifiziert und durch altersangemessene Programmierseinheiten digital aufbereitet. Dazu wird die blockbasierte, visuelle Programmiersprache NEPO (vgl. Abbildung 1) verwendet, die frei unter dem Online-Editor Open Roberta Lab (<https://lab.open-roberta.org>) zugänglich ist.

#### Ausgangssituation und aktueller Stand der Forschung

Der kompetente Umgang mit digitalen Medien und Technologien zählt zu den Schlüsselkompetenzen unserer Zeit. Eine Möglichkeit, informatische Kompetenzen in der Schule zu fördern, besteht in der Auseinandersetzung mit Grundkonzepten des computational thinking wie Folge, Verzweigung und Schleife sowie in der Förderung algorithmischen Denkens (z. B., Kortenkamp et al., 2021; Leifheit et al., 2019). Unter algorithmischem Denken werden Prozesse verstanden, Probleme strukturiert zu lösen, was eine fächerverbindende Kompetenz von Mathematik und Informatik darstellt (Ladel, 2021). Zu verschiedenen grafischen und blockbasierten Programmiersprachen (z. B. Scratch, SNAP! oder NEPO) existieren bereits empirisch erprobte Programmierkurse (z. B. Geldreich et al., 2019) sowie veröffentlichte Unterrichtsmaterialien. Diese erfordern jedoch zumeist die Anschaffung zusätzlicher Hardware oder fokussieren insbesondere auf die Förderung informatischer Kompetenzen ohne mathematikdidaktische Inhalte (z. B. Abend et al., 2018; Bockermann et al., 2019). Dies erschwert eine zeiteffektive und sinnvolle Integration informatischer Inhalte im Mathematikunterricht und setzt entsprechende Programmierkenntnisse der Lehrkräfte voraus. Weiterhin sind die bereits vorhandenen Materialien und Konzepte zwar zum Teil empirisch erprobt, jedoch bislang kaum hinsichtlich ihrer Effektivität untersucht (Vivian et al., 2020).

#### Methode und Design

Der innovative Ansatz des Projektes CoM-MIT besteht in der frühen fachintegrierten Informatikbildung im Mathematikunterricht. Im Zentrum stehen mathematische Inhalte, die Bestandteil des regulären Mathematikcurriculums sind und durch ihre algorithmischen Strukturen für eine intensive Auseinandersetzung mit informatischen Grundkonzepten innerhalb einer digitalen Programmierumgebung geeignet sind. Die praxisnahe Gestaltung der Lernumgebungen ermöglicht eine authentische und motivierende Auseinandersetzung mit informatischen Grundkonzepten. In der aktuell laufenden ersten Phase des Projekts werden für die Unterrichtspraxis praktikable und leicht einsetzbare Lernumgebungen entwickelt und evaluiert. Die Forschungsmethodik orientiert sich an den iterativen Zirkeln eines Design-Based Research Ansatzes. Auf Basis bestehender mathematik- und informatikdidaktischer Theorie und Forschung werden prototypische Lernumgebungen entwickelt und in mehreren Zyklen empirisch erprobt. Hierbei wird neuartiges Grundlagenwissen hinsichtlich Gelingensbedingungen und Hürden bei einer frühen und fachintegrierten informatischen Bildung gewonnen, was die Grundlage für die iterative Weiterentwicklung der Lernumgebung bildet. In einer geplanten zweiten Phase werden die Lernumgebungen im Rahmen einer quasi-experimentellen Feldstudie auf ihre Wirksamkeit zur Förderung von fachbezogenen mathematischen und informatischen Kompetenzen sowie programmierbezogener affektiver Aspekte (Motivation, Selbstkonzept) untersucht.

#### Ergebnisse und Diskussion

Die Entwicklung einer ersten prototypischen Lernumgebung zum Thema „Entdecken arithmetischer Muster in Zahlenfolgen“ ist abgeschlossen und konnte einem ersten Praxistest mit ca. 80 Schüler:innen der Klassenstufen 4 und 5 unterzogen werden. Der Aufbau der Lernumgebung sowie erste Ergebnisse aus den aktuell laufenden Datenauswertungen werden auf der Arbeitskreissitzung präsentiert und diskutiert.

Förderhinweis: Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt CoM-MIT wird durch die Klaus Tschira Stiftung gefördert.

#### Literatur

- Abend, M., Gramowski, K., Pelz & L., Poloczek, B. (2018). Coden mit dem Calliope Mini – Schülermaterial (Bd. 2) ab Klasse 4. Berlin: Cornelson.
- Bockermann, I., Engelbertz, S., Illginnis, S., Moebus, A., Murmann, L., Reid, D. & Schelhowe, H. (2019): Lehrerhandreichung zur Bremer Explorationsstudie Calliope mini. Module 1–6. <https://calliope.cc/schulen/material-uni-bremen>
- Geldreich, K., Simon, A. & Hubwieser, P. (2019). Design-Based Research als Ansatz zur Einführung von Algorithmik und Programmierung an bayerischen Grundschulen. MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 33, 53–75.
- KMK (2022). Bildungsstandards für das Fach Mathematik Primarbereich (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 15.10.2004, i.d.F. vom 23.06.2022).
- Kortenkamp, U., Etzold, H., & Mahns, P. (2021). Algorithmen im Alltag zur Umsetzung fundamentaler Ideen der Informatik in der Grundschule. In Frederking, V. & Ladel, S. (Hrsg.), Grundschule digital. Innovative Konzepte für die Fächer Deutsch und Mathematik (S. 163–182). Waxmann.

