

Matthias LUDWIG, Frankfurt, Nils BUCHHOLTZ, Hamburg &
Michael BESSER, Lüneburg

Die Forschung zu mathematischen Wanderpfaden – Standortbestimmung und Ausblick auf zukünftige Forschung

Das außerschulische Lernen von Mathematik gewinnt zunehmend an curricularer Bedeutung und hält in verschiedenen Formen Einzug in den gegenwärtigen Mathematikunterricht. Die deutschsprachige fachdidaktische Forschung zu mathematischen Wanderpfaden (Mathtrails) hat sich flankierend dazu in den letzten 10 Jahren positiv entwickelt, sodass das Thema in Dissertationen (z. B. Zender, 2018; Gurjanow, 2021) und zentralen wissenschaftlichen Publikationen (Buchholtz, 2020; Ludwig & Jablonski, 2021) sowie im Rahmen von Erasmus+- Projekten (MoMaTrE und MaSCE³) oder Transferaktivitäten wie Lehrerfortbildungen oder Veröffentlichungen in den Medien eine breite Zielgruppe erreicht. Mit einem ersten Minisymposium zu mathematischen Wanderpfaden auf der GDM gelang es 2019, das Forschungsthema auch in der deutschsprachigen mathematikdidaktischen Forschungscommunity fest zu verankern (Ludwig et al., 2019). Mittlerweile existieren an einigen Standorten in Deutschland Arbeitsgruppen und Forschungsprojekte zum außerschulischen Lernen von Mathematik:

- Im Frankfurter MathCityMap –Projekt (www.mathcitymap.eu) (Ludwig & Jesberg, 2015) wird seit 2012 auf Basis des Design Based Research Ansatzes die analoge Mathtrail-Idee konsequent digitalisiert. Den Lehrpersonen wird ein Zwei-Komponenten System zur Verfügung gestellt, in dem einerseits die Aufgaben für die Mathtrails eingepflegt werden können und andererseits werden Schülerinnen und Schülern mit Hilfe der passenden App die Aufgaben des Trails mit dem Smartphone zur Verfügung gestellt. Neben technologischen Weiterentwicklungen, wie der Einbindung von Augmented Reality, wird aber auch im pädagogischen Bereich nachjustiert. Mit den digitalen Klassenräumen ist es der Lehrkraft möglich, mit den Schülerinnen und Schülern einerseits auf Distanz Kontakt zu halten und andererseits den Weg zur Lösung der Aufgaben zu tracken. Die Frankfurter Gruppe engagiert sich neben den digital-technologischen Entwicklungen aber auch in weiteren Forschungsfragen. So wird z.B. untersucht, wie sich die Bearbeitung von Modellierungsaufgaben bei Mathtrails von der Bearbeitung derselben Aufgaben im Klassenzimmer unterscheidet, zudem wird gerade eine Langzeitstudie über die Auswirkung von Mathtrails im Schulalltag durchgeführt.

- Im Hamburger Projekt zu mathematischen Stadtpaziergängen (Math&TheCity; Buchholtz, 2017) werden seit 2012 Papier-und-Bleistift basierte Mathtrails entwickelt und mit Schülerinnen und Schülern empirisch erprobt. Die Mathtrails werden zusätzlich mittels der App Actionbound digital unterstützt. Forschungsaktivitäten beziehen sich auf die Videographie des außerschulischen Lernens der Schülerinnen und Schüler sowie der Untersuchung von Modellierungskompetenzen (Buchholtz, 2021).
- Im Rahmen der Professionalisierung angehender Lehrkräfte in der ersten Phase der Lehrkräfte Ausbildung erfolgt in Lüneburg der Versuch des expliziten Einbezugs mathematischer Spaziergänge in universitäre Lehre. Im Fokus stehen hierbei grundsätzliche Fragen nach Möglichkeiten und Grenzen einer erfolgreichen Unterstützung von Aufbau und Entwicklung professioneller Kompetenzen von Mathematik-Lehramtsstudierenden für einen modernen, anwendungsbezogenen, digital-gestützten Fachunterricht in Schule (Poschkamp et al., 2021)
- Die Gruppe um Joerg Zender von der Hochschule Rhein-Main befasst sich mit der Geschichte der Mathtrails und untersucht, wie sich die Mathtrail Idee im Laufe der Jahre gewandelt hat.
- Eine Forschergruppe der PH St. Gallen entwickelt sog. mathematische Lernplätze in verschiedenen Städten in der Schweiz (<https://www.mathplatz.ch>)
- Eine weitere Forschergruppe Universität Bonn entwickelt mathematische Spaziergänge in der Region Bonn (<https://www.mathematics.uni-bonn.de/mathematik-in-bonn/schulportal/spaziergaenge>)

Auch international hat sich mittlerweile eine Forschungscommunity etabliert, die durch die (online) Tagung ROSETA in Porto (Ludwig et al., 2020) auch andere Fachgebiete dazu ermuntern konnte, fachspezifische Spaziergänge zu organisieren und wissenschaftlich zu begleiten. Auch wenn hier nur die deutschsprachige Community beleuchtet werden soll, so lohnt sich doch der Blick nach Frankreich, insbesondere Lyon (Christian Mercat), und ebenso nach Spanien, wo sich der spanische Mathematiklehrerverband FESPM stark in Mathtrail-Aktivitäten engagiert. Auch im Norden Portugals finden sich Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (Barbosa et al., 2022). Es scheint daher an der Zeit für eine erste Forschungsbilanz und einen Ausblick auf die Forschung der nächsten zehn Jahre.

