

BRÄUER, Michelle
Halle (Saale)

Waage-Aufgaben in der frühen Algebra - Lautes Denken und Eye-Tracking zur Analyse von Bearbeitungsprozessen

Anbahnung frühen algebraischen Denkens mittels Waagemodell

Um den Umgang mit Unbekannten und deren Beziehungen (relationales Denken) im Zusammenhang mit einem umfassenden Verständnis von Gleichheit und Gleichheitszeichen als Vorläufer für das Lösen von Gleichungen anzubahnen und frühes algebraisches Denken in der Grundschule zu erforschen, greift man häufig auf das Waagemodell zurück. Dabei wird auf die Repräsentation von Äquivalenz abgezielt und angenommen, dass man der in der didaktischen Forschung zum Erlernen der Algebra vielfach belegten Schwierigkeit beim Übergang von einer operationalen zur relationalen Sicht auf Gleichheit bzw. Gleichheitszeichen dahingehend begegnet, dass durch die Idee des Waagemodells vorerst auf formale Symbolsprache verzichtet werden kann.

Darstellung der eigenen Studie

In einer der Hauptuntersuchung vorausgehenden ersten Pilotstudie wurde gezeigt, dass es Schüler:innen am Ende der Grundschule möglich ist, Gleichungen bzw. Gleichungssysteme in auf dem Waagemodell basierenden Aufgaben auf vielfältige Weise zu bearbeiten und dabei informelle algebraische Strategien zu nutzen (Bräuer, 2022). In der zweiten Pilotierungsphase zur Nutzung der entwickelten Web-App in Verbindung mit der Rekonstruktion bereits bekannter Vorgehensweisen wurde außerdem gezeigt, dass durch die Möglichkeit der eigenständigen Nutzung der Web-App weitere Bearbeitungswege ermöglicht werden können. Algebraische Strategien lassen sich dabei beispielsweise durch das gleichzeitige Entfernen mehrerer Elemente auf beiden Seiten der Waage unterstützen (Bräuer & Fritzlar, 2023). Die für die Datenanalyse neben den Transkripten genutzten Bildschirmaufzeichnungen konnten das Datenmaterial sinnvoll anreichern und erste Potenziale in Hinblick auf den Einsatz des Eye-Trackings (kurz ET) für die Datenanalyse aufzeigen.

In der Hauptstudie wurden demnach die Waage-Aufgaben in Form der selbst entwickelten Web-App den Viertklässler:innen in Einzelinterviews präsentiert und Möglichkeit zur digitalen Materialmanipulation geboten. Um die im Interview durch Lautes Denken gewonnenen Daten anzureichern, wenn Schüler:innen während der Bearbeitung aufgrund kognitiver Beanspruchung nicht alle Bearbeitungsschritte (detailreich) versprachlichen können, wurde eine bildschirmbasierte Eye-Tracking Technologie (Tobii Pro Nano; 60Hz)

In: P. Ebers, F. Rösken, B. Barzel, A. Büchter, F. Schacht & P. Scherer (Hrsg.),
Beiträge zum Mathematikunterricht 2024.

57. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik. WTM.
<https://doi.org/10.37626/GA9783959872782.0>

genutzt. Um die Vorgehensweisen der Schüler:innen analysieren zu können, werden einerseits die verschriftlichten verbale Daten (Transkripte) und Videos der Blickbewegungen aus der Tobii Pro Lab Software zur Analyse und Auswertung mit Qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz & Rädiker, 2022) herangezogen.

Methode des Lauten Denkens in Verbindung mit Eye-Tracking

Die Durchführung einer qualitativen Interviewstudie, wie auch in der dargelegten Studie, geht zumeist mit der Methode des Lauten Denkens einher, indem die Interviewten während bzw. unmittelbar nach der Aufgabebearbeitung Gedanken und Überlegungen verbalisieren, um Einblick in die kognitiven Prozesse für die spätere Analyse zu geben (Konrad, 2020). Da die Verbalisierung eben dieser Denk- und Handlungsprozessen im Interview insbesondere bei Kindern zumeist nicht vollumfänglich abgebildet werden kann, erscheint dies allerdings nicht ganz unproblematisch. Auch in Hinblick auf diese angesprochene Problematik hat sich in den letzten Jahren mathematikdidaktischer Forschung das ET ebenso etabliert. Auch wenn sich mittels ET insbesondere Bearbeitungsweisen verschiedenartiger mathematischer Aufgaben aufschlussreich rekonstruieren lassen, ist auch diese Methode allein mit Nachteilen und Grenzen verbunden, welche durch die Kombination mit anderen Methoden ausgeglichen werden sollten (Beitlich & Obersteiner, 2015 S. 92). So konnten Schindler & Lilienthal (2019) herausstellen, dass nicht davon ausgegangen werden sollte, dass Blickbewegungen bzw. Fixationen, wie häufig angenommen, zweifelsohne mit den stattfindenden kognitiven Verarbeitungsprozessen gleichzusetzen sind, da es sich um keine bijektive Zuordnung handle (S. 133). Auch vor diesem Hintergrund wird auf eine Methodentriangulation bspw. mit der Methode des Lauten Denkens in Interviews verwiesen (Schindler, 2021). Dabei wurden Bearbeitungsprozesse mit arithmetischem Schwerpunkt hinsichtlich des Aussagegehalts von Eye-Tracking-Aufzeichnungen sowie Schüler:innenaussagen im Sinne Lauten Denkens verglichen. Insbesondere für als leistungsschwächer eingeschätzte Schüler:innen und diejenigen mit sonderpädagogischem Förderbedarf oder Schwierigkeiten auf sprachlicher Ebene konnten mittels ET auch nicht verbalisierte Vorgehensweisen aus teilweise unbewusst stattfindenden Prozessen aufgezeigt werden. Außerdem ergab sich ein positiver Effekt auf die Bearbeitung an sich, da es die Kinder offenbar kognitiv entlastete (Schindler, 2021).

