

Anzahlerfassung am digitalen Rechenrahmen und Hunderterfeld bei Kindern mit und ohne Rechenschwäche: Vergleich von Eye-Tracking und Lautem Denken

Zusammenfassung. Eye-Tracking (ET), die Erfassung und Aufzeichnung von Blickbewegungen, bietet potenziell große Vorteile für die Diagnostik von Vorgehensweisen von Lernenden. Im vorliegenden Beitrag wird eine vergleichende Analyse des diagnostischen Potenzials von ET und Lautem Denken (LD) dargestellt. Dazu wurden Vorgehensweisen von Kindern mit und ohne Rechenschwäche am digitalen Hunderterfeld und Hunderterrechenrahmen empirisch untersucht. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass das ET z.T. detailliertere Einblicke ermöglicht als das LD und dass die Äußerungen der Kinder im LD teilweise nicht ihren ursprünglichen Vorgehensweisen entsprechen. Jedoch kann die diagnostische Aussagekraft des LD – u.a. durch Förderung der Kinder – teilweise erhöht werden.

1. Eye-Tracking

Das videobasierte ET wird bereits seit mehreren Jahrzehnten genutzt – z.B. in der psychologischen und Leseforschung. In den letzten Jahren wird es auch in der mathematikdidaktischen Forschung zunehmend populärer. ET wird in verschiedenen mathematischen Inhaltsbereichen (z.B. Geometrie und Algebra) angewendet. Zudem gibt es erste systematische Untersuchungen, die die Möglichkeiten und Grenzen der Methode in den Blick nehmen (Schindler & Lilienthal, 2017, 2018, 2019). Dabei zeigt sich, dass ET – neben traditionellen diagnostischen Methoden wie Tests, Beobachtungen, diagnostischen Interviews und LD – neue Erkenntnisse und Perspektiven ermöglicht. Vorteile des ETs liegen u.a. darin, dass es einen Verbalisierungsschritt vermeidet: So sind beim ET keine meta-kognitiven Fähigkeiten erforderlich, die Kinder etwa beim LD benötigen, um ihre eigenen Vorgehensweisen berichten zu können. Zudem bietet ET einen zeitlich unmittelbaren Zugriff auf die Vorgehensweisen von Kindern, ohne dass – wie bspw. im LD – eine zeitliche Verzögerung entsteht.

2. Lautes Denken

Die qualitative Forschungsmethode des LD (vgl. Ericsson & Simon, 1980) ist eine in der Mathematikdidaktik weit verbreitete Methode, die Einblicke in die Vorgehensweisen und Gedankengänge von Lernenden ermöglicht. Es kann zwischen begleitendem und nachträglichem LD unterschieden werden (ebd.): Beim begleitenden LD werden Lernende darum gebeten, ihre

Vorgehensweisen zu beschreiben, *während* sie Aufgaben lösen; beim nachträglichen LD erfolgt die Verbalisierung nach dem Lösen der Aufgabe. Das begleitende LD hat den potenziellen Nachteil, dass ein großer cognitive load die Vorgehensweisen von Lernenden beeinflussen kann (ebd.), da gleichzeitig Aufgaben gelöst, dies meta-kognitiv überwacht und verbal beschreiben wird. Das nachträgliche LD umgeht diese Schwierigkeit, sodass die Aufgabenbearbeitung an sich ungestört bleibt. Trotzdem können auch hier Schwierigkeiten in der Meta-Kognition, Gedächtnis- oder Verbalisierungsschwierigkeiten die Aussagekraft potenziell einschränken.

3. Strukturierte Anzahlerfassung

Für die Ausbildung von Zahl- und Operationsvorstellungen werden im Mathematikunterricht häufig strukturierte Arbeitsmittel eingesetzt. Zwei der meist genutzten Arbeitsmittel, mit denen der Zahlenraum 100 erarbeitet wird, sind der Rechenrahmen und das Hunderterfeld (Gaidoschik, 2015). Diese Arbeitsmittel veranschaulichen das dekadische Zahlssystem und ermöglichen es Lernenden, Strukturen, wie die 10er und 50er Struktur, zu erkennen. In Förderprogrammen wird angestrebt, dass Kinder eine mentale Repräsentation solcher Arbeitsmittel aufbauen, um sich vom zählenden Rechnen zu lösen (vgl. Wartha & Schulz, 2017).

