

MERKEL, Rowena; LEUDERS, Timo; REINHOLD, Frank & LOIBL, Katharina
Freiburg

Aufbau eines konzeptuellen Bruchverständnisses durch digital gestütztes Experimentieren

Einleitung

Der Übergang von den natürlichen zu den rationalen Zahlen bereitet vielen Lernenden große Schwierigkeiten, da sie das Konzept der natürlichen Zahlen auf den neuen Zahlenbereich der rationalen Zahlen übergeneralisieren und oftmals nur natürliche Zahlen miteinander vergleichen, z.B. nur die Nenner oder nur die Zähler (Natural Number Bias, Ni & Zhou, 2005). Dabei lassen die Lernenden außer Acht, dass sowohl Nenner als auch Zähler in Relation zueinandergesetzt werden müssen. Um den Aufbau eines konzeptuellen Bruchverständnisses zu fördern, bedarf es somit einen Konzeptwechsel (Vosniadou, 1994) von den natürlichen zu den rationalen Zahlen.

Der Instruktionsansatz *problem solving prior to instruction* (PS-I) hat sich effektiv für den Erwerb konzeptuellen Bruchverständnisses erwiesen, da die Schülerinnen und Schüler zunächst in einer ersten Problemlösephase das zugrundeliegende Konzept selbstständig erkunden, bevor in der anschließenden Instruktionsphase auf den Schülerlösungen aufgebaut wird. Digitale Lernumgebungen haben großes Potenzial um die dem PS-I Ansatz zugrundeliegenden Mechanismen Vorwissensaktivierung, Generierung einer Vielzahl an Lösungen und Bewusstsein von Wissenslücken (Loibl et al., 2017; Sinha & Kapur, 2021) zu unterstützen. Diese kognitiven Aktivitäten fördern den Wissensaufbau. So haben sich die Verwendung dynamischer Repräsentationen, im Bereich der Bruchrechnung beispielweise dynamische Bruchstreifen, aufgrund der Möglichkeit zur Generierung einer Vielfalt an Strategien als lernförderlich erwiesen (Reinhold et al., 2020).

Das selbstständige Erkunden in der Problemlösephase kann als Experimentieren angesehen werden. In den Naturwissenschaften dient das SDDS-Modell (Klahr & Dunbar, 1988) als Basis für die Modellierung der kognitiven Aktivitäten in den verschiedenen Experimentierphasen, in denen Lernende dazu angehalten werden, Hypothesen zu generieren, diese in einem nachfolgenden Experiment auf ihre Plausibilität zu überprüfen, bevor die Lernenden Feedback erhalten. Die Präsentation von Feedback ermöglicht die Reflektion des eigenen Lernprozesses und hat sich als besonders wirksam erwiesen, wenn Lernende falsche Lösungen generieren (Kuklick & Lindner, 2021).

In einer vorangegangenen Studie zum Aufbau eines konzeptuellen Bruch-

verständnis mittels einer digitalen Problemlösephase zeigte sich, dass insbesondere Lernende, die die digitalen Tools effektiv nutzten, einen höheren Lernerfolg erzielten. Dieses Ergebnis legt nahe, dass die ausgelösten kognitiven Aktivitäten den Lernerfolg vorhersagen. Zudem legen empirische Studien nahe, dass der in den jeweiligen Aufgaben präsentierte Kontext unterschiedliche Effekte auf die ausgelösten Denkstrategien haben kann und somit eine entscheidende Rolle spielen kann, wie Schülerinnen und Schüler Probleme lösen (Supply et al., 2023).

Studie

Zum Aufbau eines konzeptuellen Bruchverständnisses mittels einer Problemlösephase wurde eine digitale Lernumgebung konzipiert, die bezüglich des präsentierten Kontextes (Farbmischkontext (A) vs. Basketballkontext (B)), der Nutzung digitaler Tools (aufgefordert vs. optional) und möglichem Feedback (vorhanden vs. nicht vorhanden) variiert wurde. Die Studie untersucht, ob die Variation im Instruktionsdesign der digitalen Lernumgebung zu unterschiedlichen kognitiven Aktivitäten und dadurch zu einem höheren konzeptuellen Bruchverständnis führt. Angenommen wird, dass vorhandenes Feedback und die Aufforderung zur Nutzung digitaler Tools zur Verwendung besserer Strategien und damit zu einem besseren konzeptuellen Bruchverständnis führt.

