

Distanzlernen am Beispiel des Schülerforschungsclubs Mathematik mit digitalen Werkzeugen – Theoretische Ausgangspunkte zur Rahmung und Entwicklung einer onlinegestützten Fern-Lernumgebung

Matthias Müller

Dieser Beitrag beschreibt die entscheidende Rolle, die digitale Medien beim Lehren und Lernen von Mathematik unter den aktuellen Herausforderungen spielen. Es wird ein (US-amerikanisches) Konzept zur kriteriengeleiteten Auswahl und Bewertung digitaler Medien im Mathematikunterricht zur Diskussion gestellt. Des Weiteren wird ein Beispiel einer onlinegestützten Fern-Lernumgebung zum Distanzlernen innerhalb des Schülerforschungsclubs (SFC) Mathematik mit digitalen Werkzeugen beschrieben, indem die Kriterien und Leitfragen zur Auswahl und Bewertung zur Anwendung kommen.

Lehren und Lernen mit digitalen Medien unter aktuellen Herausforderungen

Worldwide, the use of technology in all fields of education is at a historical high. In Germany, though, we face a special situation. Germany is a world-leading developer and producer of high-tech products in many domains. And while the medical sector seems relatively well equipped to face the epidemic, educational system seems to be lagging in the use of digital technology for teaching and learning. (Kerres, 2020, S. 1)

Wissenschaftliche Untersuchungen legen nahe, dass viele Lehrende kaum digitale Medien im Mathematikunterricht einsetzen, und fordern daher höhere Anstrengungen zur Unterstützung der Integration digitaler Medien im Unterricht (Mammes, Fletcher, Lang, & Münk, 2016; Ostermann, Härtig, Kampschulte, Ropohl, Schwanewedel, & Lindmeier, 2020). In den neuen Bundesländern bleibt der effektive Einsatz von digitalen Medien im Mathematikunterricht hinter den Erwartungen zurück, was eventuell auf die Besonderheiten der Regionen (z. B. Durchschnittsalter der Lehrkräfte) zurückzuführen ist (Gispert, & Schubring, 2011). Schon vor der Offenlegung der digitalen Schwächen des deutschen Bildungssystems durch das pandemiebegründete Aussetzen des Präsenzunterrichts an den Schulen im März 2020, wollte die Bundesregierung den Einsatz digitaler Medien im Unterricht forcieren und versuchte zumindest die finanziellen Voraussetzungen zu schaffen. Im Rahmen des sogenannten Digitalpakts wurden 2019 fünf Milliarden Euro für

die Anschaffung digitaler Medien zum Lehren und Lernen den Schulen in Aussicht gestellt. Zunächst ist es allerdings erforderlich, pädagogische und didaktische Kriterien zu formulieren, nach denen die Auswahl, der Erwerb und die Implementierung der digitalen Medien erfolgen sollte (Kerres, 2020). Diese Kriterien sollten insbesondere in Bezug auf die Herausforderungen eines digitalen Distanzunterrichtes (oder möglicher Hybridformen) anwendbar sein.

Attempts to provide continuity of education in Germany by means of digital tools faltered in variety of ways, with insufficient competence and inadequate technology [...] German teachers were caught unprepared in this time of crisis, especially in comparison with their European neighbors. (Blume, 2020, S. 1)

Die Auswahl digitaler Medien für den Mathematikunterricht in Präsenz-, Distanz- oder Hybridform sollte kriteriengeleitet erfolgen. Der Einsatz muss fortlaufend überprüft und mit den didaktischen und pädagogischen Zielen abgeglichen werden. Ein möglicher Ausgangspunkt für die kriteriengeleitete Auswahl und Bewertung digitaler Medien zum Lehren und Lernen von Mathematik kann das Mathematical Technological Tool (MTT) Framework sein.

Vorab soll festgehalten werden, dass in diesem Beitrag digitale Medien nach der Definition von Rauh (2012, S. 39) als technische Geräte zur Darstellung von digital gespeicherten Inhalten aufgefasst werden. Digitale Mathematikwerkzeuge sind spezielle digitale Medien, deren primärer Zweck es ist, das mathematische Arbeiten zu unterstützen. Das umfasst auch die Medien, die mathematikspezifisch an Beruf und Alltag oder didaktisch orientiert sind (Barzel, 2019, S. 2).