- Ladel, S. (2021). Digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundschule. In Frederking, V. & Ladel, S. (Hrsg.), Grundschule digital. Innovative Konzepte für die Fächer Deutsch und Mathematik (S. 29–41). Waxmann.
- Leifheit, L., Tsarava, K., Moeller, K., Ostermann, K., Golle, J., Trautwein, U., & Ninaus, M. (2019). Development of a Questionnaire on Self-Concept, Motivational Beliefs, and Attitude Towards Programming. In Proceedings of the 14th Workshop in Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE). ACM. (S. 1–9). <https://doi.org/10.1145/3341525.3387415>
- Popat, S. & Starkey, L. (2019). Learning to code or coding to learn? A systematic review. *Computers & Education*, 128, 365–367.
- Vivian, R., Franklin, D., Frye, D., Peterfreund, A., Ravitz, J., Sullivan, F., Zeitz, M., McGill, M. M. (2020). Evaluation and assessment needs of computing education in primary grades. Proceedings of the 2020 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (pp. 124–130).

★ **Carina Büscher:** Wege zur Bestimmung des Drehwinkels beim Programmieren ebener Figuren

*Zusammenfassung.* Theoretischer Hintergrund Im Mathematikunterricht werden zunehmend digitale Lehr-Lern-Medien eingesetzt. Ein Vorteil digitaler Lehr-Lern-Medien ist es, dass neue Perspektiven auf die mathematischen Inhalte ermöglicht werden. Durch Zugmodus und Schieberegler beispielsweise wird eine dynamische Perspektive auf geometrische Inhalte ermöglicht. Eine weitere Möglichkeit, die sich durch die Verfügbarkeit technischer Endgeräte eröffnet, ist der Einbezug von Programmieraktivitäten in den Mathematikunterricht. Programmieren ist eine wichtige Fertigkeit im 21. Jahrhundert (Wing, 2006). Menschen sollten nicht nur passive Nutzer, sondern aktive Gestalter der digitalen Welt sein (Gadeib, 2019). Daher sollten bereits in der Schule entsprechende Kompetenzen aufgebaut werden.

Programmieren stellt aber nicht nur einen wichtigen Lerngegenstand dar, sondern eröffnet auch neue Perspektiven auf mathematische Inhalte, wodurch ein vertieftes Verständnis dieser gefördert werden kann. Papert (1980) sieht in der von ihm entwickelten Turtle-Geometrie eine andere Art, Geometrie zu betreiben: “Turtle geometry is a different style of doing geometry, just as Euclid’s axiomatic style and Descartes’s analytic style are different from one another. Euclid’s is a logical style. Descartes’s is an algebraic style. Turtle geometry is a computational style of geometry.” (Papert, 1980, S. 69).

Programmieren spielt zunehmend auch im Mathematikunterricht eine Rolle. Einige Studien beschäftigen sich beispielsweise mit der Frage, wie Programmieren als Lerngegenstand auch im Mathematikunterricht thematisiert werden kann (Weintrop et al., 2016). Andere Studien untersuchen, inwiefern das Programmieren förderlich für das Mathematiklernen ist (Benton et al., 2017). Harlow et al. (2016) zeigen erste Einblicke, wie Kinder beim Entwerfen von Algorithmen für Turtle-Grafiken sowohl mathematische Konzepte selbstständig entwickeln, als auch algorithmische Konzepte wie Schleifen. Dies zeigt das Potenzial, Programmierkonzepte und mathematische Konzepte integriert zu fördern. Es besteht allerdings die Gefahr, dass Lernende die mathematischen Elemente möglicherweise übersehen

(Hoyles & Noss, 1992). Die angelegten Potenziale für das Mathematiklernen werden also nicht zwangsläufig automatisch ausgeschöpft. Benton et al. (2017) haben im Rahmen des Entwicklungsforschungsprojekts “ScratchMath”, Materialien für Lernende im Alter von 9 bis 11 und Fortbildungsmaterialien für Lehrkräfte entwickelt. Die Lernenden wurden u.a. dazu angeregt, den Zusammenhang zwischen der Anzahl der Drehungen und der Größe des Drehwinkels zu erkunden. Basierend darauf sollten unter anderem Programmcodes erstellt werden, mit denen verschiedene regelmäßige n-Ecke gezeichnet werden sollten. Insgesamt berichten sie, dass sowohl die Idee des Algorithmus als auch die 360° Drehung sowohl für Lernende als auch für Lehrkräfte eine Herausforderung darstellt.

Um ableiten zu können, welche Unterstützung Lernende benötigen, ergibt sich für diesen Beitrag zunächst die Forschungsfrage: Wie bestimmen Lernende den Drehwinkel/Außenwinkel beim Programmieren regelmäßiger n-Ecke?

#### Methoden

Es wurde eine explorative Fallstudie durchgeführt (Yin, 2002). Dabei wurden Designexperimente mit 12 Lernenden im Alter von 11 bis 13 durchgeführt. Die Lernenden hatten die Aufgabe, mit dem TurtleCoder regelmäßige n-Ecke zu zeichnen. Beim Entwerfen eines Algorithmus zum Zeichnen ebener Figuren reicht es nicht, die Eigenschaften der zu zeichnenden Figur statisch zu beschreiben (ein Hexagon hat sechs gleich lange Seiten und sechs gleich große Innenwinkel  $\alpha$   $120^\circ$ ). Durch das Programmieren müssen diese Eigenschaften dynamisch gedacht werden (ich bewege mich sechsmal dieselbe Länge vorwärts und drehe mich zwischendurch jeweils um  $60^\circ$ ). Der Unterschied ist insbesondere, dass es nicht hilfreich ist, nur den Innenwinkel zu betrachten, sondern dass man den Außenwinkel dynamisch als Drehbewegung deuten muss. Die Designexperimente wurden videographiert (insgesamt ca. 720 Minuten Videomaterial) und transkribiert. Für die Auswertung wurden zunächst alle Stellen identifiziert, in denen es um Bestimmung des Drehwinkels ging. Diese Szenen wurden einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen mit Blick auf die geäußerten Ideen und Ansätze zur Bestimmung des Drehwinkels. In einer qualitativen Inhaltsanalyse wurden daraus Kategorien gebildet, um die aufgetretenen Ansätze zu kategorisieren.