Nicht zuletzt aufgrund dieser Befunde wurde in der vorliegenden qualitativen Interviewstudie auf eine Ergänzung der Methode des Lauten Denkens während bzw. direkt nach der Bearbeitung durch ET gesetzt, um bei der Analyse von Bearbeitungsprozessen zum Umgang mit Unbekannten und deren

Relationen unter Nutzung des Waagemodells eine umfassendere Analyse der stattfindenden kognitiven Prozesse erreichen zu können.

Erste Ergebnisse

Dargestellt ist ein Transkriptausschnitt zur Bearbeitung einer Interviewaufgabe, welcher exemplarisch verdeutlichen soll, auf welche Informationen zur Rekonstruktion der Bearbeitungsweisen rein aus den verbalen Daten nach der Methode des Lauten Denkens zurückgegriffen werden kann:

S: (öffnet Materialseite, 13s, fügt leere Waage hinzu, 17s, fügt sechs gelbe Kreise unten rechts hinzu, 5s, fügt rotes Dreieck unten links hinzu, 33s, löscht vier gelbe Kreise unten rechts, ändert Position des Dreiecks auf Waagschale unten links, 18s)

I: Okay, kannst du mal erklären, was du gerade machst?

S: Also ich, hier oben sind sozusagen drei blaue können neun gelbe halten (Aufgaben-
seite, blickt auf Waage oben). Und wenn drei Dreiecke nur zwei blaue halten können,
vermute ich, dass ich hier (.) ja, wie soll ich das jetzt beschreiben? Zwei mal (.) ne.
(3s) Dass ich, sozusagen bei den gelben nur zwei machen muss (Materialseite, blickt
auf Kreise unten rechts), weil man, weil dann ansonsten (.) drei Vier-, äh Dreiecke
bräuchte?

Das Kind bearbeitet die Aufgabe innerhalb der Web-App hauptsächlich im Kopf (ca. 2 min). Eine verbale Beschreibung findet nur retrospektiv auf Nachfrage durch die Interviewerin statt. Dabei verbalisiert das Kind die Beziehungen zwischen den Unbekannten auf den vorgegebenen Waagen und kann die gesuchte Relation aus einem roten Dreieck zu zwei gelben Kreisen folgerichtig angeben. Das Kind kann sein Vorgehen dabei scheinbar nicht mehr (vollständig) nachvollziehen und/oder verbalisieren. Anhand der visuellen Daten des ET (Aufzeichnung Blickbewegungen und Fixationen) kann die längere Phase der reinen Bearbeitungszeit in der Analyse zusätzlich herangezogen werden.

Fazit

Anhand dieses Fallbeispiels konnte exemplarisch aufgezeigt werden, dass es die Kombination aus der durch die Methode des lauten Denkens gewonnenen Daten und daraus erstellten Transkripten einerseits sowie den Eye-Tracking Daten andererseits möglich macht, die Potenziale zur Rekonstruktion von Vorgehensweisen auch hinsichtlich intendierter Bearbeitungszugänge variierten Waage-Aufgaben zum Umgang mit Unbekannten und deren Beziehungen in einem mehrschrittigen Analyseprozess im Rahmen der durch die Interviewsituation gegebenen Bedingungen näher ausdifferenzieren zu können. So gibt es in Hinblick auf die gesamte Untersuchungsgruppe deutlich erkennbare Übereinstimmungen zwischen den verbal gewonnenen Daten und den Daten aus dem ET. Die mündlichen Beschreibungen der Kinder können demnach bestätigt und nicht zuletzt wie auch im Fallbeispiel häufig

erweitert werden.

Literatur

- Beitlich, J. T. & Obersteiner, A. (2015). Eye-Tracking as a method for identifying mathematical strategies. In K. Beswick, T. Muir, & J. Fielding-Wells (Hrsg.), *Proceedings of the 39th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (Vol. 1) Hobart, Australien: PME 39*, S. 89–93.
- Bräuer, M. & Fritzlar, T. (2023). How 4th-graders work on app-based balance scales tasks. In: M. Ayalon et al. (Hrsg.), *Proceedings of the 46th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (Vol. 1). University of Haifa, Israel: PME 46*, S. 365
- Bräuer, M. (2022). Dealing with multiple unknowns and their relationships using the balance scales model at primary school age. *Proceedings of the Twelfth Congress of the European Research in Mathematics Education (CERME12)*. ERME / Free University of Bozen-Bolzano, Italy. S. 473–480. Verfügbar unter: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03744596>
- Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (5. Auflage).
- Konrad, K. (2020). Lautes Denken. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*. Springer Reference Psychologie. Springer, Wiesbaden, S. 1–21. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18387-5_41-2
- Schindler, M. (2021). Eye-Tracking in der mathematikdidaktischen Forschung: Chancen und Herausforderungen. In K. Hein, C. Heil, S. Ruwisch & S. Prediger (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2021 vom GDM-Monat 2021 der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik (GDM)*. Münster: WTM Verlag für wissenschaftliche Texte und Medien. S. 21–28. <https://dx.doi.org/10.17877/DE290R-22326>
- 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, S. 123–139. <https://doi.org/10.1007/s10649-019-9878-z>