

FRIEDHOFF, Lars; ROTH, Jürgen & RAUSENBERGER, Julia
Muttentz, Landau

Funktionales Denken in MINT-Studiengängen fördern

Funktionales Denken umfasst drei grundlegende Aspekte: Zuordnung, Änderungsverhalten und die Funktion als Ganzes (Vollrath, 1989, S. 6). Um mit Funktionen arbeiten zu können, muss man darüber hinaus verschiedene Repräsentationen einer Funktion erfassen und je nach Problemstellung flexibel zwischen ihnen wechseln können. Studierende der MINT-Fächer haben in den ersten Semestern oft Schwierigkeiten, die inhaltliche Bedeutung mathematischer Darstellungen und Symbole zu erfassen. Ihr konzeptuelles Verständnis ist – auch mit Blick auf Funktionen – oft weniger ausgeprägt als ihre Fähigkeit, Prozeduren anzuwenden (Bain & Towns, 2016). Um das inhaltliche Verständnis von Funktionen bei Studierenden der ersten Semester in MINT-Studiengängen zu fördern, wurden im Rahmen einer Studie u.a. folgende Erkenntnisse genutzt: (1) Durch einen konkreten Anwendungsbezug können das Funktionenkonzept verdeutlicht und die mathematischen Kompetenzen der Studierenden gefördert werden (English & Watson, 2018). (2) Digitale Simulationen der Realsituation in Verbindung mit dem zugehörigen Funktionsgraph haben sich zur Vermittlung funktionalen Denkens und insbesondere des Änderungsverhaltens bewährt (Lichti, 2019). Vor diesem Hintergrund untersucht die hier vorgestellte Studie u.a. folgende Forschungsfragen:

FF1: Erhöht die Bearbeitung einer anwendungsbezogenen digitalen Lernumgebung den Lernzuwachs im Bereich des Funktionalen Denkens?

FF2: Wird durch eine vollständige Bearbeitung der digitalen Lernumgebung ein höherer Lernzuwachs erreicht?

Stichprobe und Studiendesign

Die Studie fand in den Herbstsemestern 2022 sowie 2023 an der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) in der Hochschule für Life Sciences (HLS) während des Kapitels Funktionen in der Vorlesung „Grundlagen Mathematik - Analysis I“ statt. Die Vorlesung ist für sieben BSc-Studiendirectionen der HLS obligatorisch. Im Herbstsemester 2022 haben $N = 157$ Personen den Prä- und Posttest bearbeitet, während es im Herbstsemester 2023 $N = 161$ Personen waren.

Die genannte Vorlesung ist in fünf inhaltsgleiche Durchführungen unterteilt, die von drei Dozierenden angeboten werden. Die Studierenden wurden je nach Studienrichtung zufällig einer der fünf Durchführungen zugeordnet. In

drei dieser Durchführungen wurde das Thema Funktionen innerhalb der ersten zweieinhalb Wochen mit der entwickelten digitalen Lernumgebung eingeführt, während in den anderen beiden Durchführungen mit dem bereits vorhandenen Vorlesungsmaterial gearbeitet wurde. Vor und nach dem Kapitel Funktionen wurde während der Vorlesung der FALKE-Test (Klinger & Barzel, 2018) als Prä- bzw. Posttest eingesetzt.

Lernumgebung

Die Lernumgebung besteht aus acht aufeinander aufbauenden Aufgaben. Jede Aufgabe enthält GeoGebra-Applets und dazugehörige Fragen als Word-Dokument. Beides wird den Studierenden über das LMS Moodle bereitgestellt. Sämtliche Aufgaben untersuchen eine vorgegebene chemische Reaktion. Die GeoGebra-Applets haben den grundlegenden Aufbau wie in Abbildung 1. Die chemische Reaktion wird mithilfe eines Säulendiagramms repräsentiert und kann durch Ziehen an dem Schieberegler Zeit simuliert werden. Auf der rechten Seite des Applets werden schrittweise weitere Repräsentationen der Funktion (hier bisher nur der Graph) hinzugefügt. Die Aufgaben fordern die Studierenden dazu auf, ihre am Applet gemachten Beobachtungen zu beschreiben und mit Hilfe dieser Beschreibungen Eigenschaften der chemischen Reaktion zu erklären bzw. diese mit Hilfe der mathematischen Darstellungen im Applet zu begründen. Während der Vorlesungszeit wurden zentrale, durch die Bearbeitung der Lernumgebung gewonnene Erkenntnisse nochmals hervorgehoben und diskutiert.

