NGUYEN, Hoang; REUTER, Leonie & GREEFRATH, Gilbert
Münster

Dynamische GeoGebra-Applets beim Erlernen der Ableitung - besonders vorteilhaft für mathematikängstliche Lernende?

Cognitive Load Theory und mathematikbezogene Ängstlichkeit

Für viele Lernende stellt das Erlernen des Ableitungsbegriffs eine große Schwierigkeit dar. Um dem entgegenzuwirken, werden anschauliche Visualisierungen empfohlen (Areaya & Sidelil, 2012). Diese können einen statischen Charakter aufweisen (z. B. Abbildungen oder Diagramme) oder bei Implementierung in GeoGebra-Applets eine dynamische Interaktion ermöglichen, beispielsweise durch das Starten bzw. Stoppen von Animationen oder die Verwendung von Schiebereglern.

Die Metaanalyse von Juandi et al. (2021) zeigt, dass die Verwendung von GeoGebra einen signifikant positiven Einfluss auf die mathematischen Fähigkeiten der Lernenden verglichen mit traditionellem Unterricht hat. Inwiefern das Lernen mit GeoGebra-Applets vorteilhaft sein kann, wird unter anderem durch die verfügbare Kapazität des Arbeitsgedächtnisses bestimmt. Nach der Cognitive Load Theory (Sweller et al., 1998) hat das Arbeitsgedächtnis eine besonders wichtige Funktion beim Lernen und Wissenserwerb. Es wird dabei angenommen, dass die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses begrenzt ist, nur eine bestimmte Menge an Informationen gleichzeitig verarbeitet werden kann und Menschen ihr erworbenes Wissen in Schemata speichern. Um diesen Vorgang zu ermöglichen, muss das Arbeitsgedächtnis genügend verfügbare Kapazitäten aufweisen; die intrinsische, extrinsische sowie lernbezogene Belastung darf nicht zu einer Überlastung dieser Kapazität führen. Die intrinsische Belastung ergibt sich aus der Komplexität des Lerninhalts. Die extrinsische Belastung hingegen wird durch die Gestaltung des Lernmaterials, wie z. B. GeoGebra-Applets, beeinflusst. Die verbleibende Arbeitsgedächtniskapazität wird für das Lernen genutzt, wodurch die lernbezogene Belastung entsteht. Um ein bestmögliches Lernen zu ermöglichen, sollte daher die extrinsische Belastung möglichst gering gehalten werden.

Die verfügbare Arbeitsgedächtniskapazität wird nicht nur durch die Lerninhalte und das Lernmaterial beeinflusst, sondern auch durch andere äußere Einflüsse, wie etwa Angst (Beilock & Carr, 2005). Mathematikbezogene Ängstlichkeit (MA) ist unter Lernenden stark verbreitet und beschreibt die Veranlagung einer Person, in mathematischen Kontexten mit Angst zu reagieren. Lernende mit einem hohen Maß an MA erbringen zudem schlechtere Leistungen in Mathematik als Lernende mit einem geringeren Maß an MA (OECD, 2013). Angst kann das Arbeitsgedächtnis belasten, die verfügbare

In: L. Schick, M. Platz & A. Lambert (Hrsg.),
Beiträge zum Mathematikunterricht 2025.
58. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik. WTM.
https://doi.org/10.37626/GA9783959873307.0

Kapazität verringern und letztlich dazu führen, dass eine verringerte lernbezogene Belastung und somit ein geringerer Lernerfolg ermöglicht wird (Beilock & Carr, 2005). Der Zusammenhang zwischen dem Lernerfolg durch das Arbeiten mit GeoGebra in Abhängigkeit von der Ausprägung mathematikbezogener Ängstlichkeit wurde in der Literatur bisher nicht erforscht. Daher wird der folgenden Fragestellung nachgegangen: Inwiefern beeinflusst die Nutzung von GeoGebra-Applets den Leistungszuwachs von Lernenden mit unterschiedlicher Ausprägung mathematikbezogener Ängstlichkeit beim Erlernen des Ableitungsbegriffs?