4. Studie

In der vorliegenden explorativen Studie wird folgender Forschungsfrage nachgegangen: *Bietet das ET gegenüber dem LD bei der Anzahlerfassung am Hunderterfeld und Hunderterrechenrahmen einen diagnostischen Mehrwert?* In einer Studie wurden 22 Kinder gegen Ende der 5. Jahrgangsstufe einer Gesamtschule in NRW untersucht. Elf der Kinder waren im Vorfeld in diagnostischen Interviews (in Anlehnung an Wartha & Schulz, 2017) als rechenschwach identifiziert worden und hatten über den Zeitraum eines Schuljahres eine entsprechende Förderung erhalten, in welcher u.a. der Hunderterrechenrahmen, nicht jedoch das Hunderterfeld genutzt wurde.

In der Studie wurden die Vorgehensweisen der Kinder in Einzelinterviews untersucht. Die Kinder sollten bei jeder Aufgabe zunächst die auf einem Computermonitor dargestellte Anzahl bestimmen. Dabei wurden die Blickbewegungen aufgezeichnet. Direkt nach jeder Anzahlbestimmung berichteten die Kinder im LD, wie sie vorgegangen waren. Hierbei wurden Audio und Gesten aufgezeichnet. Am Rechenrahmen bestimmten die Kinder die Anzahlen 25, 52 und 96; am Hunderterfeld 22, 54 und 98 – beides in randomisierter Reihenfolge. Somit umfasst diese Studie 132 Aufgabenbearbeitungen. Der technikbedingte Datenverlust betrug 4,5% (6 Bearbeitungen), sodass 126 Aufgabenbearbeitungen analysiert wurden.

Die Blickbewegungen wurden durch den Eye-Tracker Tobii Pro Glasses 2 aufgezeichnet. Es wurde eine ET Brille verwendet, um Gesten und verbale Äußerungen aufzeichnen und die Daten mit den Blickbewegungen synchronisieren zu können. Die Kinder empfanden die Brille nicht als störend.

Es wurden Eye-Tracking Videos (Videos, in denen die Blicke als wandernder Punkt visualisiert sind) ausgewertet. Diese wurden, ebenso wie die Äußerungen der Kinder im LD, zunächst transkribiert (s. Schindler & Lilienthal, 2018, 2019). Die Datenanalyse der Blickbewegungen erfolgte, wie auch beim LD, mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2014).

5. Ergebnisse

In der vorliegenden Untersuchung erwiesen sich das LD und das ET in knapp 10 Prozent der Aufgabenbearbeitungen als ähnlich aufschlussreich: Die verbale Beschreibung der Kinder stimmte mit den Blickbewegungen überein. Eine Schülerin beschrieb z.B. bei der Bestimmung von 96 am Rechenrahmen: „Also hier hab ich gesehen, dass das hier (*zeigt mit zwei Fingern von der 1 zur 41*) 50 sind, weil wenn das hier weiß anfängt, also hier (*zeigt von der 53 runter zur 93*) weiß anfängt, dann sind da schon die anderen, also die – die 60, 70, 80 und 90 und danach hab ich halt so, also dann hab ich die noch dazugezählt 50 plus 40 gleich 90 und danach hab ich noch hier 6 gesehen, also hier 5 (*zeigt von der 91 zur 95*) und danach noch ein Roter und dann waren das sechs- äh vierz- äh neunzig plus 6 gleich 96.“

In knapp 40 Prozent der Aufgabenbearbeitungen hatte das LD gegenüber dem ET geringe Nachteile, die durch Nachfrage u.U. behoben werden konnten bzw. könnten. Dabei haben die Kinder z.B. nicht erklärt, ob sie Einer abgezählt oder strukturiert erfasst haben (bspw. bei 6).