Mathematikunterricht mit digitalen Medien: Die Bedeutung einer kriteriengeleiteten Auswahl

Eine ständig wachsende Anzahl verfügbarer technologischer Ressourcen und der Druck, diese zu nutzen, stellt Lehrkräfte vor Entscheidungsschwierigkeiten (Smith, Shin, & Kim, 2017). Viele Mathematiklehrkräfte stehen vor der besonderen Herausforderung, geeignete digitale Medien auszuwählen,

sich entsprechende Kompetenzen im Umgang anzueignen und im Unterricht zu implementieren. Dies wurde durch die getroffenen Maßnahmen im schulischen Bereich im Zusammengang mit der COVID-19-Pandemie verschärft (Whalen, 2020). Kriterien zur Auswahl und Bewertung der digitalen Medien können Lehrkräften Anleitung zur Bestimmung der Wirksamkeit eines digitalen Mediums zum Lehren und Lernen von Mathematik geben. So können z. B. Kriterien zu spezifischen mathematischen Themenbereichen formuliert werden, um den Einsatz von digitalen Medien im Mathematikunterricht zu steuern (Günster & Weigand, 2020). Ebenso können sich derartige Kriterien an unterschiedliche Adressaten richten, wobei der Zweck variiert. Evtl. kann man zwischen Forschung und Praxis unterscheiden (Hegedus, Laborde, Brady, . . . , & Moreno-Armella, 2017; Traglová, Clark-Wilson, & Weigand, 2018). In jedem Fall besteht der Bedarf der professionellen Begleitung des Einsatzes digitaler Medien im Mathematikunterricht (z. B. durch DZLM-Fortbildungsangebote), um die Arbeit der Lehrenden zu unterstützen (Thurm & Barzel, 2020).

Ein elaboriertes Konzept zur Auswahl und Bewertung digitaler Medien beim Lehren und Lernen von Mathematik stammt aus den USA. Das Mathematical Technological Tool (MTT) Framework ist in den USA ein verbreitetes und anerkanntes Konzept und listet Kriterien zur Auswahl und Bewertung des Einsatzes digitaler Medien beim Lehren und Lernen von Mathematik mit zugeordneten Leitfragen auf (Shin, Smith, & Kim, 2018). Es wurde von Smith et al. (2017) auf Grundlage der Arbeiten von Dick (2008) für Mathematiklehrkräfte in und nach der Ausbildung fortentwickelt. Es ist allgemein formuliert, um auf eine Vielzahl von digitalen Mathematikwerkzeugen angewendet zu werden. Vor dem Hintergrund einer qualitativen Interviewstudie mit 15 Lehrkräften verschiedener Schulformen wurden die Kriterien gesammelt und Leitfragen abgeleitet (Smith et al., 2017). Es ist an (US-amerikanischen) Basisdokumenten zum Mathematikunterricht ausgerichtet (z. B. NCTM, 2014). Die Arbeiten legen nahe, dass das MTT Framework Lehrkräften Kriterien zur fundierten und begründeten Auswahl digitaler Mathematikwerkzeuge an die Hand gegeben kann und sie auch bei der Implementierung im Unterricht unterstützt (Smith et al., 2017; Shin et al., 2018). Das MTT Framework wurde im US-amerikanischen Kontext entwickelt und die genannten Studien beziehen sich auf Angaben US-amerikanischer Lehrkräfte. Eine Adaptation kann sich nicht auf eine einfache (wörtliche) Übersetzung des MTT Frameworks beschränken. Die drei Gütekriterien (*Fidelity*) müssen in Hinsicht auf Beschreibung (*Discriptions*) und Leitfragenfragen (*Questions to Consider When Evaluating and Selecting Technological Tools*) geprüft

und evtl. angepasst werden. Eine Kurzübersicht über das MTT Framework bietet Tab. 1.

Evtl. sind auch kulturelle Besonderheiten des MTT Frameworks oder der auszuwählenden digitalen Mathematikwerkzeuge zu beachten. Kulturelle Überlegungen im Zusammenhang mit dem Lehren und Lernen von Mathematik sind bei der Adaptation fachdidaktischer Rahmungen angebracht. Auch in anderen Kontexten konnten kulturelle Unterschiede zwischen Vorstellungen von Lehrkräften aufgezeigt werden (Dreher, Lindmeier, Wang, & Hsieh, 2020).