Methode

Die Studie wurde in 20 Mathematikkursen der Jahrgangsstufe 11 in Nordrhein-Westfalen und Bremen durchgeführt. Dazu wurde jeder Kurs auf Grundlage der Prä-Test-Ergebnisse in zwei leistungshomogene Gruppen unterteilt: Eine Gruppe arbeitete während der sechsstündigen Unterrichtssequenz mit vorgefertigten GeoGebra-Applets, die Interaktion durch Nutzen des Zugmodus, von Animationen und Eingabeflächen ermöglichten, wohingegen die andere Gruppe mit Screenshots aus den GeoGebra-Applets inhaltlich identische Aufgaben bearbeitete. Den inhaltlichen Rahmen bildete die Einführung der Ableitung als (1) Lokale Änderungsrate und (2) Tangentensteigung sowie das (3) grafische Differenzieren, wobei die Lehrkraft stets in beiden Gruppen die Einführung der drei Themen übernahm; die Übungsstunden wurden jeweils durch begleitende Forschende der Universität betreut (vgl. Abbildung 1).

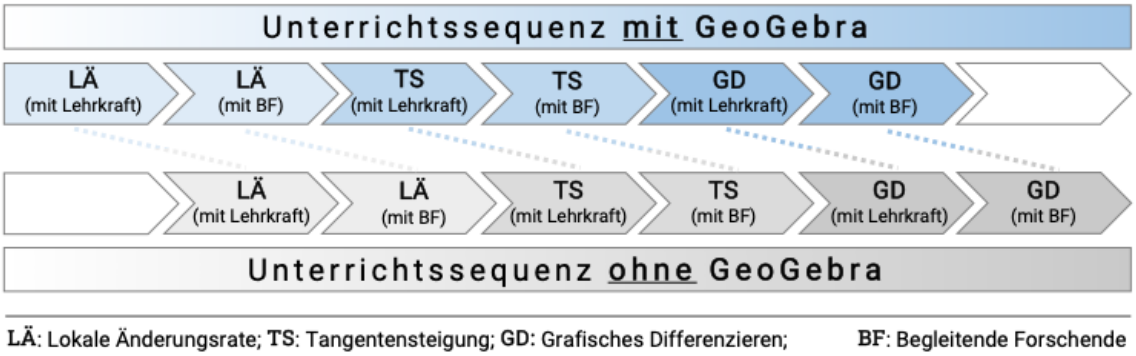

Abb. 1: Studiendesign

Zur Messung der Leistung der Schüler*innen bezüglich der in der Unterrichtssequenz behandelten Inhalte zur Ableitung wurden insgesamt 41 Items verwendet. Vor und nach der Intervention wurden Testhefte mit jeweils 27 Items erstellt, die über acht Ankeritems miteinander verbunden waren. Mithilfe eines einparametrigen und eindimensionalen Rasch-Modells konnten so Personenparameter (in logit) für jeden Lernenden pro Messzeitpunkt geschätzt werden. Das Rasch-Modell weist einen zufriedenstellenden Fit auf:

Die WLE-Reliabilität liegt bei 0.82 und die Infit-Werte aller Items liegen im Intervall $[0.82; 1.18]$. Zur Bestimmung der mathematikbezogenen Ängstlichkeit vor der Intervention wurde der Fragebogen ANXMAT aus der PISA-Studie 2012 verwendet (OECD, 2013). Die Schüler*innen sollten auf einer sechsstufigen Likert-Skala angeben, inwiefern sie den Aussagen zustimmen, z. B. 'Beim Lösen von Mathematikaufgaben fühle ich mich hilflos'. Im Rahmen der Auswertung wurde den Lernenden jeweils ihr MA-Mittelwert als Indikator für die Ausprägung ihrer MA zugeordnet.

Die Auswertung wurde mittels JASP vorgenommen und basiert auf Daten von insgesamt 272 Lernenden, von denen 140 (80 weiblich) mit GeoGebra und 132 (72 weiblich) ohne GeoGebra während der Intervention arbeiteten.

Ergebnisse

Um herauszufinden, ob die Zugehörigkeit zur GeoGebra- bzw. Nicht-GeoGebra-Gruppe unterschiedlich auf Lernende mit differenter Ausprägung mathematikbezogener Ängstlichkeit wirkt, wurde eine multiple lineare Regression mit den Personenparametern zum 2. Messzeitpunkt ($PP\ Post$) als abhängige Variable sowie den Personenparametern zum 1. Messzeitpunkt ($PP\ Pr$ä), der Gruppenzugehörigkeit (Gr), der Ausprägung mathematikbezogener Ängstlichkeit (MA) und der Interaktion $MA * Gr$ als unabhängige Variablen gerechnet. Dabei zeigt sich, dass der Interaktionsterm auf einem α-Niveau von 10 % einen signifikanten Einfluss auf die Personenparameter zum 2. Messzeitpunkt hat ($p = 0.08; \beta = 0.21$). Daher wurden anschließend zwei Bonferroni-korrigierte Post-hoc-Analysen durchgeführt (vgl. Tabelle 1). Zur Unterteilung der Stichprobe in Hoch-Ängstliche ($MA \geq 3.7$) sowie Niedrig-Ängstliche ($MA \leq 3.1$) diente ein Mediansplit. Das Mittelfeld mit Lernenden mit einer MA, die um weniger als ein Viertel der Standardabweichung der Gesamtstichprobe vom MA-Median abweicht, wurde ausgeschlossen.

