

BACK, Andreas; GREEFRATH, Gilbert & SCHUKAJLOW, Stanislaw
Münster

DGS-Einführung mit oder ohne Kontext? - GeoGebra als Grundlage für digitale Modellierungskompetenzen

Die Entwicklung mathematischer Kompetenzen, insbesondere von Kompetenzen zum mathematischen Modellieren, kann durch die Nutzung von digitalen Werkzeugen gefördert werden. Studien zeigen, dass digitale Werkzeuge in den meisten Teilkompetenzen des mathematischen Modellierens effektiv genutzt werden können. Allerdings besteht noch Forschungsbedarf, wie genau digitale Werkzeuge den Erwerb von Modellierungskompetenzen unterstützen können (Cevikbas et al., 2023; Hillmayr et al., 2020). Dies führt zur unterrichtspraktisch relevanten Frage, wie digitale Werkzeuge eingeführt und erlernt werden sollen. Beispielsweise kann Lernenden der Umgang mit digitalen Werkzeugen in einer innermathematischen oder einer kontextgebundenen Lernumgebung näher gebracht werden. Aber welcher Weg ist besser geeignet, um einerseits mit dem digitalen Werkzeug kompetent umgehen zu können und um andererseits später auch Modellierungskompetenzen zu fördern? In der vorliegenden Studie wird untersucht, inwieweit die Art der Lernumgebung (innermathematisch oder kontextgebunden) den Erwerb digitaler Werkzeugkompetenzen beeinflusst.

Im Mathematikunterricht werden diverse Wege beschritten, um die mathematischen Kompetenzen zu verbessern. Neue Inhalte können beispielsweise konkret oder abstrakt vermittelt werden, wobei Studien für beide Wege Vorteile aufzeigen (z.B., Kaminski et al., 2013; Trninic et al., 2020). Der Weg vom Konkreten zum Abstrakten ist in der Mathematikdidaktik häufig zu finden, zielt auf eine Verbindung von Realsituationen und mathematischen Inhalten vor dem Erlernen des zugrundeliegenden mathematischen Konzepts und knüpft an Vorerfahrungen an, um den Zugang zur Mathematik zu erleichtern (Trninic et al., 2020). Diesem Lernzugang steht der abstrakte Weg gegenüber, also das Erlernen von Mathematik über ein allgemeines mathematisches Konzept und anschließenden Transfer auf konkrete Beispiele (Kaminski et al., 2008). In der vorliegenden Studie wird der abstrakte Weg durch eine innermathematische Lernumgebung und der konkrete Weg durch eine kontextgebundene Lernumgebung operationalisiert. Als innermathematische Aufgaben werden Aufgaben ohne Realitätsbezug aus dem Themenbereich der euklidischen Geometrie verwendet. Es geht um Punkte, Kreise, Kreisringe, Abstände, Flächen und Ähnliches. Die kontextgebundenen Aufgaben sind ebenfalls den angeführten mathematischen Kontexten der euklidischen Geometrie zuzuordnen und können nach Maaß (2010) als eingebet-

tete Aufgaben bzw. Aufgaben mit Realitätsbezug bezeichnet werden. Inhaltlich steht in diesen Aufgaben beispielsweise die Suche nach einem idealen Landeplatz für einen Hubschrauber oder die Abgrenzung von Marktgebieten von Fahrradläden im Vordergrund.

Beide Lernzugänge zielen auf den Erwerb digitaler Werkzeugkompetenzen, der sich positiv auf den Modellierungsprozess und insbesondere auf den Schritt des Mathematisierens auswirken könnte (Cevikbas et al., 2023). Digitale Werkzeuge sind in der heutigen Welt allgegenwärtig und auch im Mathematikunterricht hat die Verwendung zugenommen und ist obligatorisch geworden (KMK, 2022). Darüber hinaus zeigen Studien die Förderung mathematischer Kompetenzen und die Vereinfachung mathematischer Probleme durch digitale Werkzeuge auf (Hillmayr et al., 2020). Zudem konnten Greefrath und Siller (2017) die Nutzung der DGS GeoGebra in verschiedenen Teilschritten des Modellierungskreislaufs nachweisen.

