

Frank REINHOLD, Stefan HOCH, Bernhard WERNER,
Jürgen RICHTER-GEBERT & Kristina REISS, München

Konzeptuelles Verständnis von Brüchen mit Visualisierungen auf iPads fördern: Eine empirische Studie

Die dargestellten Ergebnisse sind im Rahmen des von der Heinz Nixdorf-Stiftung geförderten Forschungsprojektes *ALICE:Bruchrechnen* entstanden.

Einleitung

Eine tragfähige Vorstellung von Bruchzahlen zu entwickeln stellt für junge Schülerinnen und Schüler häufig eine schwierige Aufgabe dar (Padberg & Wartha, 2017). Man geht davon aus, dass elaborierte Konzepte von rationalen Zahlen (Behr, Lesh, Post & Silver, 1983) notwendig sind, um einen *Natural Number Bias* (Obersteiner, Van Hoof, Verschaffel & Van Dooren, 2015) zu überwinden. Zusätzlich zu symbolisch repräsentierten Brüchen können ikonische Darstellungen von Bruchzahlen – nachfolgend *Visualisierungen* genannt – gewinnbringend für die Vermittlung eines Bruchzahlbegriffs sein, insbesondere, wenn Lernende beständig aufgefordert werden, zwischen unterschiedlichen Darstellungen von Brüchen zu wechseln (Lesh, Post & Behr, 1987).

Innerhalb der *Cognitive Load*-Theorie (Sweller, Ayres & Kalyuga, 2011) wird angenommen, dass Menschen nur über ein beschränktes Arbeitsgedächtnis verfügen und daher keine effektiven Lernprozesse möglich sind, wenn das Arbeiten mit einer Lernumgebung zu einer Überlastung des kognitiven Systems führt. In diesem Zusammenhang sprechen instruktionspsychologische Theorien ebenfalls für eine Verwendung von Visualisierungen in Lernumgebungen: Im Rahmen der kognitiven Theorie des multimedialen Lernens (Mayer, 2014) wird davon ausgegangen, dass Texte und Bilder in unterschiedlichen kognitiven Systemen verarbeitet werden, die insbesondere über unterschiedliche Verarbeitungskapazitäten verfügen. Darüber hinaus geht man im Zuge eines integrativen Modells des Text- und Bildverständnisses (Schnotz & Bannert, 2003) davon aus, dass deskriptive Texte und depiktionale Bilder zu unterschiedlichen internen Wissensrepräsentationen führen können.

Darüber hinaus können interaktive Lernumgebungen auf digitalen Medien so gestaltet werden, dass sie die kognitive Belastung beim Lernen reduzieren können: Im Rahmen einer *Embodied Cognition*-Theorie (Wilson, 2002) wird angenommen, dass sich zum Kontext kongruente Gesten lernförderlich auf die Entwicklung elaborierter Konzepte auswirken können – z. B. das Schnei-

den einer Pizza durch eine Fingerbewegung über einen Touchscreen (kongruente Geste) im Gegensatz zur Bewegung einer Maus über einen Bildschirm (inkongruente Geste). Weiter geht man davon aus, dass eine adaptive Anpassung des Schwierigkeitsgrades an den individuellen Leistungsstand einer Schülerin oder eines Schülers (Moreno, Reisslein & Delgoda, 2006) sowie erklärendes Feedback (Moreno, 2004) die kognitive Belastung beim Lernen insbesondere für tendenziell leistungsschwächere Lernende reduzieren kann.

