

REINHOLD, Frank; SPRENGER, Priska; STANICZEK, Gunnar
Freiburg & Karlsruhe

Hilft Programmieren in Klasse 2 und 3 beim ersten Zugang zu *Computational Thinking*-Konzepten? Eine experimentelle Studie zum Algorithmisieren in Labyrinthaufgaben

Seit einigen Jahren wird *Computational Thinking* (CT) als eine der Schlüsselkompetenzen des 21. Jahrhunderts betrachtet, die alle Lernenden entwickeln sollten (Manches & Plowman, 2017; OECD, 2023; Wing, 2006; Yildirim & Uluyol, 2023). Dies hat unter anderem dazu geführt, dass CT weltweit zunehmend in Schulen und Lehrplänen integriert wird (Broley et al., 2024). Nach Shute et al. (2017) kann CT definiert werden als „die konzeptionelle Grundlage, die erforderlich ist, um Probleme effektiv und effizient (d. h. algorithmisch, mit oder ohne Unterstützung von Computern) zu lösen und Lösungen zu entwickeln, die in unterschiedlichen Kontexten wiederverwendbar sind“ (S. 142). In diesem Verständnis beschränkt sich CT nicht auf das Erlernen von Programmiersyntax, sondern zielt darauf ab, eine universelle Fähigkeit zur Problemlösung auf mehreren Abstraktionsebenen zu entwickeln (Büscher, 2024; Lee & Lee, 2024; Wing, 2006; Yeni et al., 2023). Solche Problemlösefähigkeiten sind insbesondere für das Lernen von Mathematik von besonderer Bedeutung.

Um mathematische Probleme effektiv und effizient mit wiederverwendbaren Strategien zu lösen, gehören grundlegende Aktivitäten wie Dekomposition, Abstraktion oder Algorithmen-Design zu den zentralen Kompetenzen im Kontext von CT (Büscher, 2024; OECD, 2023; Shute et al., 2017). In diesem Beitrag konzentrieren wir uns auf das spezifische CT-Konzept „Richtungen und Sequenzen“ (Tsarava et al., 2022), welches als eines der elementarsten CT-Konzepte gilt, das Schülerinnen und Schüler bereits in jungen Jahren erlernen können (Wing, 2006; Yildirim & Uluyol, 2023).

Schülerinnen und Schülern Probleme mittels logischer Syntax ähnlich zu Programmiersprachen lösen zu lassen bietet einen Zugang für das Erlernen solcher grundlegender CT-Konzepte (Román-González et al., 2017). Ausgehend vom CoDiL-Framework (*Cognitive process framework on the learning mechanisms of digital tools in educational settings*; Reinhold et al., 2024) argumentieren wir, dass eine gut gestaltete digital angereicherte Lernumgebung relevante Lernaktivitäten für das angestrebte CT-Konzept „Richtungen und Sequenzen“ stimulieren sollte. Eine solche CT-Aktivität ist das *Algorithmisieren*, d. h. „das Explizieren mindestens zwei verschiedener Schritte in einer Sequenz“ (Büscher, 2024, S. 8).

In der vorliegenden Studie wurde experimentell untersucht, ob sich diese CT-Aktivität in Klasse 2 und 3 ohne wesentliche Vorkenntnisse der Lernenden durch eine digital-angereicherte Lernumgebung mit Icon-basierten Programmierblöcken besser stimulieren lässt als 'unplugged' (Tank et al., 2024). Kinder der Experimentalgruppe bauten zunächst ein LEGO® Education SPIKE™ Essential-Set nach Anleitung zusammen und navigierten dieses anschließend mittels ebendieser Icon-basierten Programmierblöcken auf iPads durch ein Labyrinth. Kinder der Kontrollgruppe bauten ein reguläres LEGO®-Set und steuerten es durch dasselbe Labyrinth, indem sie ohne Software und iPad verbale Befehle an eine Testleiterin gaben ('unplugged', als Anpassung an das kognitive Niveau der Lernenden, wie z. B. von Hsu et al., 2018, vorgeschlagen). Der 'Weg durchs Labyrinth' war bei beiden Gruppen identisch, um vergleichbare Interventionsbedingungen zu schaffen.

Wir nahmen an, dass die Experimentalgruppe im Posttest bessere Leistungen erzielen würden als die Kontrollgruppe (H1, siehe auch Yeni et al., 2023), dass die Experimentalgruppe während der Intervention längere Sequenzen und einen höheren Anteil an Sequenzbefehlen zeigen würden (H2a), dass längere Sequenzen und ein höherer Anteil an Sequenzbefehlen während der Intervention positiv mit den Leistungen im Posttest zusammenhängen (H2b) und dass ein Mediationseffekt der Interventionsbedingung auf die Posttest-Leistungen über sowohl längere Sequenzen als auch einen höheren Anteil an Sequenzbefehlen während der Intervention besteht (H2c).

Methode

An der Studie nahmen 70 Zweit- und Drittklässler jeweils in Paaren teil, die zufällig zur Experimental- oder Kontrollgruppe zugeteilt wurden. In 45-minütigen Sitzungen beantworteten die Lernenden zunächst ein Pre-Test-Item, bevor sie sich dem Problem 'Weg durchs Labyrinth' widmeten und im Anschluss den Posttest mit 4 Items beantworteten. In Einverständnis mit Eltern und Schülerinnen und Schülern wurde jedes Interventionspaar aus zwei unterschiedlichen Perspektiven videografiert und die Schülerinnen und Schüler zu ihren Vorerfahrungen mit LEGO®, ihrer Selbstwirksamkeit bezogen auf das Labyrinth-Problem sowie ihrem Engagement während der Intervention befragt.