#### Empirie

Es konnten verschiedene Wege zur Bestimmung des Drehwinkels beim Programmieren regelmäßiger n-Ecke rekonstruiert werden.

- Nachfragen bei Lehrperson
- unsystematisches Ausprobieren
- systematisches Ausprobieren
- Anfertigen einer Skizze
- Einsetzen des Innenwinkels der gewünschten Figur

- Abstrahieren von der Außenwinkelsumme und gleichmäßiges Verteilen dieser auf die gewünschte Anzahl an Ecken

Diese werden im Vortrag anhand exemplarischer Fallbeispiele erläutert. Die rekonstruierten Ansätze sind nicht alle tragfähig für die korrekte Bestimmung des Drehwinkels. Aus den rekonstruierten Ansätzen lässt sich ableiten, welche Vorstellungen für ein tragfähiges Bestimmen des Drehwinkels notwendig wären. Somit kann der Lerngegenstand genauer spezifiziert und das Design zukünftig fokussierter darauf angepasst werden.

#### Fazit und Ausblick

Papert (1980) sieht in der Turtle-Geometrie eine weitere Art von Geometrie. Diese nimmt eine dynamische Perspektive auf Geometrie ein. Die empirischen Ergebnisse dieser Studie deuten ebenfalls an, dass durch das Programmieren eine weitere Perspektive auf geometrische Inhalte ermöglicht wird. Hier liegt auch das Potenzial, den Außenwinkeln mehr inhaltliche Bedeutung zu geben. Die Lernenden scheinen vorher einen eher statischen Winkelbegriff zu haben und vor allem Innenwinkel zu fokussieren. Eine zentrale Rolle für den Lernprozess scheint zudem das automatische Feedback zu spielen. Die Lernenden können beim Ausführen des Codes sofort erkennen, ob die Schildkröte sich auf die gewünschte Art bewegt. Sollte das nicht der Fall sein, können

sie anhand der konkreten falschen Bewegung überlegen, wo genau der Fehler liegt und so ihre räumliche Orientierung verbessern. Es deuten sich damit einige Potenziale des Programmierens im Geometrieunterricht an, die es weiter zu untersuchen gilt.

#### Literatur

- Benton, L., Hoyles, C., Kalas, I., Noss, R. (2017). Bridging primary programming and mathematics: Some findings of design research in England. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 3(2), 115–138.
- Gadeib, A. (2019). Die Zukunft ist menschlich – Manifest für einen intelligenten Umgang mit dem digitalen Wandel in der Gesellschaft. Gabal.
- Harlow, D. B., Dwyer, H., Hansen, A. K., Hill, C., Iveland, A., Leak, A. E., & Franklin, D. M. (2016). Computer programming in elementary and middle school: Connections across content. In M. J. Urban & David A. Falvo (Hrsg.), *Improving K-12 STEM education outcomes through technological integration* (S. 337–361). IGI Global.
- Hoyles, C., & Noss, R. (1992). *Learning mathematics and logo. Exploring with Logo Series*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic books.
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127–147.
- Wing, J. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.
- Yin, R. K. (2002). *Case study research*. SAGE

# Freitag · 29.09.2023

## Keynote

**Zeit:** 08:30 – 09:30 · **Raum:** KG4, 301

★ **Sebastian Rezat:** Digitale Mathematikschulbücher mit automatisiertem Feedback – Status quo und Perspektiven

*Zusammenfassung.* Die Diskussion um digitale Medien im Allgemeinen und digitalen Schulbüchern im Speziellen ist vielfach mit der Diskussion um deren Mehrwert verbunden. Automatisiertes Feedback ist ein breit implementiertes Feature digitaler Mathematikschulbücher mit einem potenziellen Mehrwert gegenüber traditionellen. Ob, wie und unter welchen Bedingungen dieses Feature mathematische

Lernprozesse positiv beeinflusst ist jedoch entscheidend dafür, ihm einen Mehrwert zuzuschreiben. Im Vortrag wird die Gestaltung von Feedback digitaler Mathematikschulbücher in den Blick genommen und dessen Auswirkungen auf den Lernprozess anhand von Fallbeispielen betrachtet. Daraus werden einerseits Konsequenzen für die Gestaltung von Feedback in digitalen Schulbüchern abgeleitet und andererseits mögliche lernförderliche Einsatzszenarien für Aufgaben mit automatisierten Feedback unter aktuellen Bedingungen diskutiert.

## Session 6: Lehrkräfte (A)

**Zeit:** 11:00 – 12:00 · **Raum:** KG4, 301

★ **Julia Marie Stechemesser:** Beweisen mit interaktiven Büchern: Nutzung interaktiver Buchelemente von Lehramtsstudierenden in geometrischen Beweisprozessen.

