

Anna Lisa SIMON, Köln & Maike SCHINDLER, Köln

## **Anordnung von Zahlen am Zahlenstrahl: Vergleich von Eye Tracking und Lautem Denken**

*Zusammenfassung.* Im vorliegenden Beitrag wird eine vergleichende Analyse des diagnostischen Potentials von Eye Tracking (ET) und Lautem Denken (LD) bei Zahlenstrahlaufgaben dargestellt. Dazu wurden Vorgehensweisen von Kindern mit und ohne Rechenschwierigkeiten (RS) bei der Anordnung von Zahlen am leeren Zahlenstrahl empirisch untersucht. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass das ET für Kinder mit RS detailliertere Einblicke ermöglicht als das LD. Jedoch zeigt eine relativ große Zahl an Widersprüchen zwischen den durch die beiden Methoden erhaltenen Informationen auch den Bedarf weitergehender Forschung auf.

### **Eye Tracking**

Das videobasierte ET hat in den letzten Jahren in der mathematikdidaktischen Forschung zunehmend an Bedeutung gewonnen. Untersuchungen, welche dabei die Möglichkeiten und Grenzen der Methode in den Blick nahmen (Schindler & Lilienthal, 2018, 2019), zeigten auf, dass ET neue Einsichten und Möglichkeiten bieten kann. Der durch das ET ermöglichte Einblick in mentale Prozesse von Lernenden bietet eine Alternative bzw. Ergänzung zu den durch verbale Erhebungsmethoden gewonnenen Einsichten in Denkprozesse. Das ET vermeidet einen Verbalisierungsschritt und scheint daher für Kinder mit Schwierigkeiten im mathematischen, aber auch sprachlichen Bereich, denen es schwerfällt, ihre Vorgehensweisen zu beschreiben, ein großes diagnostisches Potential zu bieten (Schindler, 2019).

### **Lautes Denken**

Die Forschungsmethode des LD (vgl. Ericsson & Simon, 1980) ist eine in der mathematikdidaktischen Forschung etablierte Methode, die der Erforschung individueller Denkprozesse aus der Innenperspektive der Befragten dient. Nach Konrad (2010) sind folgende Formen des LD zu unterscheiden: (1) *Introspektion*, d. h. augenblickliche Verbalisierung, (2) *unmittelbare Retrospektion*, die sich zeitlich direkt an die jeweilige Aufgabenbearbeitung anschließt, und (3) *verzögerte Retrospektion*, die nach der Bearbeitung aller Aufgaben oder erst Tage später stattfindet. Im Gegensatz zum introspektiven LD, bei dem die Denkprozesse unmittelbar im Zuge der Aufgabenlösung verbalisiert werden und der zusätzliche kognitive Mehraufwand erheblich sein kann (Ericsson & Simon, 1980), haben retrospektive Darstellungen der

Denkprozesse den Vorteil, nicht störend auf ebendiese Denkprozesse während der Aufgabenbearbeitung einzuwirken. Jedoch können auch beim retrospektiven LD Schwierigkeiten – etwa in der Meta-Kognition oder bei der Verbalisierung von Denkprozessen – auftreten (Schindler, 2019).

## **Zahlenstrahlaufgaben**

Der Zahlenstrahl gehört zu den wesentlichen Arbeitsmitteln im Mathematikunterricht. Zahlen werden hier durch ihre Position im Verhältnis zu anderen Zahlen dargestellt. Die Fähigkeit, Zahlen auf dem leeren Zahlenstrahl in Übereinstimmung zu ihrer relativen Größe zu platzieren, ist notwendig, um Zahlen korrekt anordnen zu können (Sullivan et al., 2011). Nach Booth und Siegler (2008) haben die Leistungen bei der Anordnung von Zahlen am Zahlenstrahl voraussagenden Charakter für die gesamtmathematischen Leistungen. Forschungsergebnisse, die die mentale Zahlrepräsentation betreffen, zeigen Unterschiede zwischen Kindern mit und ohne RS auf. So sind die Anordnungen von Kindern mit RS „häufig ungenauer als die von Kindern mit unauffälligen Rechenleistungen.“ (Landerl et al., 2017, S. 123)

## **Die Studie**

In der vorliegenden explorativen Studie wird folgender Forschungsfrage nachgegangen: *Inwiefern unterscheiden sich das diagnostische Potential von ET und LD bezüglich der Vorgehensweisen bei der Anordnung von Zahlen am Zahlenstrahl?* Es wurden 22 Kinder gegen Ende der 5. Jahrgangsstufe einer Gesamtschule in NRW untersucht. Bei elf der Kinder waren im Vorfeld mittels eines standardisierten Mathematiktests und in diagnostischen Interviews RS identifiziert worden (im Folgenden RSG).

