

WITZKE, Ingo, DILLING, Frederik & PEPIN, Birgit
Siegen, Eindhoven

KI-gestützte Förderung mathematischen Argumentierens – ein Werkstattbericht zu Rollen didaktischer KI-Agenten und Schüler*innen-Agency

1. Einleitung

Das Fördern mathematischen Argumentierens gehört zu den zentralen Zielen des Mathematikunterrichts. Argumentieren umfasst dabei nicht nur das formale Beweisen, sondern ein breites Spektrum an Begründungs- und Erkläraktivitäten, die sich zwischen explorativem Begründen, lokaler Absicherung und deduktiver Rechtfertigung bewegen (Brunner, 2014). Mit dem Aufkommen generativer KI-Systeme stellt sich die Frage, ob und wie mathematische Argumentationsprozesse mit dieser Technologie lernförderlich angeregt, begleitet und reflektiert werden können. Während ein unreflektierter Einsatz die Gefahr birgt, dass Lernende Argumentationen lediglich rezipieren oder übernehmen, eröffnen bewusst gestaltete KI-Umgebungen potenziell neue Anlässe für Reflexion, Bewertung und Revision mathematischer Begründungen.

Der vorliegende Beitrag versteht sich als informierter Werkstattbericht. Er stellt das Design einer empirischen Studie vor, in der generative KI gezielt in unterschiedlichen didaktischen Rollen eingesetzt wird, um Argumentationsanlässe im Mathematikunterricht zu stiften. Im Zentrum steht dabei die Frage, wie sich durch die Gestaltung und Auswahl solcher KI-Rollen Schüler*innen-Agency im mathematischen Argumentieren entfalten kann.

2. Theoretischer Rahmen

2.1 Argumentieren im empirisch-orientierten Mathematikunterricht

Der empirisch-orientierte Mathematikunterricht versteht Lernprozesse als dynamische Theoriebildung, die ausgehend von empirischen Erfahrungen rekonstruktiv zu mathematisch begründeten Einsichten führt (Burscheid & Struve, 2020; Witzke, 2009). Argumentieren nimmt in diesem Rahmen eine zentrale Funktion ein, da es die Verbindung zwischen explorativen Beobachtungen, der Prüfung von Hypothesen und der logischen Absicherung mathematischer Aussagen herstellt (Dilling, 2022). Argumentationsprozesse lassen sich dabei als Teil von Wissensentwicklungsprozessen rekonstruieren, in denen empirische Erfahrungen, lokale Begründungen und theoretische Verdichtungen systematisch aufeinander bezogen werden (Pielsticker, 2020).

Digitale Werkzeuge – und insbesondere generative KI – könnten in diesem Zusammenhang als zusätzliche Ressource im mathematischen Argumentieren wirksam werden. Sie eröffnen neue Perspektiven, machen Widersprüche sichtbar und regen dazu an, bestehende Argumentationen zu überprüfen. Entscheidend ist jedoch nicht die bloße Verfügbarkeit von Lösungen, sondern die didaktische Einbettung der KI als Anlass zur vertieften Auseinandersetzung mit mathematischen Begründungen (Dilling et al., 2024).

2.2 Schüler*innen-Agency im Umgang mit KI

Der Begriff der Agency beschreibt die Fähigkeit und Bereitschaft von Lernenden, ihr eigenes Lernen aktiv, zielgerichtet und reflektiert zu gestalten. Im Kontext digitaler Ressourcen betonen Pepin et al. (2024), dass Agency insbesondere dort gefördert wird, wo Lernende Entscheidungen über Auswahl, Nutzung und Bewertung von Werkzeugen treffen und Verantwortung für ihren Lernprozess übernehmen.

Im Hinblick auf KI-Systeme lassen sich unterschiedliche Nutzungsparadigmen unterscheiden, die von stark KI-gesteuerten (AI-directed) bis hin zu unterstützenden, kollaborativen Formen (AI-supported) reichen (Ouyang & Jiao, 2021). Für den Mathematikunterricht stellt sich damit die Frage, wie Lernumgebungen gestaltet werden können, in denen KI nicht den Lernweg vorgibt, sondern Schüler*innen dabei unterstützt, eigene Argumentationsprozesse zu entwickeln, zu prüfen und weiterzuentwickeln.

3. Studiendesign und didaktische KI-Rollen

3.1 Setting

Die hier vorgestellte Studie wurde in einer achten Klasse eines ländlichen Gymnasiums in Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Das Unterrichtssetting umfasste zwei Doppelstunden (2×90 Minuten), in denen die Schüler*innen in Teams von zwei bis drei Personen arbeiteten. Inhaltlich standen Aufgaben vom Typ „Gilt immer – gilt nie – gilt manchmal“ zu den Potenzgesetzen im Mittelpunkt, die gezielt auf das mathematische Begründen und Argumentieren ausgerichtet waren. Außerdem enthielten die Arbeitsaufträge explizite Reflexionsfragen zum Umgang mit KI und zur wahrgenommenen Unterstützungsleistung.

3.2 Vier Rollen didaktischer KI-Agenten

Zentrales Gestaltungselement des Settings war der Einsatz von vier didaktischen KI-Agenten mit klar unterscheidbaren Rollen. Diese Rollen wurden den Schüler*innen zunächst vorgegeben und später von ihnen individuell angepasst. Die Agenten unterschieden sich insbesondere darin, wie sie in Argumentationsprozesse eingreifen:

Der **Ghostwriter** gibt vollständige mathematische Argumentationen aus. Er fungiert damit als externe Referenz, an der sich die Schüler*innen orientieren können, bietet jedoch zugleich die Gefahr einer unkritischen Übernahme vorgefertigter Lösungen.