*Zusammenfassung.* Einleitung & Fragestellung: Die selbstständige Konstruktion von Beweisen fällt Lehramtsstudierenden im Mathematikstudium häufig schwer und erfordert somit besondere Aufmerksamkeit (Jahnke & Ufer, 2015). Der Einsatz digitaler Medien bietet die Möglichkeit, mithilfe dynamischer Darstellungen, Videos oder digitalen Tipps dem Thema Beweisen und der selbstständigen Konstruktion von Beweisen an der Hochschule mehr Raum zu geben (vgl. Ansätze dazu bspw. bei Buchbinder et al., 2016). Die Fragen, welche Rolle ein digitales Medium für die Studierenden beim Beweisen spielt und wie Beweisprozesse beim Umgang mit einem digitalen Medium ausgestaltet sind, bleiben bisher offen. Aus diesem Grund wurden im Rahmen des Projektes DigiMal.nrw (gefördert durch DH.NRW und das Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes NRW) in der Lehrveranstaltung Elementare Geometrie des Lehramts Grundschule interaktive Bücher der Software H5P entwickelt und als asynchrone Vorlesung angeboten. Um herauszufinden, wie Beweisprozesse bei der Arbeit mit interaktiven Büchern ausgestaltet sind und wie Studierende interaktive Bücher beim Beweisen nutzen, wurde aus den entwickelten Materialien eine interaktive Buchseite zum Beweis des Innenwinkelsummensatzes im Dreieck als Forschungsgegenstand ausgewählt.

*Theoretische Grundlagen:* Zur Beschreibung von (Teil-)Prozessen, die bei der Konstruktion eines mathematischen Beweises wichtig sind, werden eine Vielzahl von Beweisprozessmodellen unterschieden (vgl. bspw. Boero, 1999). Für die Beantwortung der Frage, wie der Beweisprozess von Studierenden bei der Bearbeitung interaktiver Bücher aus-

gestaltet ist, wurde für die Studie, die diesem Beitrag zugrunde liegt, das Beweisprozessmodell von Kirsten (2021) gewählt, welches auf das Beweisen an der Hochschule bezogen ist und auf einer empirischen Studie mit Lehramtsstudierenden basiert (vgl. Kirsten, 2021). Nach Kirsten (2021) besteht der Beweisprozess aus fünf verschiedenen Phasen, die nicht linear ablaufen müssen. Zu diesen Phasen gehören die Verstehensphase, bei der in Auseinandersetzung mit der Aufgabenstellung erste Ideen assoziiert und erste Zusammenhänge hergestellt werden. In der darauffolgenden Phase des Argumente Identifizierens werden Ideen in Argumente überführt und schließlich in der Phase des Argumente Strukturierens in eine sinnvolle Reihenfolge gebracht. Beim Formulieren werden die Argumente notiert und in der Phase des Validierens bewertet (vgl. Kirsten, 2021).

*Methoden:* Für die Beantwortung der Frage, wie der Beweisprozess bei der Arbeit mit einem digitalen Medium ausgestaltet ist und wie Studierende das digitale Medium nutzen, wurden 7 Studierende im dritten Fachsemester des Lehramts Grundschule bei der Bearbeitung interaktiver Bücher videographiert und zum lauten Denken aufgefordert. Für die Datenauswertung wurde mit den Videos der Studierenden und ergänzend mit Transkripten gearbeitet. In einem nächsten Schritt wurden die Beweisphasen von Kirsten (2021) als deduktive Kategorien auf das Transkript angewendet (Mayring, 2015). Zusätzlich wurden die Buchelemente der interaktiven Buchseite ebenfalls phasenweise kategorisiert. Im Rahmen der Analysen wurden das Vorkommen, die Reihenfolge und die Dauer der Beweisphasen sowie der Nutzung der Buchelemente analysiert.

*Design:* Die interaktiven Bücher wurden mit der Software H5P entwickelt und können im LMS Moodle zur Verfügung gestellt werden. Ein interaktives Buch besteht aus mehre-

ren digitalen Websites und bietet die Möglichkeit auf einer interaktiven Buchseite verschiedene sogenannte Content Types zu integrieren. Auf der Buchseite des Innenwinkelsummensatzes im Dreieck bestehen diese Content Types aus GeoGebra Fenstern mit Schieberegler für dynamische Darstellungen, interaktiven Videos, Schreibfenstern, Aufgabenstellungen sowie aufklappbaren Tipps. Beim Design der Buchseite wurden möglichst viele Aufgaben integriert, die zur aktiven Konstruktion von Beweisen anregen und sich hinsichtlich ihres Unterstützungsgrads unterscheiden.