Erhebung und Stichprobe

Mithilfe eines Testinstruments (Back, 2023), das eine für Gruppenvergleiche ausreichende Reliabilität ausweist, wurden die GeoGebra-Kompetenzen von $N = 276$ Acht- und Neuntklässlern sechs verschiedener Gymnasien in 13 Klassen in einem Prä-Post-Design in den zwei Dimensionen *Werkzeuge auswählen* und *mit Konstruktionen arbeiten* erhoben. Die Intervention besteht aus einer 90-minütigen Einführung in die DGS GeoGebra, die in einer innermathematischen bzw. einer kontextgebundenen digitalen Lernumgebung durchlaufen wird. In der Intervention arbeiten die Schüler*innen in Einzel- oder Partnerarbeit mit GeoGebra in den Kategorien *Zeichnen*, *Konstruieren*, *Zugmodus*, *Objekte bearbeiten*, *Messen* und *Zoomen*. Die Zuordnung zur innermathematischen (IG) bzw. kontextgebundenen Gruppe (KG) erfolgte durch die jeweils in den Klassen unterrichtende Mathematiklehrkraft nach der Vorgabe, möglichst zwei leistungshomogene und geschlechtsheterogene Hälften zu bilden, welche anschließend zufällig einem der beiden Lernzugänge zugeordnet wurden. Auf die innermathematische Lerngruppe entfallen 136 und auf die kontextgebundene 140 Lernende.

Das Testinstrument ist als zehnminütiger Leistungstest in einem Rotationsdesign konzipiert und setzt sich aus 27 Items zusammen. Sowohl im Prä- als auch im Posttest werden 17 Items eingesetzt, von denen sieben Ankeritems sind. Alle Items sind innermathematisch konstruiert und einer der oben genannten Kategorien zugeordnet, wobei die Schwierigkeit der Items innerhalb einer Kategorie jeweils zunimmt. Nähere Informationen zum Testinstrument sind unter Back (2023) zu finden.

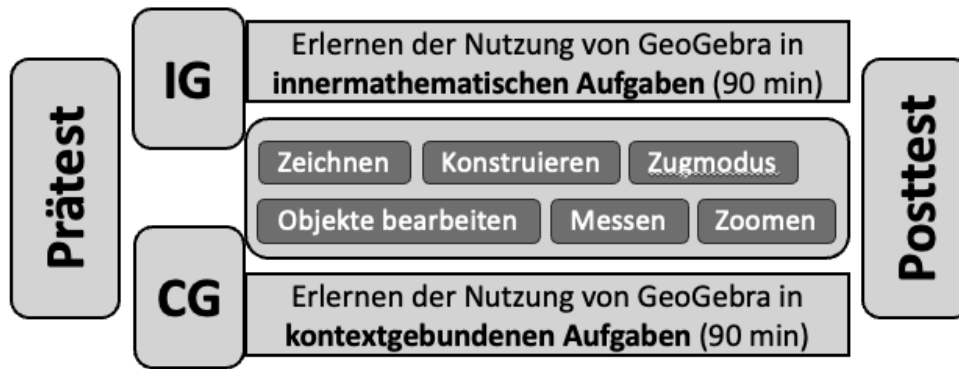


Abb. 1: Studiendesign

Ergebnisse

Vor der Auswertung wurden die Daten mittels der Software R Studio mit einem dichotomen zweidimensionalen Rasch-Modell geschätzt. Um den Einfluss der Gruppenzugehörigkeit zu untersuchen, wird eine lineare Regression durchgeführt. Es zeigt sich, dass die Gruppenzugehörigkeit unter Kontrolle der Prätest-Ergebnisse für keine der beiden Dimensionen einen signifikanten Einfluss auf die Posttest-Ergebnisse hat ($\beta_{Dim1} = -.023$, $p_{Dim1} = .665$; $\beta_{Dim2} = -.018$, $p_{Dim2} = .763$). Hingegen sind die Prätest-Ergebnisse in beiden Dimensionen ein signifikanter Prädiktor. In der Dimension *Werkzeuge auswählen* werden 23 Prozent ($R^2 = .23$, $F(2,273) = 41.907$, $p < .001$) und in der Dimension *mit Konstruktionen arbeiten* zwei Prozent ($R^2 = .02$, $F(2,273) = 4.156$, $p < .017$) der Varianzen in den Personenfähigkeiten durch das lineare Regressionsmodell aufgeklärt, sodass man von einer mittleren und einer kleinen Varianzaufklärung sprechen kann (Cohen, 1988).

