

Anna Lisa SIMON, Köln & Maike SCHINDLER, Köln

Wie Kinder mit Schwierigkeiten im Rechnenlernen am markierten Zahlenstrahl vorgehen: Eine Eye-Tracking-Studie

Zusammenfassung. Der vorliegende Beitrag stellt eine Untersuchung zur Nutzung von Vorgehensweisen bei Aufgaben am markierten Zahlenstrahl von Kindern mit und ohne Schwierigkeiten im Rechnenlernen (SR) vor, bei dem Eye-Tracking (ET) verwendet und anhand der Blickbewegungen Vorgehensweisen identifiziert wurden. Es zeigte sich, dass Kinder mit SR Vorgehensweisen weniger aufgabenadäquat nutzten als Kinder ohne SR, wobei Kinder mit SR häufiger zählende Vorgehensweisen nutzen.

Zahlenstrahl

Der Zahlenstrahl ist eines der wichtigsten Arbeitsmittel im Mathematikunterricht der Grundschule (Diezmann & Lowrie, 2007). Es gibt verschiedene Arten von Zahlenstrahlen, die vollständig oder teilweise mit Markierungen versehen und mit Zahlen beschriftet sein können. Markierungen (auch ohne Beschriftung mit Zahlen) können visuelle Orientierungspunkte darstellen und je nach dargestellten Zahlenräumen, Ausschnitten des Zahlenstrahls und Markierungen müssen Abstände auf dem Zahlenstrahl unterschiedlich interpretiert werden (Schulz & Wartha, 2021). Zahlenstrahle stellen Zahlen in ihrem ordinalen Aspekt dar (Schulz & Wartha, 2021). Um den Zahlenstrahl adäquat nutzen zu können, ist es notwendig zu verstehen, dass alle natürlichen Zahlen eindeutige Positionen haben und als äquidistante Punkte dargestellt sind, auch wenn diese nicht immer sichtbar markiert sind. Darüber hinaus kann durch die Arbeit mit dem Zahlenstrahl die relationale Interpretation von Zahlen anhand der gegebenen Strukturierungsmerkmale (Markierungen und beschriftete Zahlen) gestärkt werden (Schulz & Wartha, 2021).

Schwierigkeiten im Rechnenlernen

Unter SR werden im vorliegenden Beitrag – Gaidoschik et al. (2021, S. 4) folgend – „gravierende und anhaltende Schwierigkeiten beim Erwerb zentraler Inhalte ... im Fach Mathematik“ verstanden. Diese betreffen den arithmetischen Basisstoff und zeigen sich typischerweise u.a. durch ein primär ordinales Zahlverständnis, bei dem die Zahlen als isolierte und sequentielle Objekte aufgefasst werden und Beziehungen zwischen Zahlen nicht oder nur teilweise erkannt werden, was es schwierig macht, Zählstrategien zur Lösung von Aufgaben zu überwinden (Gaidoschik et al., 2021). Kinder mit SR haben häufig auch Schwierigkeiten, adäquate Vorgehensweisen bei der Bearbeitung mathematischer Aufgaben zu nutzen—auch am Zahlenstrahl. Kinder mit SR verorten Zahlen am Zahlenstrahl z. B. oft ungenauer als Kinder

ohne SR (Landerl et al., 2017). Darüber hinaus deuten Untersuchungen zu den Vorgehensweisen bei Aufgaben auf dem leeren Zahlenstrahl darauf hin, dass Kinder mit SR Vorgehensweisen weniger aufgabenadäquat einsetzen (z. B. van't Noordende et al., 2016).

Eye-Tracking

ET gewinnt in der mathematikdidaktischen Forschung zunehmend an Bedeutung. Mehrere Studien haben aufgezeigt, dass ET Einblicke in die Vorgehensweisen von Kindern beim Lösen mathematischer Aufgaben ermöglichen und Unterschiede in den Vorgehensweisen zwischen Kindern mit und ohne SR aufzeigen kann: In einer Studie zur Anzahlerfassung von Schindler et al. (2019) tendierten Kinder mit SR dazu, bei allen Aufgaben zählende Vorgehensweisen zu nutzen, während Kinder ohne SR ihre Vorgehensweisen an die Aufgaben anpassten. ET-Studien zum Zahlenstrahl haben die Nutzung von Vorgehensweisen von Kindern mit und ohne SR untersucht (z. B. van't Noordende et al., 2016) und gezeigt, dass ET dahingehend Unterschiede aufzeigen kann. ET scheint bei Zahlenstrahlaufgaben einen zusätzlichen Nutzen zu haben: Eine Studie von Simon und Schindler (2020) zum Umgang von Kindern mit dem leeren Zahlenstrahl zeigte auf, dass ET detailliertere Einblicke in die Vorgehensweisen der Kinder liefern kann als Äußerungen der Kinder, insbesondere für Kinder mit SR.