Ergebnisse und Ausblick: In Bezug auf die Ausgestaltung der Beweisprozesse zeigen die Analysen, dass alle Beweisphasen des Modells von Kirsten (2021) als deduktive Kategorien angewendet werden können. Am häufigsten vorkommende Phasen sind die Verstehensphase und die Validierungsphase. Darüber hinaus wurde herausgefunden, dass die Verstehensphase mit 36 % den größten Anteil an den Beweisprozessen einnimmt. In den Verstehensphasen setzen die Studierenden sich intensiv mit dem interaktiven Buch auseinander und tätigen erste Entdeckungen, die danach für die Entwicklung einer Begründung genutzt werden können. Dies spiegelt sich in der Reihenfolge der Phasen wider, da vor den Phasen des Argumente Identifizierens meist eine Verstehensphase kategorisiert werden kann. Anhand des hohen Anteils der Verstehensphasen, der intensiven Auseinandersetzung mit dem interaktiven Buch in diesen Phasen und der selbstständigen, an die Verstehensphasen anknüpfenden Entwicklungen von Argumentationen lässt sich schließen, dass die Studierende durch das interaktive Buch zur Konstruktion von Beweisen angeregt werden und sich tiefgreifend mit dem interaktiven Buch auseinandersetzen. Im Vergleich der Studierenden zeigen sich bezüglich der Reihenfolge, der Dauer und der Häufigkeit der Phasen verschiedene Muster. So lassen sich bspw. geradlinige Phasenverläufe, bei denen Phasen hintereinander ablaufen, von sprunghaften Phasenverläufen unterscheiden, bei denen durch jede neue Aufgabe der interaktiven Buchseite neue Beweiszyklen angeregt werden. Die Identifikation verschiedener Muster lässt auf individuelle Bearbeitungsweisen schließen. Hinsichtlich der Nutzung der Buchelemente wird deutlich, dass die Studierenden am meisten Zeit mit den drei GeoGebra Fenstern, dem letzten Video der Buchseite (in dem der Beweis erklärt wird) und dem Textfeld verbringen. Zusätzlich konnte im Rahmen der Analysen festgestellt werden, dass selten Buchelemente ausgelassen bzw. übersprungen wurden. Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass alle Buchelemente bei der Konstruktion verschiedener Beweise eine Rolle spielen und es kein Buchelement gibt, das bezüglich der Unterstützung beim Beweisen hervorgehoben werden kann. Zusätzlich lässt die Dauer der Auseinandersetzung mit den GeoGebra Fenstern und dem Textfeld auf eine aktive Konstruktion und Auseinandersetzung mit dem interaktiven Buch schließen, da diese Buchelemente bei der aktiven Konstruktion der Beweise unterstützen. Im Rahmen weiterer Forschungsfragen dieser Studie werden die Argumentationen der Studierenden strukturell analysiert. Des Weiteren wird die Rolle des interaktiven Mediums beim Beweisen durch eine semiotische Perspektive weiter ausgeschärft.

## Literatur

- Boero, P. (1999). Argumentation and mathematical proof: A complex, productive, unavoidable relationship in mathematics and mathematics education. <http://www.lettredelapreuve.org/OldPreuve/Newsletter/990708Theme/990708ThemeUK.html>
- Buchbinder, O., Zodik, I., Ron, G., & Cook, A. L. J. (2017). What Can You Infer from This Example? Applications of Online, Rich-Media Tasks for Enhancing Pre-service Teachers Knowledge of the Roles of Examples in Proving. In A. Leung & A. Baccaglini-Frank (Hrsg.), *Digital Technologies in Designing Mathematics Education Tasks: Potential and Pitfalls* (S. 215–235). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-43423-0\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-43423-0_11)
- Jahnke & Ufer (2015). Argumentieren und Beweisen. In R. Bruder, L. Hefendehl-Hebeker, B. Schmidt-Thieme, & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Handbuch der Mathematikdidaktik*. (S. 331–355). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-35119-8>
- Kirsten, K. (2021). Beweisprozesse von Studierenden: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung zu Prozessverläufen und phasenspezifischen Aktivitäten. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-32242-7>
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse Grundlagen und Techniken* (12., überarbeitete Auflage). Beltz.

★ **Hannes Seifert & Anke Lindmeier:** Selbstregulation beim Erwerb digitaler Kompetenzen angehender Mathematiklehrkräfte – Pilotierung eines Reflexionsbogens für den Einsatz in Lehrveranstaltungen

*Zusammenfassung.* Mathematikunterricht ohne digitale Mathematikwerkzeuge (dMW) wie Computeralgebrasysteme (CAS), Dynamischer Geometriesoftware (DGS) und Tabellenkalkulationsprogramme (TKP) ist heutzutage nicht mehr denkbar. Daher ist der Erwerb und die Förderung entsprechender digitaler Kompetenzen und des professionellen Wissens (z. B. modelliert durch Frameworks wie TPACK und DigCompEdu) in der universitären Ausbildung von angehenden Mathematiklehrkräften obligatorisch. In diesem Zusammenhang sollte es auch Ziel sein, nicht nur vereinzelte Berührungspunkte mit dMW für Mathematiklehramtsstudierende zu schaffen, sondern sie zur langfristigen, eigenständigen und selbstregulierten Auseinandersetzung mit den sich ständig weiterentwickelnden dMW anzuregen. Neben dem Nachhaltigkeitsaspekt zeigen Studien, dass selbstreguliertes Lernen als Prädiktor für Lernerfolg und Leistung gilt (Otto et al., 2011).

Im Rahmen des Forschungsprojekts DIKOMAL – Digitale Kompetenzen von Mathematiklehrkräften wurde an der Friedrich-Schiller-Universität Jena eine Lehrveranstaltung (LV) entwickelt, in der Studierende ebenjene Kompetenzen für den Umgang mit dMW im Mathematikunterricht erwerben und vertiefen können. Das Wahlpflichtseminar „Mathematik differenziert unterrichten mit digitalen Medien“ (2 SWS, 3./4. Fachsemester) bietet anhand von studentisch gestalteten Lerngelegenheiten, Selbsttests und -reflexionen zahlreiche Möglichkeiten zur Unterstützung des selbstregulierten Lernens durch kognitive, motivationale und metakognitive Komponenten (Perels et al., 2020).