Inhaltlich erachten wir die folgenden Forschungsbereiche in Bezug auf mathematische Wanderpfade als besonders wichtig:

- (1) Theoretische Forschungsarbeiten (Modelle und Theorien zur mathematikdidaktischen Beschreibung von Mathtrails als außerschulische Lernform für das Fach Mathematik; Ziele und bildungstheoretische Perspektiven von Mathtrails; Aufarbeitung zentraler lerntheoretischer und kognitionswissenschaftlicher Ansätze wie Mobile learning, Gamification, außerschulisches Lernen, Motivation oder Embodiment sowie Klärung ihrer Bedeutung für das außerschulische Lernen von Mathematik)
- (2) Mathematikdidaktische Weiterentwicklungen von Wanderpfadaufgaben (generische bzw. ortsungebundene Aufgaben; offene Aufgaben, barrierefreie Aufgaben zum Einsatz von Mathtrails in inklusiven Settings, Differenzierungsmöglichkeiten für Aufgaben; Modellierungsaktivitäten; Einbezug von Grundvorstellungen)
- (3) Arbeiten zu Lehrerkompetenzen im Bereich von mathematischen Wanderpfaden (Fähigkeiten zur Entwicklung, Planung und Durchführung von Mathtrails; Wissen über geeignete Interventionen während Mathtrails; diagnostische Kompetenzen; Einstellungen)
- (4) Studien zur Untersuchung der mathematischen Lernaktivitäten von Schülerinnen und Schülern (Problemlösen; Modellierungstätigkeiten; nutzen von Stützzvorstellungen) und ihren Lernschwierigkeiten (Mess- und Einheitenfehler) beim Arbeiten auf mathematischen Wanderpfaden
- (5) Vernetzungen von mathematischen Wanderpfaden zu anderen Schulfächern und anderen Disziplinen (Stadtentwicklung; Bewegungswissenschaften, andere MINT-Fächer, Sprachfächer)
- (6) Forschung zum Einsatz und der Implementation neuester digitaler Technologie und digitalen Werkzeugen auf Mathtrails (AR/VR; diverse Apps; Datenbrillen; Smartphone-Sensoren)
- (7) Transferforschung (Entwicklung und Erforschung von Lehrerfortbildungen, Implementation und Evaluation von Lehrveranstaltungen innerhalb der Lehrerbildung)
- (8) Empirische Ansätze zur Erforschung der Lernwirksamkeit von mathematischen Wanderpfaden (z.B. Motivation und Einstellungen von Schülerinnen und Schülern sowie ihrer Kompetenzentwicklung)
- (9) Methodologische Weiterentwicklung von Forschungsmethoden zur Erforschung von Mathtrails (qualitative, quantitative und Mixed-Methods Ansätze)

Literatur

- Barbosa, A., Vale, I., Jablonski, S. & Ludwig, M. (2022). Walking through Algebraic Thinking with Theme-Based (Mobile) Math Trails. *Educ. Sci.* 2022, 12(5), 346. <https://doi.org/10.3390/educsci12050346>
- Buchholtz, N. (2017). How teachers can promote Mathematizing by means of Mathematical City Walks. In G. A. Stillman, W. Blum & G. Kaiser (Hrsg.), *Mathematical Modelling and Applications* (S. 49–58). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62968-1_4
- Buchholtz, N. (2020). Mathematische Wanderpfade unter einer didaktischen Perspektive. *mathematica didactica*, 43(2), 95–110. www.mathematica-didactica.com/Pub/md_2020/2020/ges/md_2020_Buchholtz.pdf
- Buchholtz, N. (2021). Students' modelling processes when working with math trails. *Quadrante - Revista de Investigação em Educação Matemática*, 30(1), 140–157. <https://quadrante.apm.pt/article/view/23699/18338>
- Gurjanow, I. (2021). *Math City Map - Eine Bildungs-App für mathematische Wanderpfade* [Dissertation, Goethe-Universität Frankfurt am Main].
- Ludwig, M., Bärthel, M., Zender, J. & Buchholtz, N. (2019). Renaissance der mathematischen Wanderpfade. In A. Frank, S. Krauss & K. Binder (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2019* (S. 1207-1210). WTM. <http://dx.doi.org/10.17877/DE290R-20502>
- Ludwig, M. & Jablonski, S. (2021). Step by Step: symplifiying and mathematizing the real world with MathCityMap. *Quadrante – Revista de nvestigação em Educação Matemática*, 30(2), 242–268. <https://doi.org/10.48489/quadrante.23604>
- Ludwig, M., Jablonski, S., Caldeira, A. & Moura, A. (Hrsg.). (2020). *Research on Outdoor STEM Education in the digiTal Age. Proceedings of the ROSETA Online Conference in June 2020*. WTM-Verlag. <https://doi.org/10.37626/GA9783959871440.0>
- Ludwig, M. & Jesberg, J. (2015). Using Mobile technology to provide Outdoor Modelling Tasks- The MathCityMap-Project. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, 2776–2781. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.517>
- Poschkamp, A.-K., Göller, R. & Besser, M. (2021). Entwicklung von Modellierungsaufgaben unter Rückgriff auf das Webportal „MathCityMap“ in einem fachdidaktischen Seminar für Lehramtsstudierende. In H. Humenberger & B. Schuppar (Hrsg.), *Neue Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht 7. Realitätsbezüge im Mathematikunterricht* (S. 143–153). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-62975-8_13
- Zender, J. (2018). *Mathtrails in der Sekundarstufe I. Der Einsatz von MathCityMap bei Zylinderproblemen in der neunten Klasse*. WTM.