In Einzelinterviews erhielten die Kinder jeweils eine Serie von Aufgaben. Auf einem Computermonitor wurde je zunächst eine Zahl in symbolischer Darstellung präsentiert, welche anschließend am leeren Zahlenstrahl mit gegebenem Anfangs- und Endpunkt (0 und 100) angeordnet werden sollte. Nach jeder Anordnung berichteten die Kinder im unmittelbar retrospektiven LD, wie sie vorgegangen waren. Präsentiert wurden die Zahlen 40, 75, 90, 25, 10 und 50 (in dieser Reihenfolge). Die Studie umfasste 132 Aufgabenbearbeitungen. Der technikbedingte Datenverlust betrug 6,8% (9 Bearbeitungen), sodass 123 Aufgabenbearbeitungen analysiert wurden.

Die Blickbewegungen der Kinder wurden mit der ET-Brille Tobii Pro Glasses 2 (50 Hz) aufgezeichnet. Mit dieser von den Kindern als wenig störend empfundenen ET-Brille wurden zusätzlich Gesten und verbale Äußerungen aufgezeichnet und diese Daten mit den Blickbewegungen synchronisiert.

Analysegrundlage bildeten ET-Videos (Videos, in denen die Blicke als wandernder Punkt visualisiert sind). Diese wurden, ebenso wie die Äußerungen der Kinder im LD, zunächst transkribiert (s. Schindler, 2019; Schindler & Lilienthal, 2018) und, wie auch die Transkripte beim LD, mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2014) analysiert (s. Schindler, 2019).

## Ergebnisse

In der vorliegenden Untersuchung erwiesen sich das ET und das LD in 51,22% der Fälle (36,67% RSG; 65,08% KG) als gleich informativ: Die verbale Beschreibung der Kinder stimmte mit den Blickbewegungen überein; bspw. bei Sallys Anordnung der Zahl 75. Ihre Blickbewegungen (*Blick in die Mitte des Zahlenstrahls; Blick zurück zur präsentierten Zahl; Blick wieder in die Mitte; zwei Blicke je einen Schritt nach rechts; dann zum Ort der Anordnung*) und Äußerung („Hier ist ja die 50 (zeigt auf 50), dann kann man so 2 nach vorne hier (wandert schrittweise nach rechts) ungefähr. Hier ungefähr (zeigt auf 75) würde die dann sein“) glichen sich hinsichtlich der enthaltenen Informationen. In 7,32% der Aufgabenbearbeitungen (10% RSG; 4,76% KG) war das LD informativer als das ET: Die Informationen, die die beiden Methoden lieferten, standen in Einklang miteinander und das LD enthielt genauere oder weitergehende Informationen. In 19,51% der Fälle (30% RSG; 9,52% KG) enthielt das ET weitergehende oder genauere Informationen als das LD. Damit erwies sich das ET gerade für Kinder mit RS als tendenziell eher aufschlussreich als für Kinder ohne RS. Die durch das LD und ET erhaltenen Informationen waren jedoch in 21,95% (23,33% RSG; 20,64% KG) widersprüchlich. Abbildung 1 stellt ein Beispiel dar, in dem die Blickbewegungen aufzeigten, dass die Schülerin am Zahlenstrahl in Schritten bis 50 vorwärts zählte, während ihre Äußerung suggerierte, sie habe die 50 unmittelbar in der Mitte des Zahlenstrahls verortet.

Die Durchführung des Freeman-Halton-Tests zeigte signifikante Unterschiede ( $p < .01$ ) bezüglich der mit der jeweiligen Erhebungsmethode gewonnenen Erkenntnisse für die beiden Gruppen (RSG vs. KG) auf.