Einsatz eines Kompetenztests und Ergebnisreflexion: Für die standardisierte Messung der digitalen Kompetenzen wird in der LV jeweils zu Semesterbeginn und -ende ein eigens entwickelter, performanzbasierter, digitaler Kompetenztest eingesetzt, der die drei Dimensionen persönliche

Einstellungen, Wissen (TCK/TPCK) sowie fachliche und fachdidaktische Fertigkeiten im Umgang mit obigen dMW erfasst (Seifert & Lindmeier, 2022). Im Anschluss an den Kompetenztest werden den Studierenden die individuellen und gruppenspezifischen Ergebnisse (jeweils fachliche und fachdidaktische Testwerte sowie Teilwerte für Unterbereiche, am Semesterende inklusive Längsschnitt) zur Verfügung gestellt und im Plenum besprochen. Zusätzlich werden zur indirekten Unterstützung des selbstregulierten Lernens (vgl. Perels et al., 2020) pro Dimension folgende vier obligatorische Reflexionsfragen gestellt:

- Welche Aussagen über Ihr Ergebnis leiten Sie für sich aus der Bearbeitung von Kompetenztest und Reflexionsbogen ab?
- Welche persönlichen Ziele entwickeln Sie aus der Bearbeitung von Kompetenztest und Reflexionsbogen?
- Was erhoffen Sie sich von der LV, um Sie beim Erreichen Ihrer Ziele zu unterstützen?
- Welche Maßnahmen wollen Sie zusätzlich ergreifen, um Ihre Ziele zu erreichen?

Diese Fragen sollen zu präaktionalen Regulierungsprozessen im Sinne des Prozessmodells selbstregulierten Lernens nach Schmitz und Schmidt (2007) anregen. Solche Prozesse umfassen beispielsweise die Sichtbarmachung des eigenen Lernstandes, eine Motivation für die Lernhandlung sowie die Festlegung persönlicher Ziele zur Planung des eigenen Lernens.

Forschungsfragen: Im Rahmen der Pilotierung soll die Eignung des Reflexionsbogens für die Unterstützung selbstregulierenden Lernens in der präaktionalen Phase untersucht werden. Daraus ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Welche Indizien für die Auseinandersetzung mit dem eigenen Lernprozess und den Eintritt in präaktionale Regulierungsprozesse zeigen sich den Antworten der Studierenden?
- Welche Lernziele setzen sich Studierende, um ihre digitalen Kompetenzen zu verbessern und welche Mittel und Wege zum Erreichen der Ziele sprechen sie an?

Methodik: Im Rahmen des Prä-Post-Designs wird der Kompetenztest (digital) seit Wintersemester 2022/2023 zu beiden Erhebungszeitpunkten durch den Reflexionsbogen (pen-and-paper) ergänzt. Da die Ergebnisse des Post-Tests der aktuellen Kohorte noch nicht vorliegen, beschränkt sich diese Untersuchung auf die Reflexionsantworten der Prä-Befragung der N = 28 Studierenden (Gymnasiallehramt, 3.–4. Fachsemester). Die Analyse der Antworten auf die Reflexionsfragen erfolgte qualitativ nach einem induktiven Verfahren. Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurden für jede Person folgende Aspekte untersucht und dichotom bewertet:

- Sichtbarmachung des Lernstandes: Identifizieren Studierende ein persönliches Lernpotenzial? (nicht erkannt/erkannt)

- Reflexionsintensität: Ist die Beantwortung der Studierenden eher oberflächlich (z. B. nur vage Ziele wie „Ich muss meine Fertigkeiten mit digitalen Medien verbessern.“) oder reflektieren sie mit präziser Zielsetzung im Hinblick auf kognitive, metakognitive oder motivationale Komponenten selbstregulierten Lernens (z. B. „Ich möchte lernen, welches Potenzial mir die Nutzung von TKP in meinem Unterricht bietet.“)? (oberflächlich/intensiv)

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurden nur die Antworten auf diejenigen Reflexionsfragen betrachtet, die die Angabe von Zielen erwarten und die genannten Ziele (Mehrfachnennung möglich) gezählt bzw. kategorisiert (konkrete/allgemein-oberflächliche Ziele).

Ergebnisse: Für die Sichtbarmachung des Lernstandes und die Reflexionsintensität verteilen sich die 28 Studierenden sich wie folgt: 11 erkannt-oberflächlich, 6 erkannt-intensiv, 3 nicht erkannt-oberflächlich, 8 nicht erkannt-intensiv. Häufigste Nennungen konkreter Zielsetzungen entfielen auf die Beschäftigung mit den fachdidaktischen Potenzialen der dMW (17 Nennungen, z.B. durch Beschäftigung mit Aufgaben), außeruniversitäres Training (14, z. B. Nutzung von dMW für Übungsserien oder im Alltag), die Sichtung von Fachliteratur oder Lernvideos zum dMW-Einsatz (14), den Besuch weiterer LV zu dMW (10) oder den Austausch mit Kommilitonen über Seminarinhalte (6). Eher unkonkrete Ziele bezogen sich meist sehr allgemein auf den Umgang mit dMW (12, z.B. „selbstständiges Üben“, „Fähigkeiten von TKP entdecken“).

Diskussion und Ausblick: Insgesamt 17 Studierende erkennen durch die Beantwortung der Reflexionsfragen am Semesterbeginn ein Lernpotenzial, was ein Indiz für den Anstoß präaktiver Selbstregulationsprozesse ist (vgl. Schmitz & Schmidt, 2007). Darüber hinaus zeigen sich in neun Antworten Hinweise für eine intensive Reflexion, was insgesamt zuversichtlich für eine Eignung des Reflexionsbogens stimmt. Nichtsdestotrotz werden nur bedingt konkrete Ziele genannt. Zur weiteren Prüfung der Eignung des Reflexionsbogens sollen diese Ergebnisse im nächsten Schritt mit der Post-Test-Befragung abgeglichen werden, um zu prüfen, inwiefern die Informationen über die präaktionale Selbstregulation prädiktiv für den Lernerfolg der Studierenden sind und die gesetzten Ziele tatsächlich umgesetzt bzw. erreicht wurden.