Studiendesign und Forschungsfragen

Im Forschungsprojekt *ALICE:Bruchrechnen* wurde eine interaktive Lernumgebung zur Verwendung auf iPads – im Folgenden *iBook* genannt – entwickelt, die den oben dargestellten theoretischen Rahmen bezüglich des *Inhalts*, des *Designs* und der *Implementierung* berücksichtigt (Reinhold, in Vorb.). Zur Kontrolle von Effekten durch das aufbereitete Unterrichtsmaterial wurde ein gedrucktes Arbeitsbuch erstellt, das im Inhalt identisch zum *iBook* ist. Beide Lernumgebungen stehen der Fachöffentlichkeit zur Verfügung (Hoch, Reinhold, Werner, Reiss & Richter-Gebert, 2018a, 2018b). Unter anderem wurden die folgenden Forschungsfragen untersucht (vgl. Reinhold, in Vorb.):

1. Existiert ein Zusammenhang zwischen der Fähigkeit mit ikonischen Darstellungen von Bruchzahlen zu operieren und arithmetischen Basisfähigkeiten im Umgang mit Brüchen? Unterscheidet sich dieser Zusammenhang für leistungsstärkere und leistungsschwächere Lernende?
2. Lässt sich der Umgang mit Visualisierungen von Brüchen zu Beginn der sechsten Jahrgangsstufe mit einer digitalen Lernumgebung besser fördern als mit traditionellen Schulbüchern? Profitieren Schülerinnen und Schüler hier insbesondere von der Verwendung von iPads?

Methode und Stichprobe

Insgesamt nahmen 476 Sechstklässlerinnen und Sechstklässler am Gymnasium und 245 Sechstklässlerinnen und Sechstklässler an der Mittelschule an einer fünfzehnstündigen Intervention teil. Sie wurden auf drei Interventionsgruppen verteilt. In Experimentalgruppe 1 (iPad-Gruppe, $N_{\text{Gym}} = 156$, $N_{\text{MS}} = 107$) arbeiteten Schülerinnen und Schüler mit dem *iBook* auf iPads, in Experimentalgruppe 2 (Arbeitsbuchgruppe, $N_{\text{Gym}} = 182$, $N_{\text{MS}} = 71$) wurde das gedruckte Arbeitsbuch verwendet. Eine Kontrollgruppe ($N_{\text{Gym}} = 138$, $N_{\text{MS}} = 67$) nutzte traditionelle Schulbücher und Materialien. In einem Posttest bearbeiteten die Sechstklässlerinnen und Sechstklässler sowohl Aufgaben zu

Visualisierungen von Brüchen als auch arithmetische Aufgaben zum Bruchzahlbegriff. Um mögliche Gruppenunterschiede vor der Intervention auszuschließen wurde ein Pretest durchgeführt.

Ergebnisse

Wie erwartet, zeigten sich Unterschiede zwischen Schülerinnen und Schülern am Gymnasium und an der Mittelschule bereits vor der Intervention.

In beiden untersuchten Schularten korrelierten die Ergebnisse in Aufgaben zu Visualisierungen von Brüchen und die Ergebnisse in arithmetischen Aufgaben zum Bruchzahlbegriff signifikant positiv (Reinhold, in Vorb.).

Sowohl am Gymnasium als auch an der Mittelschule zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt des Faktors *Gruppe* auf die Ergebnisse in Aufgaben zu Visualisierungen von Brüchen. Tatsächlich zeigten sich in Post-Hoc-Analysen jedoch unterschiedliche Ergebnisse für tendenziell leistungsstärkere Gymnasiastinnen und Gymnasiasten sowie eher leistungsschwächere Mittelschülerinnen und Mittelschüler. So erzielten Schülerinnen und Schüler am Gymnasium signifikant bessere Ergebnisse in Aufgaben zu Visualisierungen als Lernende der Kontrollgruppe, wohingegen der Unterschied zwischen den beiden Experimentalgruppen statistisch nicht relevant war. An der Mittelschule hingegen erbrachten Schülerinnen und Schüler der iPad-Gruppe signifikant bessere Leistungen als Lernende der beiden anderen Interventionsgruppen, wobei hier der Unterschied zwischen der Arbeitsbuchgruppe und der Kontrollgruppe statistisch nicht relevant war (siehe Reinhold, in Vorb., für eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse).