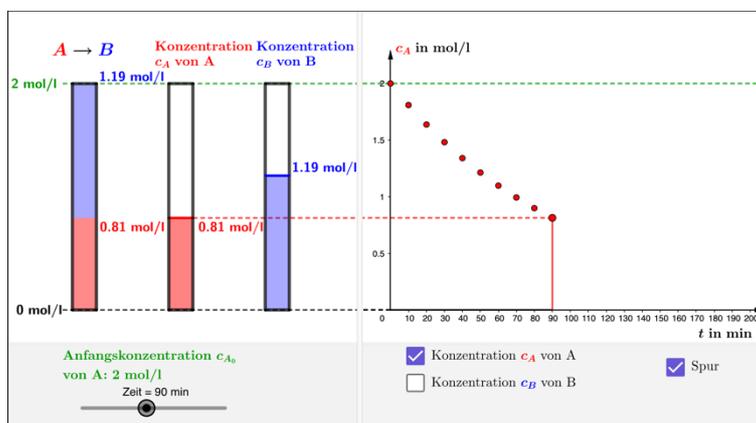


Abb. 1: Grundaufbau eines GeoGebra Applets der Lernumgebung

Nach dem ersten Durchlauf im Herbst 2022 wurden, basierend auf den Eindrücken der Dozierenden und den Bearbeitungen der Studierenden, minimale Anpassungen an den Aufgaben der Lernumgebung vorgenommen. Außerdem wurde die Instruktion während der Vorlesung überarbeitet. Vor Beginn der Lernumgebung wurde der Erwartungshorizont verdeutlicht. In den weiteren Vorlesungen wurden anhand exemplarischer Studierendenantworten

ten jene Aspekte aufgezeigt, die insbesondere beim Umgang mit Funktionsgraphen beachtet werden sollten.

Lerneffektanalyse

Die Lerneffekte der Studierenden wurden mithilfe der Item-Response-Theorie (IRT) bestimmt. Hierbei wurde das eindimensionale Rasch-Modell verwendet, um für jedes Item einen eigenen Schwierigkeitsparameter zu bestimmen. Als Erweiterung wurde im linear logistischen Testmodell (LLTM) die Itemschwierigkeit in separate Linearfaktoren zerlegt. Um den Lerneffekt zwischen zwei Zeitpunkten mit einem LLTM zu bestimmen, wird die Itemschwierigkeit zum zweiten Zeitpunkt als Summe der Itemschwierigkeit zum ersten Zeitpunkt und dem gruppenspezifischen Lernzuwachs ermittelt.

Ergebnisse

Im Herbstsemester 2022 (vgl. Abb. 2A linke Seite) gibt es einen signifikanten Lernzuwachs im Bereich des Funktionalen Denkens in der Kontrollgruppe zwischen Prä- und Posttest ($\delta_{KG,2022} = 0.81, z = 15.09, p < 0.001$). Es wurde jedoch kein signifikanter Unterschied im Lernzuwachs zwischen der Experimentalgruppe (EG) mit Lernumgebung und der Kontrollgruppe (KG) ohne Lernumgebung festgestellt.

Im Herbstsemester 2023 (vgl. Abb. 2A rechte Seite) gibt es in der Kontrollgruppe wieder einen signifikanten Lernzuwachs zwischen Prä- und Posttest ($\delta_{KG,2023} = 0.38, z = 8.81, p < 0.001$). Zudem hat die Experimentalgruppe (EG) im Vergleich zur Kontrollgruppe (KG) einen signifikant höheren Lernzuwachs ($\delta_{EG,2023} = 0.34, z = 5.97, p < 0.001$).