#### Literatur

- Otto, B., Perels, F. & Schmitz, B. (2011). Selbstreguliertes Lernen. In H. Reinders, H. Ditton, C. Gräsel & B. Gniewosz (Hrsg.), *Empirische Bildungsforschung: Gegenstandsbereiche* (1. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden.
- Perels, F., Dörrenbacher-Ulrich, L., Landmann, M., Otto, B., Schnick-Vollmer, K. & Schmitz, B. (2020). Selbstregulation und selbstreguliertes Lernen. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Lehrbuch. Pädagogische Psychologie* (3. Aufl., S. 45–66). Springer.
- Schmitz, B. & Schmidt, M. (2007). Einführung in die Selbstregulation. In M. Landmann & B. Schmitz (Hrsg.), *Selbstregulation erfolgreich fördern. Praxisnahe Trainingsprogramme für effektives Lernen* (S. 9–18). Kohlhammer.
- Seifert, H. & Lindmeier, A. (2022). Messung digitaler Kompetenzen angehender Mathematiklehrkräfte am Beispiel CAS. In *Beiträge zum Mathematikunterricht 2022* (S. 1213–1216). WTM Verlag. <https://doi.org/10.37626/GA9783959872089.0>



## Session 7: Lehrkräfte (B)

**Zeit:** 11:00 – 12:00 · **Raum:** KG4, 302

★ **Alex Engelhardt & Jürgen Roth:** Unterrichten mit interaktiven Arbeitsblättern zu funktionalen Zusammenhängen. Notwendige professionelle Kompetenzen bei Lehramtsstudierenden entwickeln

*Zusammenfassung.* Das Potential von digitalen Technologien für den Mathematikunterricht wird, insbesondere auch von Mitgliedern des AK Mathematikunterricht und digitale Werkzeuge, in vielfältiger Weise herausgestellt und deren Lernwirksamkeit bei adäquatem Einsatz wurde auch empirisch bestätigt. Im Kontrast dazu werden digitale Technologien – insbesondere für die Hand der Lernenden – kaum im Schulalltag genutzt. Eine mögliche Ursache dafür könnte sein, dass Lehrkräfte nicht ausreichend über die professionellen Kompetenzen verfügen, die notwendig sind, um digitale Technologien zielgerichtet im Unterricht zu nutzen. Aus diesem Grund wird in der vorgestellten Studie untersucht, (1) welche Kompetenzen Mathematiklehrkräfte benötigen, um zielgerichtet mit interaktiven Arbeitsblättern auf Basis von GeoGebra zu unterrichten, (2) wie die entsprechenden Kompetenzen bei Studierenden ausgeprägt sind und (3) wie sie sich im Rahmen eines Lehr-Lern-Labor-Seminars weiterentwickeln. Dabei fokussieren wir uns auf interaktive Arbeitsblätter zu funktionalen Zusammenhängen, da deren adäquater Einsatz nachweislich zu einem hohen Lernzuwachs führen kann (Lichti & Roth, 2020).

### Literatur

- Lichti, M., & Roth, J. (2020). Wie Experimente mit gegenständlichen Materialien und Simulationen das funktionale Denken fördern. *Zeitschrift für Mathematikdidaktik in Forschung und Praxis (ZMFP)*, 1, 1–35. <https://doi.org/10.48648/cjee-y110>

★ **Marco Böhm & Ralf Holzmann:** Bedien- und Auswahlkompetenzen von Lehramtsstudierenden bezüglich digitaler Mathematikwerkzeuge – Entwicklung eines Tests für GeoGebra und Tabellenkalkulation im Bereich elementarer Funktionen

*Zusammenfassung.* Ein zukunftsorientierter Mathematikunterricht ist eng verbunden mit dem Einsatz von digitalen Mathematikwerkzeugen (DMW), was sich auch in den KMK-Bildungsstandards für das Fach Mathematik widerspiegelt (KMK, 2012). In der seit 2022 geltenden Version der Bildungsstandards für die Sekundarstufe I (KMK, 2022) wird die Kompetenz Mit Medien mathematisch arbeiten noch stärker als bisher betont. Auch in den Lehrplänen der Bundesländer werden DMW explizit thematisiert, beispielsweise schreibt der rheinland-pfälzische Rahmenlehrplan Mathematik der Sekundarstufe I verpflichtend vor, dass Schülerinnen und Schüler spätestens ab der siebten Klassenstufe mindestens einmal im Schuljahr mit einem dynamischen Geometrie-System oder einem Tabellenkalkulationsprogramm (TKP) selbstständig arbeiten (MBWJK, 2007). Das technologiebezogene Wissen (vgl. TPACK-Modell nach Mishra & Köhler, 2006) von Lehrkräften macht in Verbindung mit pädagogischem (TPK) und inhaltlichem Wissen