Diskussion und Ausblick

Mit der Regressionsanalyse konnte die Unabhängigkeit der Posttest-Ergebnisse von der Gruppenzugehörigkeit nachgewiesen werden. Daraus kann man schließen, dass beide Gruppen durchschnittlich vergleichbare Ergebnisse im Posttest erzielt bzw. GeoGebra-Kompetenzen erworben haben. Aufgrund des innermathematischen Designs des Testinstruments ist jedoch die Leistung der Kontextgruppe im Vergleich zur innermathematischen Gruppe hervorzuheben, da ein Transfer von konkreten zu abstrakten Aufgaben erfolgen musste, was eine zusätzliche kognitive Hürde darstellen kann (Sweller et al., 2011). Für die Praxis bedeutet dieses Ergebnis zum einen, dass beide Lernzugänge im Hinblick auf den Erwerb von GeoGebra-Kompetenzen gleichermaßen gut funktionieren, und zum anderen, dass die Möglichkeit besteht, die im Fokus stehenden mathematischen Inhalte mit einer Einführung in einen außermathematischen Kontext zu versehen, der beispielsweise durch eine

anstehende Unterrichtsreihe/-sequenz führen kann. Letztere Variante hätte den Vorteil der Zeitersparnis, da während der Aneignung der DGS bereits eine Auseinandersetzung mit einem realen Kontext stattfindet. In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage, welchen Einfluss die gewählten Kontexte in der Lernumgebung auf den Erwerb der GeoGebra-Kompetenzen haben, und, ob es Kontexte gibt, mit denen noch bessere Ergebnisse hätten erzielt werden können. Inwiefern die Art der Einführung einen Einfluss auf das Modellieren mit GeoGebra, insbesondere auf die ersten Teilschritte (Cevikbas et al., 2023), hat, wird im weiteren Verlauf des Forschungsprojekts *Modi+* analysiert.

Literatur

- Back, A. (2023). *Erfassung von Kompetenzen zur Nutzung des digitalen Werkzeugs GeoGebra. Ein Testinstrument.* [Application/pdf]. <https://doi.org/10.17879/68968681572>
- Cevikbas, M., Greefrath, G., & Siller, H.-S. (2023). Advantages and challenges of using digital technologies in mathematical modelling education – a descriptive systematic literature review. *Frontiers in Education*, 8, 1–17. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1142556>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed). L. Erlbaum Associates.
- Greefrath, G., & Siller, H.-S. (2017). Modelling and Simulation with the Help of Digital Tools. In G. A. Stillman, W. Blum, & G. Kaiser (Hrsg.), *Mathematical Modelling and Applications* (S. 529–539). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62968-1_44
- Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education*, 153, 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897>
- Kaminski, J. A., Sloutsky, V. M., & Heckler, A. F. (2013). The cost of concreteness: The effect of nonessential information on analogical transfer. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 19(1), 14–29. <https://doi.org/10.1037/a0031931>
- KMK (Hrsg.). (2022). *Bildungsstandards für das Fach Mathematik. Erster Schulabschluss (ESA) und Mittlerer Schulabschluss (MSA)*. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2022/2022_06_23-Bista-ESA-MSA-Mathe.pdf
- Maaß, K. (2010). Classification Scheme for Modelling Tasks. *Journal Für Mathematik-Didaktik*, 31(2), 285–311. <https://doi.org/10.1007/s13138-010-0010-2>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Trninc, D., Kapur, M., & Sinha, T. (2020). The Disappearing “Advantage of Abstract Examples in Learning Math”. *Cognitive Science*, 44(7). <https://doi.org/10.1111/cogs.12851>