Sandra KRÄMER, Paderborn & Michael LIEBENDÖRFER, Paderborn

Förderung prozeduraler Flexibilität durch Lernvideos mit interaktiven Aufgaben

Flexibles prozedurales Wissen ist in der Hochschulmathematik wichtig. Studierende verfügen häufig nur über eine begrenzte Anzahl an Routineverfahren und haben Schwierigkeiten, geschickte Strategien auszuwählen und anzuwenden (Maciejewski & Star, 2016). Wir untersuchen deshalb, inwiefern die prozedurale Flexibilität von Studierenden beim Bilden von Ableitungen durch Lernvideos mit interaktiven Aufgaben gefördert werden kann.

Prozedurale Flexibilität fördern

Star und Newton (2009) definieren prozedurale Flexibilität als „knowledge of multiple strategies as well as the ability and tendency to selectively choose the most appropriate one for a given problem and a particular problem-solving goal” (S. 5). Mit „appropriate“ ist die effizienteste Strategie gemeint, die in der Regel anhand der Anzahl an Lösungsschritten bestimmt wird.

Zur Förderung prozeduraler Flexibilität wird der Vergleich verschiedener Lösungswege empfohlen. Maciejewski und Star (2016) haben experimentell gezeigt, dass das Bilden von Ableitungen auf verschiedene Weisen mit direktem Vergleich der Vorgehensweisen die prozedurale Flexibilität bei Studierenden fördert. Einen ähnlichen Ansatz verfolgten Rittle-Johnson et al. (2012) mit dem Vergleich von korrekten Lösungsbeispielen und Selbsterklärungen. Darauf basierend entwickelten Xu et al. (2017) das „tri-phase flexibility assessment“. In der ersten Phase gilt es, Aufgaben so schnell und akkurat wie möglich zu lösen. Die zweite Phase besteht darin, die Aufgaben noch einmal mit anderen Strategien zu bearbeiten. Schließlich dient die dritte Phase dazu, die Strategien zu vergleichen und die Geeignetste auszuwählen.

Kognitive Aktivierung in Lernvideos

Lernvideos sind spätestens seit dem Ausbruch der Pandemie häufig fester Bestandteil beim eigenständigen Lernen geworden. Inhalte können in Lernvideos dynamisch dargestellt und reichhaltig visualisiert werden (Cooper & Higgins, 2015). Angesichts der speziellen mathematischen Fachsprache erscheinen zudem mündliche Erklärungen besonders gewinnbringend gegenüber dem Lernen aus Texten. Nachteilig ist jedoch, dass Lernvideos passiv rezipiert werden und nur zu geringer kognitiver Aktivierung der Lernenden führen können. Diese Eigenschaft kann Kulgemeyer (2022) zufolge zu einer Verstehensillusion führen, also zu der verfrühten, irrtümlichen Annahme, dass ein Thema vollständig verstanden wurde. Um die kognitive Aktivierung zu erhöhen, kann man die Lernvideos mit Anschlussaufgaben kombinieren

In: IDMI-Primar Goethe-Universität Frankfurt (Hrsg.),
Beiträge zum Mathematikunterricht 2022.
56. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik. WTM.
https://doi.org/10.37626/GA9783959872089.0

(Lehner, 2018). Aufgaben können mittlerweile sogar direkt in die Lernvideos integriert werden und die Lernenden so direkt beim Anschauen aktivieren. Das Online-Tool H5P (https://h5p.org) bietet dafür vielfältige Aufgabenformate, etwa Lückentexte und Single-Choice Fragen.

Forschungsfrage

Unser Ansatz besteht in einer Kombination aus interaktiven Lernvideos und Anschlussaufgaben zum Ableiten von Polynomen. In diesem Beitrag liegt der Fokus auf den Aufgaben innerhalb der Videos. Die Forschungsfrage lautet: Wie beeinflussen die interaktiven Aufgaben das Lernen der Studierenden hinsichtlich des Erwerbs prozeduraler Flexibilität?