In gut 20 Prozent der Fälle war das LD gegenüber dem ET in erheblichem Maße ungenauer. Die Kinder beschrieben dann – z.T. auch auf wiederholte Nachfrage – ihre Vorgehensweisen nur unpräzise oder vage, sodass teilweise nicht ersichtlich wurde, wie sie vorgegangen waren.

Bei gut 30 Prozent der Aufgabenbearbeitungen gaben die Kinder im LD Vorgehensweisen an, die sie laut ET ursprünglich nicht durchgeführt hatten; bspw. Simon, der bei 98 am Hunderterfeld kurz auf die zwei fehlenden Punkte fokussierte und schnell antwortete „98“. Im LD erklärte er dann aber, er habe $25 + 25 + 25 + 23$ gerechnet. In diesen Fällen geben die Kinder vermutlich Vorgehensweisen an, die sie erst im Nachhinein, beim LD konstruieren und die ursprünglich nicht ausschlaggebend für ihre Aufgabenlösung waren. Mögliche Gründe können z.B. in von Kindern angenommenen Erwartungen (soziale Erwünschtheit), Unsicherheiten, Ängsten oder metakognitiven und/oder sprachlichen Schwierigkeiten liegen.

6. Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie deuten darauf hin, dass das ET bei der Anzahlerfassung am digitalen Rechenrahmen und Hunderterfeld in vielen Fällen genauere Einblicke liefert als das LD. In Fällen, in denen das LD erheblich ungenauer ist, müsste durch weitere Forschung überprüft werden, ob bspw. durch Zeigegesten und durch gezieltere Nachfragen durch Interviewende genauere Beschreibungen seitens der Kinder erfolgen (können). In Fällen, in denen die Kinder im LD andere Vorgehensweisen beschreiben als ihre Blickbewegungen in der Aufgabenbearbeitung nahelegen, scheint das ET große Chancen zu bieten. Weitere Forschung sollte – bspw. durch den Einsatz von Stimulated Recall Interviews unter Verwendung von ET Videos (vgl. hierzu Schindler & Lilienthal, 2019) – solche Fälle von asynchronen Erkenntnissen genauer untersuchen und ergründen.

Die Ergebnisse der Studie deuten zudem darauf hin, dass es Kindern, die zuvor an Förderunterricht unter Verwendung des Rechenrahmens teilgenommen haben, leichter fällt, ihre Vorgehensweisen am Rechenrahmen zu beschreiben als Kindern ohne eine solche Förderung. Über das Üben des Erkennens und Beschreibens von Strukturen am Rechenrahmen wurde neben dem Aufbau geeigneten Vokabulars das konzeptuelle Verständnis der mathematischen Strukturen gefördert. Hierdurch scheinen die Kinder u.a. ihre Vorgehensweisen meta-kognitiv besser nachvollziehen können.

7. Literatur

- Ericsson, A. & Simon, H. A. (1980). Protocol analysis: Verbal aspects as data. *Psychological Review*, 87(3), 215–251.
- Gaidoschik, M. (2015). Einige Fragen zur Didaktik der Erarbeitung des „Hunderterraums“. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 36(1), 163–190.
- Mayring, P. (2014). Qualitative content analysis: Theoretical foundation, basic procedures and software solution. Klagenfurt: Beltz.
- Schindler, M. & Lilienthal, A.J. (im Druck). 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*.
- Schindler, M. & Lilienthal, A.J. (2018). Eye-tracking for studying mathematical difficulties—also in inclusive settings. In E. Bergqvist, M. Österholm, C. Granberg, & L. Sumpter (Hrsg.), *Proceedings of the 42nd Conference of the IGPME* (Vol. 4, S. 115–122). Umeå, Schweden: PME.
- Schindler, M., & Lilienthal, A.J. (2017). Eye-tracking and its domain-specific interpretation. A stimulated recall study on eye movements in geometrical tasks. In B. Kaur, W.K. Ho, T.L. Toh, & B.H. Choy (Hrsg.), *Proceedings of the 41st Conference of the IGPME* (Vol. 4, S. 153–160). Singapur: PME.
- Wartha, S., & Schulz, A. (2017). *Rechenproblemen vorbeugen. Grundvorstellungen aufbauen. Zahlen und Rechnen bis 100*. Berlin: Cornelsen.