Der **Socratic Tutor** begleitet die Lernenden fragend-entwickelnd. Durch gezielte, kleinschrittige Fragen und beispielgebundene Impulse regt er dazu an, eigene Überlegungen zu präzisieren und weiterzuentwickeln, ohne selbst Argumentationen direkt vorzugeben – mit der Gefahr für kritische Interaktionsmuster.

Der **Critical Friend** erwartet von den Schüler*innen eine eigene Argumentation und gibt darauf aufbauend konstruktives, ermutigendes Feedback. Stärken und Schwächen werden benannt, ohne Lösungen zu liefern, sodass insbesondere Revision und Vertiefung angeregt werden.

Der **Advocatus Diaboli** prüft eingereichte Argumentationen strikt und kritisch. Er akzeptiert keine unbegründeten Aussagen und weist konsequent auf Unklarheiten oder logische Lücken hin, ohne Hilfestellungen zur Verbesserung zu geben.

Die Systemprompts dieser Agenten wurden für das Setting eigens entwickelt und den Schüler*innen über eine schulische KI-Plattform zur Verfügung gestellt. Aufgrund des begrenzten Umfangs dieses Beitrags werden sie hier nicht vollständig wiedergegeben, sondern als OER über den folgenden externen Link bereitgestellt:

<https://uni-siegen.sciebo.de/s/erKGmxxsekXpQ8y>

4. Erste Beobachtungen und Arbeitshypothese

Die Auswertung der bislang vorliegenden Daten befindet sich noch in einem frühen Stadium. Erste Beobachtungen aus den Unterrichtsphasen und den anschließenden Reflexionen der Schüler*innen deuten jedoch darauf hin, dass die unterschiedlichen KI-Rollen in charakteristischer Weise mit KI-Nutzungsschemata, Formen von Agency und Argumentationsaktivitäten verbunden sind.

Bemerkenswert ist insbesondere, dass viele Schüler*innen den Critical Friend als besonders lernförderlich einschätzten, da dieser ihnen nach eigener Einschätzung half, eigene Argumentationen zu überarbeiten, ohne die Lösung vorwegzunehmen. So formulierte ein Schüler im Abschlussinterview: „Ich würde den Critical Friend benutzen, um zu lernen, damit ich nicht direkt nur die Lösung sehe, sondern die besser nachvollziehen kann.“ Der Ghostwriter wurde zwar als hilfreich empfunden, führte jedoch häufiger zu einer eher rezeptiven Nutzung.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich folgende Arbeitshypothese: Die Möglichkeit, KI-Rollen gezielt auszuwählen und anzupassen, eröffnet Schüler*innen neue Formen der Einflussnahme auf ihren Lernprozess, die sich insbesondere in der Qualität und Tiefe mathematischer Argumentationsprozesse niederschlagen können.

5. Ausblick

Die bislang vorliegenden Beobachtungen deuten darauf hin, dass die gezielte Gestaltung und Auswahl didaktischer KI-Rollen nicht nur die Art mathematischer Argumentationsprozesse beeinflusst, sondern auch neue Formen von Schüler*innen-Agency eröffnet. Insbesondere die Möglichkeit, didaktische KI-Agenten als kritische, feedbackgebende oder fragend-entwickelnde Lernpartner zu nutzen, scheint Lernende stärker in die Verantwortung für die Qualität ihrer eigenen Argumentationen zu bringen.

Im weiteren Projektverlauf sollen diese Zusammenhänge systematisch analysiert werden. Dazu werden Abschlussinterviews, KI-Chats und schriftliche Schülerdokumente ausgewertet. Neben der Rekonstruktion argumentativer Prozesse stehen dabei auch Fragen der instrumentellen Genese und Orchestrierung im Fokus.

Literatur

- Brunner, E. (2014). *Mathematisches Argumentieren, Begründen und Beweisen: Grundlagen, Befunde und Konzepte*. Springer Spektrum. DOI: 10.1007/978-3-642-41864-8
- Burscheid, H.-J. & Struve, H. (2020). *Mathematikdidaktik in Rekonstruktionen*. Springer Spektrum. DOI: 10.1007/978-3-658-29452-6
- Dilling, F. (2022). *Begründungsprozesse im Kontext von (digitalen) Medien im Mathematikunterricht. Wissensentwicklung auf der Grundlage empirischer Settings*. Springer Spektrum. DOI: 10.1007/978-3-658-36636-0
- Dilling, F., Herrmann, M., Müller, J., Pielsticker, F. & Witzke, I. (2024). Initiating interaction with and about ChatGPT – an exploratory study on the angle sum in triangles. In E. Faggiano, A. Clark-Wilson, M. Tabach & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Proceedings of the 17th ERME Topic Conference MEDA 4* (S. 145–152). University of Bari Aldo Moro.
- Ouyang, F. & Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100020.
- Pepin, B., Kock, Z.-J. & Rezat, S. (2024). Toward student agency in the selection and use of digital resources for learning and studying mathematics. In B. Pepin, G. Gueudet & J. Choppin (Hrsg.), *Handbook of Digital Resources in Mathematics Education* (S. 925–934). Springer. DOI: 10.1007/978-3-031-45667-1_26
- Pielsticker, F. (2020). *Mathematische Wissensentwicklungsprozesse von Schülerinnen und Schülern*. Springer Spektrum. DOI: 10.1007/978-3-658-29949-1
- Witzke, I. (2009). *Die Entwicklung des Leibnizschen Calculus. Eine Fallstudie zur Theorieentwicklung in der Mathematik*. Verlag Franzbecker.