Diskussion

Der gefundene Zusammenhang zwischen Fähigkeiten im Umgang mit Visualisierungen von Brüchen und arithmetischen Fähigkeiten kann die Forderung nach einer Verwendung unterschiedlicher Repräsentationen im Anfangsunterricht der Bruchrechnung (z. B. Behr et al., 1983; Padberg & Wartha, 2017) empirisch fundieren. Die Ergebnisse können dahingehend interpretiert werden, dass interaktive Lernumgebungen zur Verwendung auf Tablet-PCs dazu geeignet sind, die Entwicklung des Bruchzahlbegriffs zu Beginn der Jahrgangsstufe 6 zu unterstützen: Sowohl am Gymnasium als auch an der Mittelschule erzielten Schülerinnen und Schüler der iPad-Gruppe bessere Ergebnisse als Lernende der Kontrollgruppe. Allerdings lassen die Ergebnisse auch vermuten, dass dieser positive Effekt für tendenziell leistungsstärkere Lernende bereits durch ein entsprechend aufbereitetes Material hervorgerufen werden kann, wohingegen der Einsatz digitaler Medien gerade für leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler gewinnbringend

sein kann: Während am Gymnasium keine signifikanten Unterschiede zwischen der iPad- und der Arbeitsbuchgruppe festgestellt wurden, ließen sich an der Mittelschule keine statistische relevanten Unterschiede zwischen der Arbeitsbuch- und der Kontrollgruppe finden. Dies eröffnet weiterführende Fragen – z. B. danach warum digitale Medien scheinbar keinen Vorteil für leistungsstärkere Lernende bieten oder in welcher Art und Weise leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler durch den Einsatz des iPads profitieren können – die wir in kommenden Forschungsprojekten untersuchen wollen.

Literatur

- Behr, M., Lesh, R. A., Post, T. R. & Silver, E. (1983). Rational Number Concepts. In R. Lesh & M. Landau (Hrsg.), *Acquisition of Mathematics Concepts and Processes* (S. 91–125). New York: Academic Press.
- Hoch, S., Reinhold, F., Werner, B., Reiss, K. & Richter-Gebert, J. (2018a). *Bruchrechnen. Bruchzahlen & Bruchteile greifen & begreifen* [Apple iBooks Version] (4. Aufl.). München, Technische Universität München.
- Hoch, S., Reinhold, F., Werner, B., Reiss, K. & Richter-Gebert, J. (2018b). *Bruchrechnen. Bruchzahlen & Bruchteile greifen & begreifen* (3. Aufl.). München, Technische Universität München. doi:10.14459/2018md1436808
- Lesh, R., Post, T. & Behr, M. (1987). Dienes revisited: Multiple embodiments in computer environments. In I. Wirsup & R. Streit (Hrsg.), *Development in School Mathematics Education Around the World* (S. 647–680). Reston: NCTM.
- Mayer, R. E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl., S. 31–48). New York: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781139547369.005
- Moreno, R. (2004). Decreasing Cognitive Load for Novice Students: Effects of Explanatory versus Corrective Feedback in Discovery-Based Multimedia. *Instructional Science*, 32(1/2), 99–113. doi:10.1023/b:truc.0000021811.66966.1d
- Moreno, R., Reisslein, M. & Delgoda, G. (2006). Toward a Fundamental Understanding of Worked Example Instruction: Impact of Means-Ends Practice, Backward/Forward Fading, and Adaptivity. In *Proceedings – 36th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*. San Diego: IEEE. doi:10.1109/fie.2006.322285
- Obersteiner, A., Van Hoof, J., Verschaffel, L. & Van Dooren, W. (2015). Who can escape the natural number bias in rational number tasks? A study involving students and experts. *British Journal of Psychology*, 107(3), 537–555. doi:10.1111/bjop.12161
- Padberg, F. & Wartha, S. (2017). *Didaktik der Bruchrechnung* (5. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. doi:10.1007/978-3-662-52969-0
- Reinhold, F. (in Vorb.). *Dissertation*. München, Technische Universität München.
- Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13(2), 141–156.
- Sweller, J., Ayres, P. & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. New York: Springer.
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin and Review*, 9(4), 625–636. doi:10.3758/bf03196322