

BAUMANN, Lukas; PITTA-PANTAZI, Demetra; CHRISTOU, Constantinos, LILIENTHAL, Achim; SIMON, Anna Lisa & SCHINDLER, Maïke
Dortmund, Zypern, München, Köln

Musterfolgeaufgaben lösen: Eine Eye-Tracking Studie zu Vorgehensweisen und Fehlern von Erstklässler*innen mit Schwierigkeiten beim Mathematiklernen

Der Arithmetikunterricht der Grundschule ist umfangreich erforscht, auch im Hinblick auf verschiedene Vorgehensweisen und Fehlermuster, die bei Kindern mit und ohne besondere Schwierigkeiten beim Mathematiklernen (BSM) auftreten. Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass es signifikante Unterschiede zwischen Schüler*innen mit und ohne BSM hinsichtlich ihrer Vorgehensweisen (Hickendorff et al., 2018) und Fehlerhäufigkeiten (Torbeyns et al., 2005) gibt. Darüber hinaus haben Torbeyns et al. (2017) herausgefunden, dass Fehlermuster eng mit den jeweiligen Vorgehensweisen der Kinder zusammenhängen.

In den letzten Jahren hat das Lösen von Musterfolgeaufgaben verstärkte Aufmerksamkeit in der Forschung erhalten (Clements & Sarama, 2020). Aktuelle Studien bemühen sich um die Identifikation von verschiedenen Vorgehensweisen (Baumann et al., 2024; Lüken & Sauzet, 2021; Pitta-Pantazi et al., 2024) und um die Untersuchung von Unterschieden in den Vorgehensweisen zwischen Kindern mit und ohne Risiko für die Entwicklung von BSM (Baumann et al., 2023). Im Vergleich zur Arithmetik wurde jedoch der Zusammenhang zwischen den Vorgehensweisen und den Fehlern unzureichend erforscht.

Die vorliegende Studie adressiert diese Forschungslücke unter Verwendung von Eye-Tracking. Die zentrale Forschungsfrage lautet: *Welchen Zusammenhang gibt es zwischen den verwendeten Vorgehensweisen und den auftretenden Fehlern bei Erstklässler:innen mit und ohne Risiko für die Entwicklung besonderer Schwierigkeiten beim Mathematiklernen (BSM) beim Lösen von Musterfolgeaufgaben?*

Forschungsdesign

An der vorliegenden Studie haben 224 Erstklässler*innen aus Deutschland und Zypern teilgenommen, von denen 37 mittels einer Adaption des ZAREKI-K (Aster et al., 2009; Walter, 2020) als Erstklässler:innen mit Risiko für die Entwicklung besonderer Schwierigkeiten beim Mathematiklernen (hiernach bezeichnet als *Schüler*innen mit BSM*) identifiziert wurden.

Die Erfassung der Blickbewegungen erfolgte mithilfe des bildschirmbasierten Eyetrackers Tobii Pro X3-120 (binokular, infrarot, 120 Hertz), der an

einem 24-Zoll-Monitor befestigt wurde. Die teilnehmenden Kinder befanden sich in einem Abstand von 60 bis 65 cm zum Monitor. Die aufgezeichneten Eye-Tracking-Daten haben eine durchschnittliche Genauigkeit von 0,98°. Mit jedem Kind wurde eine Mehr-Punkt-Kalibrierung durchgeführt.

Es wurden Muster mit zwölf unterschiedlichen Grundeinheiten verwendet, sechs wurden mit Zahlen, sechs mit Farben repräsentiert. Die Grundeinheiten hatten die folgenden Strukturen: AB, ABC, AABB, AAB, AABC und ABAC. Jede Aufgabe bestand aus mindestens drei Wiederholungen einer Grundeinheit (z. B. 1 5 3 1 5 3 1 5 3 oder rot-gelb-blau-rot-gelb-blau-rot-gelb-blau), gefolgt von einem weißen Klecks. Die Kinder sollten jeweils die Zahl oder die Farbe unter dem weißen Klecks nennen.