Studiendesign

43 Bachelorstudierende im Bereich Wirtschaftswissenschaften, die einen Brückenkurs zur Veranstaltung „Mathematik 1“ besuchten, nahmen an der Studie teil, die pandemiebedingt über Zoom durchgeführt wurde. Die Studierenden wurden randomisiert in zwei Breakout-Räume eingeteilt.

Zu Beginn der etwa 60-minütigen Intervention bearbeiteten die Studierenden je eine Aufgabe zur Produkt- und Kettenregel und am Ende vier Abschlussaufgaben. Hier mussten sie für vier Polynome aus zwei vorgegebenen Strategien zum Bilden der Ableitung die ihrer Meinung nach Geschicktere auswählen. Dies adressiert die zweite Facette der prozeduralen Flexibilität.

Beide Gruppen bearbeiteten eine Lernumgebung, die ihnen in einem Moodle-Kurs zur Verfügung gestellt wurde. Die digitale Lernumgebung besteht für beide Gruppen aus je einem Video zum geschickten Ableiten von Produkten (ca. 4 min) und Verkettungen von Polynomen (ca. 6 min). Die Lernumgebungen unterscheiden sich lediglich dadurch, dass die Videos für die Experimentalgruppe drei interaktive Aufgaben in den Videos enthalten. Die Kontrollgruppe bekam inhaltsgleiche Videos, aber ohne Interaktionen.

Das Video zur Produktregel enthält zwei Single-Choice Fragen, in denen die Lernenden einmal die korrekte Umformung des Terms $x^3 \cdot x^5$ mithilfe der Potenzgesetze und einmal die Ableitung eines Polynoms auswählen sollten. In das Video zur Kettenregel wurden ebenfalls zwei Single-Choice Fragen integriert. Hier sollten die Studierenden aus der Experimentalgruppe zu einer gegebenen verketteten Funktion die äußere und innere Funktion identifizieren sowie die korrekte Umformung des Terms $(x^2)^3$ durch Anwendung der Potenzgesetze finden. Die letzte Aufgabe besteht in beiden Videos aus einem Lückentext, in dem zusammengefasst wird, wann welche Vorgehensweise zum Bilden der Ableitung günstig ist. In den Videos für die Kontrollgruppe wurden diese Zusammenfassungen mündlich gegeben.

Auf jedes Video folgten drei Anschlussaufgaben, die von beiden Gruppen bearbeitet wurden. Die Studierenden sollten zunächst Produkte bzw. Verkettungen von Polynomen auf zwei verschiedene Weisen ableiten und anschließend für gegebene Funktionen ohne Rechnung aus zwei vorgegebenen Strategien die Geschicktere auswählen. So sollten beide Aspekte der prozeduralen Flexibilität gefördert werden (Wissen über verschiedene Strategien, Auswahl der geeignetsten Vorgehensweise).

Instrument und Datenauswertung

In vier abschließenden Aufgaben sollten die Studierenden für zwei Produkte und zwei Verkettungen entscheiden, ob es geschickter ist, die Ableitung direkt mithilfe der Produkt- oder Kettenregel zu bilden oder den Funktionsterm zunächst umzuformen (z.B. mithilfe der Potenzgesetze oder binomischen Formeln) und die Funktionen dann ohne die Produkt- und Kettenregel abzuleiten (siehe *Tabelle 1*). Diese Aufgaben sollten den Lernzuwachs der Studierenden erkennbar machen. Dadurch, dass die Lernumgebung schon analoge Aufgaben enthielt, waren die Studierenden mit dem Aufgabenformat vertraut. Wir adressieren mit diesen Aufgaben bewusst den zweiten Aspekt der prozeduralen Flexibilität, da es uns wesentlich erscheint, den Aufwand einer Strategie vor der konkreten Ausführung einschätzen zu können.

Bei der Auswertung haben wir für jede Gruppe die Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet und Mittelwertunterschiede zwischen den Gruppen mittels zweiseitiger t-Tests auf statistische Signifikanz untersucht.

Ergebnisse

In *Tabelle 1* sind die Mittelwerte und Standardabweichungen für die Experimentalgruppe (EG) und die Kontrollgruppe (KG) dargestellt.