Die Studie

In diesem Beitrag wird der Forschungsfrage nachgegangen: *Unterscheiden sich Kinder mit und ohne Rechenschwierigkeiten in ihren Vorgehensweisen bei Aufgaben am markierten Zahlenstrahl?* Dazu wurden 40 Kinder zu Beginn der 5. Jahrgangsstufe einer Gesamtschule in NRW untersucht: 20 Kinder, bei denen im Vorfeld mittels eines standardisierten Mathematiktests SR (HRT 1-4) festgestellt wurden und 20 Kinder ohne SR.

In Einzelerhebungen in der Schule wurde ein teilweise markierter Zahlenstrahl von 0 bis 100 in zwei Aufgabentypen verwendet: Bei der *Position-zu-Zahl-Aufgabe* (Abb. 2) wurde den Kindern ein rotes Kreuz auf dem Zahlenstrahl präsentiert und die Kinder sollten die entsprechende Zahl nennen (80, 40, 60) und bei der *Zahl-zu-Position-Aufgabe* wurde den Kindern eine Zahl präsentiert (70, 30, 90), die auf dem Zahlenstrahl platziert werden sollte.

Die Blickbewegungen wurden mit dem Eye-Tracker Tobii X3-120 (120 Hz, binokular, Infrarot) aufgezeichnet. Die Genauigkeit betrug durchschnittlich 0.8° (Accuracy). Die Kinder saßen etwa 60 cm vom Bildschirm entfernt. Mit jedem Kind wurde eine 5-Punkt-Kalibrierung durchgeführt. Verbale Äußerungen der Kinder wurden mit einem Audioaufnahmegerät aufgezeichnet.

Grundlage für die Analyse der Vorgehensweisen waren ET-Videos (Visualisierung der Blicke als wandernder Punkt). Diese wurden mit der Software Tobii Pro Lab erzeugt. Die ET-Videos wurden mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2014) in einem induktiven Vorgehen analysiert (vgl. Schindler et al., 2019). Das entwickelte Kategoriensystem setzt sich aus Vorgehensweisen (zählend vs. direkt) und genutzten Orientierungspunkten (Anfang, Mitte und Ende des Zahlenstrahls) zusammen, woraus sich sechs Kategorien ergeben (Abb. 1). 20 % des Datenmaterials wurde von einer zweiten Person (Zweitautorin) unabhängig kodiert. Die Interrater-Reliabilität gilt mit $\kappa = 0.83$ als nahezu perfekt.

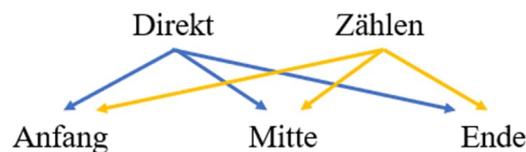


Abb. 1: Vorgehensweisen am Zahlenstrahl

Ergebnisse

Ein Chi-Quadrat-Test mit den kumulierten Vorgehensweisen für alle Aufgaben zusammen ergab signifikante Unterschiede in der Verteilung der Vorgehensweisen zwischen den Kindern mit und ohne SR: $\chi^2(5) = 16,97, p = .005$, mit einer mittleren Effektstärke von $V = .27$. Die Zelltests für die Unterschiede zwischen den Gruppen zeigten auf, dass Kinder ohne SR Zahlen signifikant häufiger direkt verorteten als Kinder mit SR ($\chi^2(1) = 14,65, p < .001, V = .25$). Auch hier lag eine mittlere Effektstärke vor.