Methode

Zur Überprüfung der oben genannten Forschungsfrage wurde ein 2x2-Design (Kontext A vs. B; aufgeforderter vs. optionaler Gebrauch digitaler Tools) mit einer im jeweiligen Kontext zusätzlichen Kontrollgruppe, die kein Feedback erhalten hat, umgesetzt. Somit wurden sechs verschiedene Bedingungen implementiert. Die digitale Lernumgebung ist strukturell in allen Bedingungen gleich aufgebaut und startet mit sechs Einführungsaufgaben, in denen die Lernenden mit der technischen Gestaltung der Lernumgebung vertraut werden und erproben, wie die dynamischen Bruchstreifen farblich markiert, vervielfacht und verfeinert werden können. Im Anschluss daran folgen die fünf Aufgaben zum Erwerb eines ersten konzeptuellen Bruchverständnisses. Die Lernenden erhalten eine Aufgabenstellung und werden zunächst zur Formulierung einer ersten Hypothese aufgefordert, bevor sie diese durch das selbstständige Erstellen eines Situationsbildes mit den dynamischen Bruchstreifen und den zur Verfügung gestellten digitalen Tools überprüfen. Anschließend haben die Lernenden die Möglichkeit, die zuvor formulierte Hypothese zu korrigieren und werden zur Formulierung einer Begründung aufgefordert. Im nächsten Schritt wird mittels empirischen Feedbacks aufgezeigt, ob die jeweils formulierte Hypothese korrekt war, ehe diese reflektiert wird und gegebenenfalls eine neue Begründung formuliert,

werden soll. Diese zyklische Aufgabenbearbeitung macht deutlich, dass die Lernenden stets zwischen einem Hypothesen- und Experimentierraum (Klahr & Dunbar, 1988) wechseln. Dieser Wechsel wird auch im Layout der digitalen Lernumgebung deutlich: der Experimentierraum befindet sich auf der linken Hälfte und der Hypothesenraum ist auf der rechten Hälfte sichtbar.

Experimentierraum	Hypothesenraum
<p>Anna und Lena werfen auf einen Basketballkorb. Dadurch finden sie heraus, wer die bessere Spielerin ist. Anna wirft 5 Mal. Davon trifft sie 2 Mal den Korb. Lena wirft 10 Mal. Davon trifft sie 3 Mal den Korb. Welche Spielerin ist besser?</p>	<p>Anna ist <input type="text" value="schlechter als"/> Lena.</p> <p>schlechter als <input type="text" value="besser als"/> <input type="text" value="genauso gut wie"/></p>
<p>Stelle die Situation mithilfe der Streifen dar. Verwende zuerst die Knöpfe mit Zahlen oder klebe gleich lange Streifen zusammen. Erst dann geht es weiter.</p> <p>Annas Ergebnis: <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="3"/> <input type="text" value="4"/> <input type="text" value="5"/></p> <p>Lenas Ergebnis: <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="3"/> <input type="text" value="4"/> <input type="text" value="5"/> <input type="text" value="6"/> <input type="text" value="7"/> <input type="text" value="8"/> <input type="text" value="9"/> <input type="text" value="10"/></p>	<p>Anna ist <input type="text" value="besser als"/> Lena.</p> <p><input type="text" value="schlechter als"/> <input type="text" value="besser als"/> <input type="text" value="genauso gut wie"/></p> <p>Formuliere eine Begründung für deine Vermutung. Schreibe zwei oder drei Sätze.</p> <p><small>Hilf mir 4 von 10 km</small></p>
<p>Probiere aus, ob du recht hast! Ziehe Annas und Lenas Streifen auf die Bilder unten.</p> <p>Annas Ergebnis <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="3"/> <input type="text" value="4"/> <input type="text" value="5"/> <input type="text" value="6"/> <input type="text" value="7"/> <input type="text" value="8"/> <input type="text" value="9"/> <input type="text" value="10"/> <input type="text" value="11"/> <input type="text" value="12"/> <input type="text" value="13"/> <input type="text" value="14"/></p> <p style="text-align: center;"> <input type="text" value="besser"/> <input type="text" value="schlechter"/> </p>	<p>Hattest du <u>recht</u> mit deiner Vermutung? <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein</p> <p>Falls nein, formuliere eine neue Begründung.</p>