Immer mehr Websites und Software bieten Lehrkräften Zugang zu hochwertigen virtuellen digitalen Medien für den Mathematikunterricht. Die digitalen Medien werden häufig im US-amerikanischen Kontext entwickelt und mit US-amerikanischen Lehrenden und Lernenden als primäre Nutzer getestet. Etwaige Unterschiede die beim Einsatz der digitalen Medien auftreten, können in Bezug auf den kulturellen Kontext womöglich fruchtbar für den Mathematikunterricht nutzbar gemacht werden (Müller, 2020). Ein oft genanntes (sehr einfaches) Beispiel für kulturelle Unterschiede, die sich auf den Einsatz digitaler Medien auswirken, ist die Eingabe von Punkt und/oder Komma (Furner, Yahya, & Duffy, 2005). Die Diskussion der Interpretation der Eingabe als reelle Zahl oder evtl. als Datumsangabe durch das jeweilige digitale Medium eröffnet einen kulturellen Einblick über die Mathematik hinaus.

Eine onlinegestützte Fern-Lernumgebung im Schülerforschungsclub Mathematik mit digitalen Werkzeugen

Das Schülerforschungszentrum (SFZ) Jena wurde 2016 gegründet und verfolgt einen didaktischen Ansatz zum forschend-entdeckenden Lernen. Die Konzepte und Angebote werden fortlaufend evaluiert und weiterentwickelt, dabei orientiert man sich eng an den Qualitätskriterien für Schülerforschungszentren (Netzwerk Schülerforschungszentren, 2019). Das SFZ Jena konkretisiert seine Angebote für mathematik-interessierte Kinder und Jugendliche in dezentralen Arbeitsgemeinschaften an Jenaer Schulen und der Friedrich-Schiller-Universität Jena (FSU). Diese wöchentlichen Angebote, die als SFC bezeichnet werden, ermöglichen den Lernenden ein kontinuierliches Arbeiten über ein Schuljahr an einer (oder mehreren) selbstgewählten Fragestellung(en). Die Projekte werden in Wettbewerben wie z. B. Jugend forscht oder in schulischen Seminarfacharbeiten realisiert (Müller, & Geitel, 2018).

Mit der Ankündigung des Distanzunterrichts im März dieses Jahres wurde auch der SFC Mathematik mit digitalen Werkzeugen an der FSU in

Tabelle 1. Übersicht zu Mathematical Technological Tool Framework (Shin et al., 2018, S. 158)

| Fidelity | Descriptions (Dick, 2008) | Questions to Consider When Evaluating and Selecting Technological Tools |
|-----------------------|---|--|
| Pedagogical fidelity | How well the technological tool allows students to “do” mathematics without difficulty and to manipulate and not be distracted or limited by technical features | <p>Is the tool difficult to use? Does the tool include clear instructions and directions on how to use it?</p> <p>Are there features that distract students from learning?</p> <p>How well does the tool allow students to interact with the mathematical object (e.g., shape, figure, table, plot, formula, equation) and take mathematical actions?</p> <p>How well does the tool offer students the opportunity to explore and develop conjectures and generalizations?</p> <p>How accessible is the tool for all students and does the tool offer customization or accommodations?</p> |
| Mathematical fidelity | How well a mathematical object in the technological tool represents the underlying mathematical properties of the object with mathematical accuracy | <p>How accurately does the tool represent the mathematics?</p> <p>Does the tool display mathematical formulas correctly, including basic assumptions? (Bokhove, & Drijvers, 2010)</p> <p>What mathematical misconceptions may students develop while using the tool?</p> |
| Cognitive fidelity | How well the technological tool reflects students’ cognitive actions with emphasis on illuminating mathematical thinking processes rather than simply arriving at the final results | <p>How well does the tool show the ways in which the solution is produced? Does the tool simply display the final results?</p> <p>How well does the tool’s solution method resemble your students’ methods? Does the tool allow multiple solution methods?</p> <p>How well does the tool allow you to gain insight into how students are thinking?</p> |

Präsenzform ausgesetzt. Alle beteiligten Lehrkräfte bemühten sich kurzfristig um eine onlinegestützte Fern-Lernumgebung als Distanzlern-Angebot. Entsprechend des MTT Frameworks wurde ein Format entwickelt, indem die digitalen Medien nach den Leitfragen ausgewählt und der Einsatz fortlaufend bewertet werden soll. Folgend der theoretischen Orientierung konnte die praktische Umsetzung angegangen werden. So begann eine Pilotphase am Ende des Schuljahres 2019/20 in der die onlinegestützte Fern-Lernumgebung erprobt wurde. Die Lernenden des SFC Mathematik mit digitalen Werkzeugen wurden in einem virtuellen Konferenzraum eingeladen, der im Rahmen einer Big-Blue-Button-Lizenz an der Fakultät für Mathematik und Informatik (FMI) der FSU realisiert wird. Zwei Lehrkräfte arbeiten an einer interaktiven Tafel und mit einer Dokumentenkamera. Das Tafel- und das Kamerabild werden digital im virtuellen Konferenzraum geteilt. Mittels drahtloser Headsets können beide Lehrkräfte mit den Lernenden im virtuellen Raum kommunizieren. Die Lernenden arbeiten überwiegend an privaten Laptops zuhause. In