(TCK) einen bedeutenden Teil von Lehrerprofessionswissen aus, da es notwendig ist, um Lehr-Lern-Prozesse in der digitalen Welt zu gestalten, und insbesondere, um Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit zum Aufbau von Werkzeugkompetenzen zu geben (Heintz et al., 2014). Daher ist es naheliegend, dass angehende Lehrkräfte auch selbst – spätestens am Ende ihrer ersten Ausbildungsphase – über entsprechende Kompetenzen zum Einsatz von DMW wie GeoGebra und TKP verfügen, sowie ein Bewusstsein über deren Potential entwickeln sollten. Zudem ist zu vermuten, dass ein Kompetenzzuwachs und gesteigertes Bewusstsein über das Potential von DMW mit positiven Effekten auf die technologiebezogenen Überzeugungen sowie Selbstwirksamkeitserwartungen einhergehen. In der vorliegenden Studie im Rahmen des QLB-Projektes MoSAiK wurden im lehramtsbezogenen Bachelorstudiengang (RS plus, GYM, BBS) in zwei parallelen Gruppen u.a. die Bedienkompetenzen der beiden DMW GeoGebra und TKP gefördert. Weiterhin wurde auf mögliche Rollen der Technologie (z.B. Visualisierungsfunktion, einfache Erstellung und Verfügbarkeit von Darstellungsformen, entdeckendes Lernen, Auslagerungsprinzip) bzw. Vor- und Nachteile bei deren Nutzung in Bezug auf den Bereich der elementaren Funktionen eingegangen. Darüber hinaus wurden die beiden DMW in die Planung und Erprobung von Unterricht integriert. In der vorliegenden Studie wurden zur Evaluation vor und nach dem Besuch des fachdidaktischen Seminars zwei Erhebungsinstrumente eingesetzt: Über einen dreiteiligen Test wurden basale Bedienkompetenzen der beiden Softwares GeoGebra (Teil 1) und TKP (Teil 2) im Kontext der elementaren Funktionen erhoben sowie aus didaktischer Perspektive die Auswahlkompetenz bezüglich DMW bzw. das Bewusstsein hinsichtlich möglicher Vor- und Nachteile (Teil 3). Zusätzlich wurde ein Fragebogen zur Selbsteinschätzung eingesetzt, der Vorarbeiten von Rögler (2014) und Thurm et al. (2017, 2020) um weitere Facetten ergänzt, wie z.B. Erfahrungen mit DMW in verschiedenen Kontexten, Überzeugungen und Selbstwirksamkeit in Bezug auf den Technologieeinsatz. Durch die Kombination aus Test und Fragebogen verbleibt die Messung von technologiebezogenen Kompetenzen nicht auf der Ebene einer Selbsteinschätzung der Studierenden, wie es nach Ostermann et al. (2022) bisher im Allgemeinen der Fall ist. Im wissenschaftlichen Vortrag wird nach einer theoretischen Einbettung zunächst die Entwicklung der beiden Instrumente dargelegt. Dabei werden die Aufgaben des dreiteiligen Kompetenztestes samt dazugehörigem Kategoriensystem sowie die Items des Fragebogens zur Selbsteinschätzung vorgestellt. Anschließend werden diesbezügliche Ergebnisse aus der Interventionsstudie mit insgesamt 57 bzw. 62 Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus fünf Kohorten skizziert. Hierbei zeigen sich insbesondere positive Entwicklungen beim Kompetenzzuwachs im Bereich der Bedienung der DMW GeoGebra und TKP, bei der Selbstwirksamkeit und bei den technologiebezogenen Überzeugungen. Dies kann

als Indikator für die Wirksamkeit des fachdidaktischen Seminars angesehen werden.

### Literatur

- Heintz, G., Elschenbroich, H.-J., Laakmann, H., Schacht, F. & Schmidt, R. (2014), Digitale Werkzeugkompetenzen im Mathematikunterricht. In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), Beiträge zum Mathematikunterricht 2014 (S. 507–510). Münster: WTM.
- MBWJK (Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Jugend und Kultur) Rheinland-Pfalz (Hrsg.) (2007). Rahmenlehrplan Mathematik (Klassenstufen 5-9/10). Mainz.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Ostermann, A., Ghomi, M., Mühling, A., Lindmeier, A. (2022). Elemente der Professionalität von Lehrkräften in Bezug auf digitales Lernen und Lehren von Mathematik. In: Pinkernell, G., Reinhold, F., Schacht, F., Walter, D. (eds) *Digitales Lehren und Lernen von Mathematik in der Schule*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.
- Rögler, P. (2014). Überzeugungen von Mathematiklehrkräften als Basis zur Entwicklung von Lehrerfortbildung zu Technologien im Unterricht. In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), Beiträge zum Mathematikunterricht 2014: Beiträge zur 48. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik vom 10. bis 14. März 2014 in Koblenz (Bd. 2, S. 983–986). Münster: WTM.
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder (KMK) (Hrsg.) (2012). Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife: (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.10.2012). [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2012/2012\\_10\\_18-Bildungsstandards-Mathe-Abi.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2012/2012_10_18-Bildungsstandards-Mathe-Abi.pdf)
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder (KMK) (Hrsg.) (2022). Bildungsstandards für das Fach Mathematik Erster Schulabschluss (ESA) und Mittlerer Schulabschluss (MSA): (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 15.10.2004 und vom 04.12.2003, i.d.F. vom 23.06.2022). [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2022/2022\\_06\\_23-Bista-ESA-MSA-Mathe.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2022/2022_06_23-Bista-ESA-MSA-Mathe.pdf)
- Thurm, D., Klinger, M., Barzel, B. & Rögler, P. (2017). Überzeugungen zum Technologieeinsatz im Mathematikunterricht: Entwicklung eines Messinstruments für Lehramtsstudierende und Lehrkräfte. *Mathematica didactica* 40(1), 19–35.
- Thurm, D. (2020). Digitale Werkzeuge im Mathematikunterricht integrieren. Zur Rolle von Lehrerüberzeugungen und der Wirksamkeit von Fortbildungen. Springer.