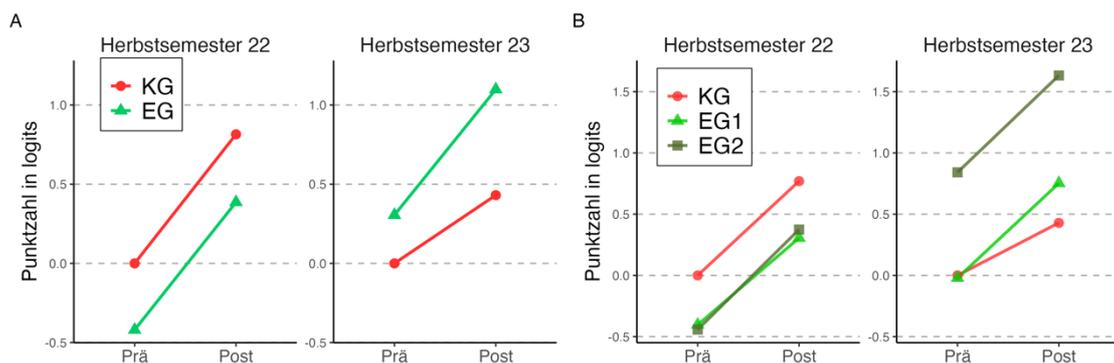


Abb. 2: Durchschnittliche Ergebnisse von Prä- und Posttest

Um zu analysieren, ob die vollständige Bearbeitung der Lernumgebung zu einem höheren Lernerfolg führt, wurde die Gruppe mit Lernumgebung (ehemals EG) in zwei Untergruppen unterteilt. Gruppe 1 (EG1) besteht aus Studierenden, die bis zu sechs Aufgaben abgegeben haben während Gruppe 2 (EG2) alle Studierenden enthält, die sieben oder acht Aufgaben bearbeitet

haben.

Im Herbstsemester 2022 (vgl. Abb. 2B linke Seite) zeigt die Gruppe mit bis zu 6 bearbeiteten Aufgaben (EG1) keinen signifikanten Unterschied im Lernzuwachs im Vergleich zur Kontrollgruppe. Auch zwischen den beiden Experimentalgruppen (EG1 und EG2) gibt es keinen signifikanten Unterschied.

Im Herbstsemester 2023 (vgl. Abb. 2B rechte Seite) zeigt sich ein signifikant höherer Lernzuwachs zugunsten der Gruppe mit maximal sechs Abgaben im Vergleich zur Kontrollgruppe ($\delta_{EG1,2023} = 0.34, z = 5.67, p < 0.001$). Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen mit Lernumgebung war jedoch nicht signifikant.

Diskussion

Im Herbstsemester 2022 gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Im Jahr 2023 zeigte sich jedoch, dass der Einsatz der Lernumgebung den Lernerfolg in einer Einführungsvorlesung Mathematik in MINT-Studiengängen positiv beeinflusst. Die Unterschiede zwischen den beiden Jahrgängen könnten evtl. durch die Verbesserung kleiner Fehler in den Aufgaben und eine angepasste Instruktion während der Vorlesung erklärt werden. Zu Letzterem zählen insbesondere die Darstellung des Erwartungshorizonts zu Beginn der Bearbeitung und die Orientierung an den bereits abgegebenen Aufgaben der Studierenden während der Bearbeitung.

Eine vollständige Bearbeitung der Lernumgebung führte nicht zu einem höheren Lernerfolg. Zur Klärung der Gründe dafür und für weitere Detailanalysen werden die schriftlichen Aufgabenbearbeitungen der Studierenden qualitativ ausgewertet.

Literatur

- Bain, K., & Towns, M. H. (2016). A review of research on the teaching and learning of chemical kinetics. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 246–262. <https://doi.org/10.1039/C5RP00176E>
- English, L. D., & Watson, J. (2018). Modelling with authentic data in sixth grade. *ZDM*, 50(1–2), 103–115. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0896-y>
- Klinger, M., & Barzel, B. (2018). *Funktionales Denken beim Übergang von der Funktionenlehre zur Analysis: Entwicklung eines Testinstruments und empirische Befunde aus der gymnasialen Oberstufe*. Springer Spektrum.
- Lichti, M. (2019). *Funktionales Denken fördern: Experimentieren mit gegenständlichen Materialien oder Computer-Simulationen*. Springer Spektrum.
- Vollrath, H.-J. (1989). Funktionales Denken. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 10(1), 3–37. <https://doi.org/10.1007/BF03338719>