virtuellen Gruppenräumen (sogenannten Breakout-Rooms) können Lernende in Kleingruppen an gemeinsamen Projektideen arbeiten. In übergreifenden Präsentationsrunden werden Arbeitsergebnisse gesichert, Feedback ermöglicht und Projektschritte geplant. Nach der erfolgreichen Pilotphase wurde das wöchentliche Distanzlern-Angebot mit Beginn des neuen Schuljahres 2020/21 verstetigt und an die Partnerschulen kommuniziert. Eingeladen sind alle interessierten Schülerinnen und Schüler. Teilnahmeinformationen finden sich auf den Internetseiten des SFZ und der FMI. Um das wöchentliche Distanzlern-Angebot flankierend zu begleiten, konnte auf bestehende digitale Ressourcen zurückgegriffen werden. So konnte auf digitalisierte Aufgaben und Problemstellungen mit Lösungen und Hinweisen aufgebaut werden. Dabei bildeten die onlineverfügbaren Jenaer Schriften zur Mathematik und Informatik sowie die digitalen Ausgaben der Schülerzeitung Gedankenblitze die Ausgangslage.¹ Die bestehenden Angebote wurden auf einer neugestalteten Internetseite zusammengetragen und um praxiserprobte Arbeitsmaterialien des Schülerfor-

¹ Unter <https://www.mi-didaktik.uni-jena.de/ressourcen>. Zugriff: 23.11.2020.

scherguides ergänzt. Des Weiteren wird eine Möglichkeit der Fernleihe der genannten Arbeitsmaterialien in analoger Form auf der Internetseite angeboten, um auch Lernende zu unterstützen, die im heimischen Bereich nicht die technischen Voraussetzungen vorfinden um an der onlinegestützten Fern-Lernumgebung teilzunehmen.

Wie eingangs angedeutet, wurden nach den Leitfragen des MTT Frameworks die digitalen Medien und Mathematikwerkzeuge für die onlinegestützte Fern-Lernumgebung ausgewählt. So weist das Video-Konferenztool Big-Blue-Button eine hohe Güte beim Kriterium *Pedagogical fidelity* auf, da es sich u. a. durch die intuitive Nutzung als Browser-Anwendung auszeichnet. Als digitales Mathematikwerkzeug kommt die Software GeoGebra zum Einsatz, die eine hohe Güte bei den Kriterien *Mathematical fidelity* und *Cognitive fidelity* zeigt, da die mathematischen Sachverhalte z. B. gut repräsentiert werden sowie verschiedene Lösungsansätze und -strategien unterstützt werden. Für die Lehrenden des SFC Mathematik mit digitalen Werkzeugen ist das MTT Framework ein wichtiger erster Schritt zur Auswahl und Bewertung digitaler Medien und Mathematikwerkzeuge für die onlinegestützte Fern-Lernumgebung. Eine Fortentwicklung bzw. Adaptation vor dem Hintergrund des Einsatzes digitaler Medien im regulären Mathematikunterricht erscheint lohnenswert.