Ein Vergleich der zusammengefassten Vorgehensweisen, die als zählend klassifiziert werden können, und der zusammengefassten Vorgehensweisen, die als direkt bezeichnet werden können (s. Abb. 2 für Beispiele für zählende und direkte Vorgehensweisen), zeigte auf, dass Kinder mit SR signifikant häufiger zählende Vorgehensweisen nutzten, während sie direkte Vorgehensweisen signifikant seltener nutzten als Kinder ohne SR ($\chi^2(1) = 4.92, p = .027, V = .14$), wobei die Effektstärke klein war.



Abb. 2: Blickbewegungsbeispiele für „Zählen von Beginn an“ (links) und „direktes Verorten“ (rechts) bei der *Position-zu-Zahl-Aufgabe*

Ausblick

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich die Nutzung von Vorgehensweisen zwischen Kindern mit und ohne SR unterscheidet. Dies steht im Zusam-

menhang mit Befunden zur unterschiedlichen Nutzung von Vorgehensweisen auf dem leeren Zahlenstrahl von Kindern mit und ohne SR (z. B. van't Noordende et al., 2016). Während Kinder ohne SR häufiger das direkte Verorten nutzten, nutzen Kinder mit SR häufiger zählende Vorgehensweisen. Dies knüpft an Erkenntnisse zur Anzahlerfassung an: Kinder mit SR nutzten auch hier häufiger zählende Vorgehensweisen, während Kinder ohne SR häufiger Strukturen und direkte Vorgehensweisen nutzten (Schindler et al., 2019). Die Erkenntnisse deuten darauf hin, dass das Verorten von Zahlen auf einem Zahlenstrahl sowie das Nutzen von aufgabenadäquaten Vorgehensweisen auch bei Kindern zu Beginn der Sekundarstufe I teilweise Förderung bedarf—auch im Zahlenraum bis 100. Für Kinder mit SR sollten Möglichkeiten des Zugangs zu Zahlen auf Zahlenstrahlen thematisiert und gefördert werden: z. B. verschiedene Orientierungspunkte und deren Nutzung zum Verorten von Zahlen und die relationale Interpretation von gegebenen Strukturierungsmerkmalen (Schulz & Wartha, 2021). Eine mögliche Einschränkung der dargestellten Untersuchung ist die geringe Anzahl von verwendeten Aufgaben. In Anschlussuntersuchungen sollten die Ergebnisse an einer größeren Anzahl von variantenreicheren Aufgaben überprüft werden.

Literatur

- Diezmann, C. & Lowrie, T. (2007). The development of primary students' knowledge of the structured number line. In J. H. Woo, H. C. Lew, K. S. Park & D. Y. Seo (Eds.), *Proceedings of the 31st Conference of IGPME* (Vol. 2, pp. 201–208). PME.
- Gaidoschik, M., Moser Opitz, E., Nührenbörger, M. & Rathgeb-Schnierer, E. (2021). Besondere Schwierigkeiten beim Mathematiklernen. Special Issue der *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 47(111S).
- Landerl, K., Vogel, S. & Kaufmann, L. (2017). *Dyskalkulie: Modelle, Diagnostik, Intervention*. Ernst Reinhardt.
- Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: Theoretical foundation, basic procedures and software solution*. Beltz.
- Schindler, M., Bader, E., Lilienthal, A. J., Schindler, F. & Schabmann, A. (2019). Quantity recognition in structured whole number representations of students with mathematical difficulties: An eye-tracking study. *Learning Disabilities: A Contemporary Journal*, 17, 5–28.
- Schulz, A. & Wartha, S. (2021). *Zahlen und Operationen am Übergang Primar-/ Sekundarstufe. Grundvorstellungen aufbauen, festigen, vernetzen*. Springer.
- Simon, A. L. & Schindler, M. (2020). A comparative analysis of eye tracking and thinking aloud in number line estimation tasks: A study on students with and without mathematical difficulties. In M. Inprasitha, N. Changsri & N. Boonsena (Eds.), *Proceedings of the 44th Conference of the IGPME* (pp. 537–545). PME.
- van't Noordende, J. E., van Hoogmoed, A. H., Schot, W. D. & Kroesbergen, E. H. (2016). Number line estimation strategies in children with mathematical learning difficulties measured by eye tracking. *Psychological Research*, 80, 368–378.