Abb.: Struktureller Aufbau der Aufgaben in der digitalen Lernumgebung mit ständigem Wechsel zwischen Experimentier- und Hypothesenraum

Schülerinnen und Schüler, die zur Verwendung digitaler Tools aufgefordert wurden, konnten erst mit dem nächsten Schritt fortfahren, sofern die digitalen Tools auch verwendet wurden. In den Kontrollbedingungen entfällt das Feedback.

Insgesamt besteht die digitale Lernumgebung aus fünf Aufgaben, die sich nur im verwendeten Zahlenmaterial unterscheiden und sowohl richtige als auch falsche Lösungsstrategien triggern. Die Vielzahl an strukturell gleichen Aufgaben ermöglicht das Ausprobieren unterschiedlicher Strategien. Diese unterschiedlichen Strategien wurden in einem hierarchischen Stufenmodell zusammengefasst (Boomgaarden et al., 2023), welches als Grundlage für die Auswertung der formulierten Begründungen dient.

Im Anschluss an die Bearbeitung der digitalen Lernumgebung schloss sich ein Posttest bestehend aus zehn Aufgaben an. Fünf der zehn Aufgaben wurden im bereits bekannten Kontext präsentiert; die weiteren fünf Aufgaben im jeweils anderen Kontext, um mögliche Transfereffekte zu untersuchen.

An der Studie nahmen 232 Schülerinnen und Schüler aus zehn Klassen von

Gymnasien, Realschulen und Gesamtschulen teil.

Ergebnisse

Die Datenauswertung läuft; sie wird bis zum Zeitpunkt der Tagung abgeschlossen sein. Die Ergebnisse werden auf der Tagung präsentiert und diskutiert.

Literaturverzeichnis

- Boomgaarden, A., Loibl, K. & Leuders, T. (2023). The trade-off between complexity and accuracy. Preparing for computer-based adaptive instruction on fractions. *Interactive Learning Environments*, 31 (10), 6379-6394. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2038636>
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1-48. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(88\)90007-9](https://doi.org/10.1016/0364-0213(88)90007-9)
- Kuklick, L. & Lindner, M. A. (2021). Computer-based knowledge of results feedback in different delivery modes: Effects on performance, motivation, and achievement emotions. *Contemporary Educational Psychology*, 67, 102001. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2021.102001>
- Loibl, K., Roll, I. & Rummel, N. (2017). Towards a Theory of When and How Problem Solving Followed by Instruction Supports Learning. *Educational Psychology Review*, 29(4), 693-715. <https://doi.org/10.1007/s10648-016-9379-x>
- Ni, Y. & Zhou, Y.-D. (2005). Teaching and Learning Fraction and Rational Numbers: The Origins and Implications of Whole Number Bias. *Educational Psychologist*, 40(1), 27-52. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4001_3
- Reinhold, F., Hoch, S., Werner, B., Richter-Gebert, J., & Reiss, K. (2020). Learning fractions with and without educational technology: What matters for high-achieving and low-achieving students? *Learning and Instruction*, 65, 101264. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.101264>
- Sinha, T. & Kapur, M. (2021). When Problem Solving Followed by Instruction Works: Evidence for Productive Failure. *Review of Educational Research*, 91(5), 761-798. <https://doi.org/10.3102/00346543211019105>
- Supply, A.-S., Vanluydt, E., van Dooren, W. & Onghena, P. (2023). Out of proportion or out of context? Comparing 8- to 9-year-olds' proportional reasoning abilities across fair-sharing, mixtures, and probability contexts. *Educational Studies in Mathematics*, 113(3), 371-388. <https://doi.org/10.1007/s10649-023-10212-5>
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45-69. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3)