Zur Datenanalyse wurden Videos der Blickbewegungen mit der Tobii Pro Lab Software erstellt. Jede Aufgabenbearbeitung wurde mittels einer deduktiven Kategorienanwendung kodiert. Dazu wurde das in früheren Studien entwickelte Kodiersystem verwendet, das die Identifikation von Vorgehensweisen bei Musterfolgeaufgaben anhand von Blickbewegungen ermöglicht (Baumanns et al., 2024). Die Bearbeitungen von zwölf Schüler*innen wurden durch die vorletzte Autorin unabhängig kodiert mit einer fast perfekten Interrater-Übereinstimmung von $\kappa = 0.95$. Abbildung 1 fasst die verschiedenen Vorgehensweisen mit idealisierten Darstellungen von Blickbewegungen zusammen. Um den Zusammenhang zwischen den Vorgehensweisen und Fehlern zu untersuchen, wurde ein Chi-Quadrat-Test verwendet. Bei signifikanten Unterschieden wurden Post-hoc-Tests durchgeführt, bei denen die adjustierten standardisierten Residuen analysiert wurden. Alpha-Niveaus wurden stets mittels der Bonferroni-Korrektur angepasst. Effektstärken werden mittels Cramérs V angegeben.

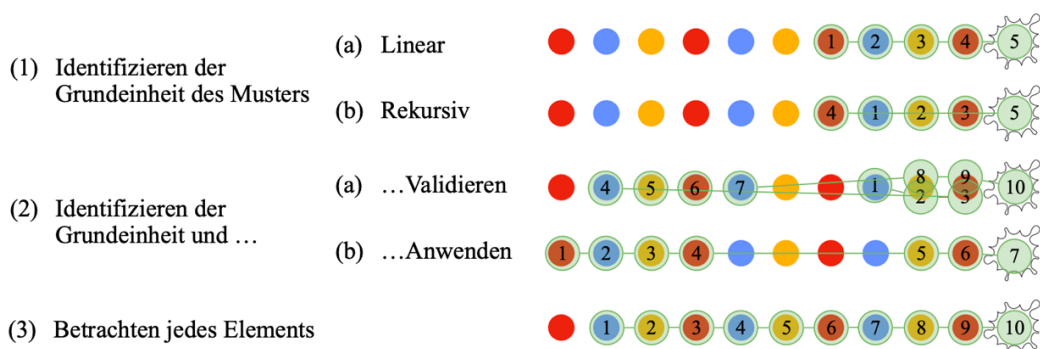


Abb. 1: Vorgehensweisen beim Lösen von Musterfolgeaufgaben

Ergebnisse

Abbildung 2 fasst den Zusammenhang zwischen den Vorgehensweisen und der Korrektheit der Antworten zusammen. Die Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests zeigen, dass sich die Vorgehensweisen bei korrekten und inkorrekten

Antworten unterscheiden, bei einem mittleren Effekt ($\chi^2(2, N = 2637) = 284,58, p < ,001, V = 0,33$). Insbesondere wurde Vorgehensweise (1), das Identifizieren der Grundeinheit, häufiger bei falschen Antworten als bei richtigen verwendet. Hingegen wurde Vorgehensweisen (2), das Identifizieren und Validieren/Anwenden der Grundeinheit, sowie (3), das Betrachten jedes Elements, häufiger bei richtigen Antworten als bei falschen verwendet.

Bei der isolierten Betrachtung der Schüler*innen mit BSM zeigten sich ähnliche Unterschiede mit mittlerem Effekt ($\chi^2(2, N = 574) = 35,57, p < ,001, V = 0,25$). Der Prozess (1) wurde häufiger bei falschen Antworten als bei korrekten verwendet, während Prozess (3) häufiger bei richtigen Antworten als bei falschen verwendet wurde. Auch bei Schüler*innen ohne BSM (bezeichnet mit \neg BSM) ergaben sich Unterschiede in der Verteilung der Mustererkennungsprozesse mit einem mittleren Effekt, wobei Prozess (1) häufiger bei falschen Antworten und die Prozesse (2) und (3) häufiger bei richtigen Antworten verwendet wurden.

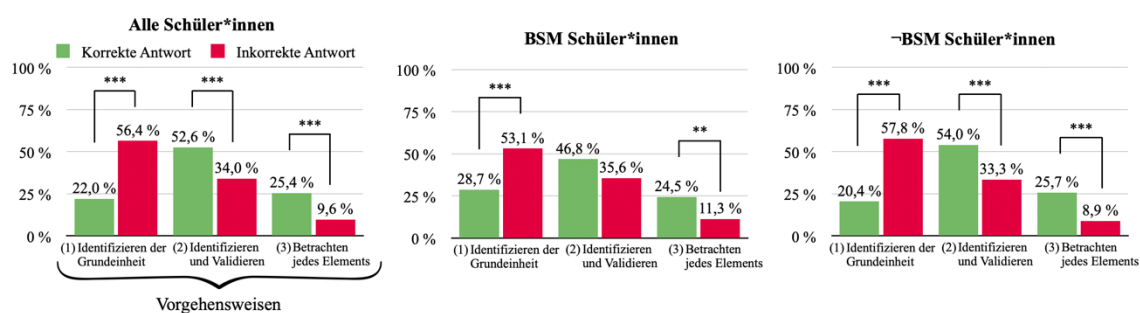


Abb. 2: Zusammenhang zwischen den Vorgehensweisen und der Korrektheit der Antworten beim Lösen von Musterfolgeaufgaben