Mithilfe generalisierter linearer gemischter Modelle (GLMMs) und Mediationsanalysen wurde untersucht, wie Unterschiede in den genutzten Lernaktivitäten den Lernerfolg beeinflussten. Dazu wurden die Videos hinsichtlich der Aktivität des Algorithmisierens kodiert, um den Anteil der Sequenzen (d. h. Befehlsfolgen bestehend aus mehr als einem Befehl) an allen Befehlen sowie die Länge der längsten Sequenz zu bestimmen.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen signifikante Vorteile der Nutzung von Icon-basierten Programmierblöcken auf iPads im Vergleich zur in der Kontrollgruppe genutzten 'unplugged' CT-Lernumgebungen: Schülerinnen und Schüler, die programmierten (Experimentalgruppe), zeigten ein tieferes Verständnis des CT-Konzepts "Richtungen und Sequenzen" im Vergleich zu Schülerinnen und Schülern, die auf verbale Befehle zurückgriffen (Kontrollgruppe). Sie nutzten während der Intervention signifikant häufiger Sequenz und diese waren signifikant länger als die ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler in der Kontrollbedingung, was auf ein höheres Maß an algorithmischem Denken während der Lernphase hinweist. Die Mediationsanalyse deutet darauf hin, dass der Erfolg der Experimentalgruppe maßgeblich durch ebendiese intensivere Nutzung längerer Sequenzen vermittelt wurde.

Diskussion

Die Studie zeigt, dass altersgerechte digitale CT-Tools bereits in der Grundschule wirksam eingesetzt werden können, um CT-Konzepte zu fördern und liefert Hinweise darauf, dass das Programmieren mit Icon-basierten Programmierblöcken traditionelle 'unplugged' Ansätze übertreffen kann – auch in Settings, in denen von keinen wesentlichen Vorkenntnisse bei den Lernenden auszugehen ist. Die lernförderliche Wirkung zeigte sich dabei insbesondere durch das Stimulieren lernrelevanter kognitiver Aktivitäten (Reinhold et al., 2024) – hier konkret das Algorithmisieren (Büscher, 2024).

Durch die vergleichsweise kleine Stichprobe ist die Generalisierbarkeit der Ergebnisse nur eingeschränkt gewährleistet. Zukünftige Untersuchungen sollten längere Interventionen und größere Stichproben umfassen, um nachhaltige Effekte besser beschreiben zu können. Zudem könnten hybride Ansätze, die verbale und digitale Methoden kombinieren, speziell für Grundschülerinnen und -schüler vielversprechend sein (Fiş Erümit, 2024).

Literatur

- Broley, L., Buteau, C., Modeste, S., Rafalska, M., & Stephens, M. (2024). Computational Thinking and Mathematics. In B. Pepin, G. Gueudet, & J. Choppin (Eds.), *Handbook of Digital Resources in Mathematics Education* (pp. 323–360). Springer.
- Büscher, C. (2024). Differences in Students' Computational Thinking Activities when Designing an Algorithm for Drawing Plane Figures. *International Journal of Science and Mathematics Education*.
- Fiş Erümit, S. (2024). Collaboration of Unplugged and Plugged Activities for Primary School Students: Developing Computational Thinking Skills with Programming. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 6(3).

- Hsu, T.-C., Chang, S.-C., & Hung, Y.-T. (2018). How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature. *Computers & Education*, *126*, 296–310.
- Lee, D., & Lee, Y. (2024). Productive Failure-based Programming Course to Develop Computational Thinking and Creative Problem-Solving Skills in a Korean Elementary School. *Informatics in Education*, 385–408.
- Manches, A., & Plowman, L. (2017). Computing education in children's early years: A call for debate. *British Journal of Educational Technology*, *48*(1), 191–201.
- OECD. (2023). *PISA 2022 Mathematics Framework*. OECD Publishing.
- Reinhold, F., Leuders, T., Loibl, K., Nückles, M., Beege, M., & Boelmann, J. M. (2024). Learning Mechanisms Explaining Learning With Digital Tools in Educational Settings: A Cognitive Process Framework. *Educational Psychology Review*, *36*(1), 14.
- Román-González, M., Pérez-González, J.-C., & Jiménez-Fernández, C. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior*, *72*, 678–691.
- Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, *22*, 142–158.
- Tank, K. M., Ottenbreit-Leftwich, A., Moore, T. J., Yang, S., Wafula, Z., Kim, J., Fagundes, B., & Chu, L. (2024). Investigating Sequencing as a Means to Computational Thinking in Young Children. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, *6*(3).
- Tsarava, K., Moeller, K., Román-González, M., Golle, J., Leifheit, L., Butz, M. V., & Ninaus, M. (2022). A cognitive definition of computational thinking in primary education. *Computers & Education*, *179*, 104425.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, *49*(3), 33–35.
- Yeni, S., Grgurina, N., Saeli, M., Hermans, F., Tolboom, J., & Barendsen, E. (2023). Interdisciplinary Integration of Computational Thinking in K-12 Education: A Systematic Review. *Informatics in Education*.
- Yildirim, E., & Uluyol, Ç. (2023). Developing Computational Thinking Scale for Primary School Students and Examining Students' Thinking Levels According to Different Variables. *Journal of Learning and Teaching in Digital Age*, *8*(1), 113–123.
- Zapata-Caceres, M., Martin-Barroso, E., & Roman-Gonzalez, M. (2020). Computational Thinking Test for Beginners: Design and Content Validation. *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1905–1914.
- Zhang, S., & Wong, G. K. W. (2024). Understanding individual differences in computational thinking development of primary school students: A three-wave longitudinal study. *Journal of Computer Assisted Learning*, jcal.12940.