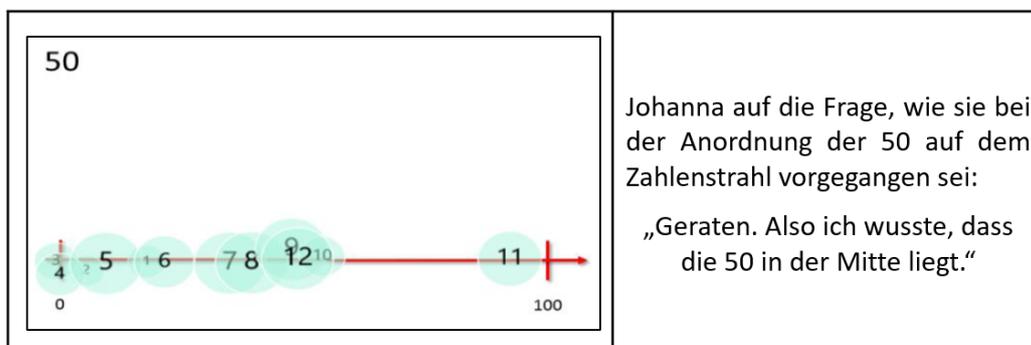


Abb. 1: Beispiel Blickbewegungen und Äußerung Johannas bei der 50

## Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass das ET gerade für Kinder mit RS tendenziell genauere Einblicke liefert als das LD. Die recht hohe Zahl an Widersprüchen zwischen den durch die beiden Methoden erhobenen Informationen wirft jedoch Fragen auf. Auf Seite des ET spielt hierbei vermutlich das periphere Sehen eine Rolle: Da das ET foveale Daten erfasst, wird eine Wahrnehmung mittels peripheren Sehens (z. B. eine Orientierung an bekannten Start- und Endpunkten) u. U. im ET nicht abgebildet. Darüber hinaus stellt sich die Frage nach der Anwendbarkeit der „Eye-Mind-Hypothese“ für Zahlenstrahlaufgaben. Studien, die aufgezeigt haben, dass die Analyse von Blickbewegungen verlässliche Informationen über Vorgehensweisen beim Lösen mathematischer Aufgaben liefert, beziehen sich vornehmlich auf Aufgaben, die maßgeblich eine Informationsaufnahme erfordern. Aufgaben zur Anordnung von Zahlen am Zahlenstrahl erfordern hingegen zusätzlich maßgeblich das Abrufen von mentalen Repräsentationen der Kinder zu Zahlen und Zahlbeziehungen, um die mentalen numerischen Informationen räumlich abbilden zu können (Sullivan et al., 2011). Weitergehende Forschung sollte die Widersprüche zwischen ET und LD genauer ergründen.

## Literatur

- Booth, J. L. & Siegler, R. S. (2008). Numerical magnitude representations influence math learning. *Child Development*, 79, 1016-1031.
- Ericsson, A. & Simon, H. A. (1980). Protocol analysis: Verbal aspects as data. *Psychological Review*, 87, 215-251.
- Konrad, K. (2010). Lautes Denken. In M. Günter & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 476-490). Wiesbaden: VS Verlag.
- Landerl, K., Vogel, S. & Kaufmann, L. (2017). *Dyskalkulie: Modelle, Diagnostik, Intervention*. München: Ernst Reinhardt.
- Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: Theoretical foundation, basic procedures and software solution*. Klagenfurt: Beltz.
- Schindler, M. (2019). Anzahlerfassung am digitalen Rechenrahmen und Hunderterfeld bei Kindern mit und ohne Rechenschwäche: Vergleich von Eye-Tracking und Lautem Denken. In *Beiträge zum Mathematikunterricht 2019*. Münster: WTM.
- Schindler, M. & Lilienthal, A.J. (2019). Domain-specific interpretation of eye-tracking data: Towards a refined use of the eye-mind hypothesis for the field of geometry. *Educational Studies in Mathematics*, 101, 123-139.
- Schindler, M. & Lilienthal, A.J. (2018). Eye-tracking for studying mathematical difficulties—also in inclusive settings. In *Proceedings of the 42nd Conference of the IG-PME* (Vol. 4, S. 115-122). Umeå, Schweden: PME.
- Sullivan, J. L., Juhasz, B. J., Slattery, T. J. & Barth, H. C. (2011). Adults' number-line estimation strategies: Evidence from eye movements. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18, 557-563.