Diskussion

Ziel dieser Studie ist die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen den Vorgehensweisen und Fehlern bei Erstklässler:innen mit und ohne Risiko für die Entwicklung besonderer Schwierigkeiten beim Mathematiklernen (BSM und \neg BSM) beim Lösen von Musterfolgeaufgaben. Es zeigte sich für Kinder mit und ohne BSM ein leicht verschiedenes Bild im Zusammenhang von Mustererkennungsprozessen und Fehlern bei der Aufgabenbearbeitung. Für beide Gruppen ging Vorgehensweise (1), das Identifizieren der Grundeinheit, mit mehr Fehlern einher, während bei Vorgehensweise (3), das Betrachten jedes Elements, mehr korrekte als inkorrekte Lösungen vorkamen. Während die Vorgehensweise (2), bei dem die Grundeinheit identifiziert und dann validiert/angewandt wird, bei Kindern mit BSM häufiger mit einer korrekten Lösung der Aufgaben einherging als mit einer inkorrekten, zeigten sich bei Kindern mit BSM bei dieser Vorgehensweise keine eindeutigen Tendenzen zugunsten der korrekten Lösung der Aufgabe: Dies deutet darauf hin, dass eine Förderung in diesem Bereich für Kinder mit BSM vorteilhaft

sein könnte, damit der Validierungsschritt tragfähig genutzt werden kann.

Danksagung

Dieses Projekt wird durch das Erasmus+-Programm der Europäischen Union unter der Fördervereinbarung Nr. 2020-1-DE03-KA201-077597 unter Projektleitung von Prof. Dr. Maike Schindler kofinanziert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung tragen allein die Verfasser*innen; die Kommission haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.



Literaturverzeichnis

- Aster, M. G., Bzufka, M. W. & Horn, R. (2009). ZAREKI-K. *Neuropsychologische Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen bei Kindern – Kindergartenversion*. Pearson.
- Baumanns, L., Pitta-Pantazi, D., Demosthenous, E., Lilienthal, A. J., Christou, C., & Schindler, M. (2024). Pattern-recognition processes of first-grade students: an explorative eye-tracking study. *International Journal of Science and Mathematics Education*.
- Baumanns, L., Pitta-Pantazi, D., Christou, C., Lilienthal, A. J., Simon, A. L., & Schindler, M. (2023). Adaptive strategy use in pattern-recognition of first graders with and without risk of developing mathematical difficulties: an eye-tracking study. In M. Ayalon, B. Koichu, R. Leikin, L. Rubel, & M. Tabach (Eds.), *Proceedings of PME 46* (pp. 75–82). PME.
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2020). *Learning and Teaching Early Math. The Learning Trajectories Approach* (Vol. 3). Routledge.
- Hickendorff, M., Torbeyns, J. & Verschaffel, L. (2018). Grade-related differences in strategy use in multidigit division in two instructional settings. *British Journal of Developmental Psychology*, 36(2), 169–187.
- Lüken, M. M., & Sauzet, O. (2021). Patterning strategies in early childhood: a mixed methods study examining 3- to 5-year-old children’s patterning competencies. *Mathematical Thinking and Learning*, 23(1), 28–48.
- Pitta-Pantazi, D., Demosthenous, E., Schindler, M., Lilienthal, A. J., & Christou, C. (2024). Structure sense in students’ quantity comparison and repeating pattern extension tasks: an eye-tracking study with first graders. *Educational Studies in Mathematics*.
- Torbeyns, J., Verschaffel, L. & Ghesquiere, P. (2005). Simple addition strategies in a first-grade class with multiple strategy instruction. *Cognition and Instruction*, 23(1), 1–21.
- Torbeyns, J., Hickendorff, M. & Verschaffel, L. (2017). The use of number-based versus digit-based strategies on multi-digit subtraction: 9–12-year-olds’ strategy use profiles and task performance. *Learning and Individual Differences*, 58, 64–74.
- Walter, J. (2020). Ein Screening-Verfahren zur Prognose von Rechenschwierigkeiten in der Grundschule. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 71, 238–253.