Hoch-Ängstliche	b	SE	β	p	$R^2\ (adj.)$
$PP\ Pr$ä	0.57	0.09	0.48	< 0.001	0.28
Gruppenzugehörigkeit	0.42	0.15	0.22	0.007	
Niedrig-Ängstliche	b	SE	β	p	$R^2\ (adj.)$
$PP\ Pr$ä	0.80	0.10	0.59	< 0.001	0.35
Gruppenzugehörigkeit	0.04	0.17	0.01	0.80	

Tabelle 1: Ergebnisse der Post-hoc-Analysen (Multiple lineare Regressionen mit den Personenparametern zum 2. Messzeitpunkt ($PP\ Post$) als abhängige Variable)

Durch die Post-hoc-Analysen stellte sich heraus, dass bezogen auf die Hoch-Ängstlichen die Gruppenzugehörigkeit einen signifikanten Einfluss mit kleiner Effektstärke ($\beta = 0.22$) auf die Personenparameter zum 2. Messzeitpunkt (unter Kontrolle der $PP\ Pr$ä) aufweist, d.h. dass in dieser Gruppe das Verwenden von GeoGebra-Applets bei der Einführung der Ableitung einen kleinen Vorteil gegenüber dem statischen Pendant hat. Bei Betrachtung der Niedrig-Ängstlichen konnte dieses Ergebnis nicht festgestellt werden.

Diskussion

Zusammenfassend zeigte die Studie, dass Lernende mit hoher MA beim Nutzen von GeoGebra-Applets einen größeren Leistungszuwachs erzielten, während in der Gruppe der Niedrig-Ängstlichen kein signifikanter Vorteil gegenüber statischen Visualisierungen festzustellen war. Wir stellen in Verbindung mit der Cognitive Load Theory die Hypothese auf, dass das Verwenden von GeoGebra-Applets die extrinsische Belastung verringert und so eine höhere lernbezogene Belastung bei Lernenden ermöglicht. Als potenzielle Erklärung dafür lässt sich anführen, dass die dynamischen Applets leichter zu interpretieren sind als die statischen Visualisierungen. Diese kognitive Entlastung durch GeoGebra-Applets macht sich allerdings nur in den Leistungen der Hoch-Ängstlichen bemerkbar, da diese durch die Angst eine geringere verfügbare Arbeitsgedächtniskapazität im Vergleich zu den Niedrig-Ängstlichen aufweisen (Sweller et al., 1998). Die Interaktion $MA * Gr$ ist jedoch auf einem α-Niveau von 5 % nicht signifikant ($p = 0.08$), weshalb die Aussagekraft der Ergebnisse begrenzt und der durchgeführte Mediansplit strittig ist. In Folgeuntersuchungen gilt es die Ergebnisse zu replizieren und die aufgestellte Hypothese zu überprüfen, indem das Maß an extrinsischer Belastung durch das Verwenden der GeoGebra-Applets untersucht wird.

Literatur

Areaya, S., & Sidelil, A. (2012). Students' Difficulties and Misconceptions in Learning Concepts of Limit, Continuity and Derivative. *The Ethiopian Journal of Education*, 32(2), 1–37.

Beilock, S. L., & Carr, T. H. (2005). When High-Powered People Fail: Working Memory and 'Choking under Pressure' in Math. *Psychological Scienc*e, 16(2), 101–105.

Juandi, D., Kusumah, Y. S., Tamur, M., Perbowo, K. S., & Wijaya, T. T. (2021). A meta-analysis of Geogebra software decade of assisted mathematics learning: What to learn and where to go? *Heliyon*, 7(5). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06953

OECD. (2013). *PISA 2012 Results: Ready to Learn (Volume III): Student´ Engagement, Drive and Self-Beliefs*. Organisation for Economic Co-operation and Development.

Sweller, J., van Merrienboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296. https://doi.org/10.1023/A:1022193728205