	Mittelwert		**Std.-Abw.**	
Abschlussaufgaben (min=0, max=1)	EG (*n*=24)	KG (*n*=19)	EG (*n*=24)	KG (*n*=19)
1. $f_1: \mathbb{R} \to \mathbb{R}, f_1(x) = \frac{1}{3}x^2 \cdot 3x^4$	.63	.58	.50	.51
2. $f_2: \mathbb{R} \to \mathbb{R}, f_2(x) = (3x+2)(3x-2)$	.54	.58	.51	.51
3. $f_3: \mathbb{R} \to \mathbb{R}, f_3(x) = (x^2-1)^5$	.67	.58	.48	.51
4. $f_4: \mathbb{R} \to \mathbb{R}, f_4(x) = (2x^3)^5$	.75	.42	.44	.51

Tab. 1: Mittelwerte und Standardabweichungen für die vier Abschlussaufgaben

Mit Ausnahme der zweiten Aufgabe liegen die Mittelwerte der Experimentalgruppe leicht über denen der Kontrollgruppe. Die größte Differenz zeigt sich in den Werten für die vierte Aufgabe. Einzig für diese Aufgabe ergab sich im t-Test ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen, $t(41) = 2.27$, $p=.029$. Cohens d beträgt hier 0.70 und indiziert damit eine mittlere Effektstärke.

Diskussion

Die Mittelwerte entsprechen Lösungsraten, die kaum über der Ratewahrscheinlichkeit liegen. Vermutlich ist die Lerneinheit für sich zu kurz, um das gewünschte Wissen aufzubauen. So erreichten Maciejewski und Star (2016) eine Förderung der prozeduralen Flexibilität bei Studierenden durch eine längere Intervention bestehend aus einer Kurssitzung und einer Hausaufgabe. Die integrierten Aufgaben in den Lernvideos haben zumindest hinsichtlich der vierten Aufgabe einen positiven Effekt auf den Lernzuwachs der Studierenden gezeigt. Das Experiment zeigt damit, dass solche Interaktionen ein Potential haben, das mit größeren Stichproben und präziseren Messinstrumenten genauer ergründet werden sollte.

Sollte sich die Tendenz bestätigen, dass die kognitive Aktivierung mittels Interaktionen in den Videos besser gelingt, wäre die Empfehlung an die Praxis klar. Der Aufwand, ein Video anzureichern, ist gegenüber der Erstellung erträglich. Allerdings werden Plattformen gebraucht, die H5P oder ähnliche Tools unterstützen (z. B. Moodle, nicht aber YouTube).

Literatur

Cooper, D. & Higgins, S. (2015). The effectiveness of online instructional videos in the acquisition and demonstration of cognitive, affective and psychomotor rehabilitation skills. *British Journal of Educational Technology, 46*(4), 768–779.

Kulgemeyer, C., Hörnlein, M. & Sterzing, F. (2022). Exploring the effects of physics explainer videos and written explanations on declarative knowledge and the illusion of understanding. *International Journal of Science Education, 44*(11), 1855–1875. https://doi.org/10.31234/osf.io/3cukx

Lehner, M. (2018). Lehren und Lernen an der Hochschule der Zukunft. In U. Dittler (Hrsg.), *Hochschule der Zukunft* (S. 167–168). Springer.

Maciejewski, W. & Star, J. R. (2016). Developing flexible procedural knowledge in undergraduate calculus. *Research in Mathematics Education, 18*(3), 299–316.

Rittle-Johnson, B., Star, J. R. & Durkin, K. (2012). Developing procedural flexibility: Are novices prepared to learn from comparing procedures? *British Journal of Education Psychology, 82*(3), 436–455.

Star, J. R. & Newton, K. J. (2009). The nature and development of experts' strategy flexibility for solving equations. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education, 41*, 557–567.

Xu, L., Liu, R.-D., Star, J. R., Liu, Y. & Zhen, R. (2017). Measures of Potential Flexibility and Practical Flexibility in Equation Solving. *Frontiers in Psychology, 8*, 1–13.