Literatur

- Barzel, B. (2019). Digitalisierung als Herausforderung an Mathematikdidaktik – gestern, heute, morgen. In G. Pinkernell, & F. Schacht (Hrsg.), *Digitalisierung fachbezogen gestalten* (S. 1–10). Hildesheim: Franzbecker.
- Blume, C. (2020). German teachers' digital habitus and their pandemic pedagogy. *Postdigital Science and Education*, 2, 879–905.
- Bokhove, C., & P. Drijvers (2010) Digital Tools for Algebra Education: Criteria and Evaluation. *International Journal of Computers Mathematical Learning*, 15(1), 45–62
- Dick, T. P. (2008). Keeping the Faith: Fidelity in Technological Tools for Mathematics Education. In G. W. Blume, & M. K. Heid (Hrsg.) *Research on Technology and the Teaching and Learning of Mathematics: Cases and Perspectives* (S. 333–339). Charlotte, NC: Information Age.
- Dreher, A., Lindmeier, A., Feltes, P., Wang, T.-Y. & Hsieh, F.-J. (2020, online first). Do cultural norms influence how teacher noticing is studied in different socio-cultural contexts? A focus on expert norms of dealing with students' mathematical thinking. *ZDM*. doi:10.1007/s11858-020-01197-z
- Furner, J. M., Yahya, N., & Duffy, M. L. (2005). Teach mathematics: Strategies to reach all students. *Intervention in School and Clinic*, 41(1), 16–23.
- Gispert, H., & Schubring, G. (2011). Societal, structural, and conceptual changes in mathematics teaching: Reform processes in France and Germany over the twentieth century and the international dynamics. *Science in context*, 24(1), 73.
- Günster, S. M., & Weigand, H. G. (2020). Designing digital technology tasks for the development of functional thinking. *ZDM*, 52(7), 1259–1274.
- Hegedus, S., Laborde, C., Brady, . . . , & Moreno-Armella, L. (2017). *Uses of technology in upper secondary mathematics education*. New York, Berlin: Springer Nature.
- Kerres, M. (2020). Against all odds: Education in Germany coping with Covid-19. *Postdigital Science and Education*, 2(3), 1–5.
- Mammes, I., Fletcher, S., Lang, M., & Münk, D. (2016). Technology education in Germany. In M. J. de Vries, S. Fletcher, S. Kruse, . . . , & M. Winterbottom (Hrsg.) *Technology Education Today. International Perspectives* (S. 11–38). Münster: Waxmann.
- Müller, M. (2020). Bilingual math lessons with digital tools. Challenges can be door opener to language and technology. In B. Barzel, R. Bebernik, L. Göbel, M. Pohl, H. Ruchniewicz, F. Schacht, D. Thurm (Hrsg.), *Proceedings of the 14th International Conference on Technology in Mathematics Teaching – ICTMT 14* (S. 312–319).
- Müller, M. & Geitel, L. (2018). Mathematische Experimente als Basis für Forschendes Lernen – Konzeption und empirische Befunde des SFZ Mathematik mit digitalen Werkzeugen. In N. Neuber, W. Paravici, M. Stein (Hrsg.), *Forschendes Lernen – The Wider View*. (S. 265–268). Münster: WTM.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2014). *Principles to actions: Ensuring mathematical success for all*. Reston, VA: NCTM.
- Netzwerk Schülerforschungszentren (2019). *Qualitätskriterien für Schülerforschungszentren*. Unter <https://schuelerforschungszentren.de/qualitaetskriterien>. Zugriff: 23.11.2020.
- Ostermann, A., Härtig, H., Kampschulte, L., Ropohl, M., Schwanewedel, J., & Lindmeier, A. (2020, accepted pending minor revisions). *Nutzung von Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht – Effekte von Merkmalen der Lehrperson und der Schule auf die Nutzung von mathematikspezifischen Medien*.
- Rauh, B. (2012). Höheres Lernen mit digitalen Medien – auch im Bereich der Arithmetik? In S. Ladel, C. Schreiber (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in der Primarstufe* (S. 37–58). Hildesheim: Franzbecker.
- Shin, D., Smith, R. C., & Kim, S. (2018). Evaluating technology for teaching mathematics. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 24(3), 156–163.
- Smith, R. C., Shin, D., & Kim, S. (2017). Prospective and current secondary mathematics teachers' criteria for evaluating mathematical cognitive technologies. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 48(5), 659–681.
- Traglová, J., Clark-Wilson, A., & Weigand, H.-G. (2018). Technology and resources in mathematics education. In T. Dreyfus, M. Artigue, D. Potari, S. Prediger, & K. Ruthven (Hrsg.), *Developing research in mathematics education: Twenty years of communication, cooperation and collaboration in Europe* (S. 142–161). Berlin: Springer.

Thurm, D., & Barzel, B. (2020, online first). Effects of a professional development program for teaching mathematics with technology on teachers' beliefs, self-efficacy and practices. *ZDM* doi:10.1007/s11858-020-01158-6

Whalen, J. (2020). Should teachers be trained in emergency remote teaching? Lessons Learned from the

COVID-19 Pandemic. *Journal of Technology and Teacher Education*, 28(2), 189–199.

Dr. Matthias Müller, Friedrich-Schiller-Universität Jena
E-Mail: matthias.mueller.2@uni-jena.de