

Aileen STEFFEN, Osnabrück, Aylin THOMANECK, Bremen,
Meike GRÜßING, Vechta & Maike VOLLSTEDT, Bremen

Eye-Tracking und Verbalprotokolle zur Analyse von Vorgehensweisen bei Aufgaben zur mentalen Rotation

In der Vergangenheit erfolgten vielfältige Untersuchungen zu Bearbeitungsstrategien bei mentalen Rotationsaufgaben. In unterschiedlichen Studien werden verschiedene Prozesse und Strategien nahegelegt (Cooper & Shepard, 1973; Just & Carpenter, 1976; Yuille & Steiger, 1982), die klassischerweise in holistische und analytische Strategien unterschieden werden. Als holistisch wird die ganzheitliche Verarbeitung des Stimulus verstanden, während bei der analytischen Strategie schrittweise einzelne Merkmale rotiert werden (Patkin et al., 2019). In der aktuellen Literatur finden sich jedoch Verweise darauf, dass die Bearbeitungsstrategien insbesondere bei Kindern im Elementar- und Primarbereich noch nicht vollständig untersucht sind. Die generelle Top-down-Auswertung holistischer und analytischer Strategien wird dabei in Frage gestellt (Saunders & Quaiser-Pohl, 2020). Auch der Einfluss des Stimulusmaterials, z. B. in Bezug auf Komplexität und Vertrautheit auf die verwendeten Strategien gilt als bislang noch nicht hinreichend geklärt (Pellkofer, 2016).

Vorliegende Befunde zu Prozessen und Strategien bei der Bearbeitung von Aufgaben zur mentalen Rotation stützen sich zum einen auf die Analyse verbaler Daten, zum anderen liegen jedoch auch Daten aus der Analyse von Blickbewegungen vor. Strohmaier et al. (2020) ordnen in ihrem systematischen Literaturreview zur Methode des Eye-Tracking fünf Studien mit explizit mathematikdidaktischem Bezug dem Bereich der mentalen Rotation zu. Diese Studien beziehen sich jedoch im Wesentlichen auf ältere Schüler*innen und vor allem auf Erwachsene. Die Erkenntnisse zur Bearbeitung von Aufgaben zur mentalen Rotation durch Kinder im Elementar- und Primarbereich werden bisher kaum durch Eye-Tracking-Daten gestützt. Das Potenzial von Eye-Tracking als Erhebungsmethode bei jüngeren Kindern wird jedoch in der Studie von Sprenger (2021) zur strukturierenden Mengenwahrnehmung und zur strukturnutzenden Anzahlbestimmung deutlich.

Daraus ergibt sich als Ziel dieses Beitrags, Potenziale von Eye-Tracking und Verbalprotokollen bei der Bestimmung von Vorgehensweisen während der Bearbeitung von mentalen Rotationsaufgaben bei Kindern im Elementar- und Primarbereich näher zu untersuchen.

Design und Methoden

Für die Machbarkeitsstudie wurden zunächst nur wenige Kinder ausgewählt: Jan (5), Lea (7) und Mia (8). Den Kindern wurden Aufgaben, die in fakto-renanalytischen Studien mentalen Rotationsaufgaben zugeordnet wurden (Linn & Petersen, 1985), an einem 24"-Bildschirm präsentiert. In dem hier fokussierten Teil der Studie wurde dabei jeweils auf der linken Seite ein Objekt präsentiert und auf der rechten Seite das entsprechend in 60°-Schritten rotierte Objekt. Jedes Objekt wurde dreimal hintereinander gezeigt, wobei zweimal ein gespiegeltes und rotiertes Objekt (Distraktoren) und einmal ein ausschließlich rotiertes Objekt (Attraktor) gezeigt wurde. Die Reihenfolge von Attraktor und Distraktoren sowie die Drehwinkel wurden systematisch variiert. Unter Berücksichtigung der Merkmale Vertrautheit und Komplexität wurden drei verschiedene Arten von Objekten eingesetzt.

Zunächst wurden die Kinder anhand ausgeschnittener Objekte einer anderen Art (Obst), die sie haptisch drehen konnten, mit der Aufgabenstellung vertraut gemacht. Anschließend bearbeiteten sie mentale Rotationsaufgaben am Bildschirm. Bei jeder Aufgabe sollten die Kinder zunächst entscheiden, ob es sich um ein ausschließlich rotiertes Objekt handelt und im Anschluss die Entscheidung begründen.

Während der Aufgabenbearbeitung trugen die Kinder eine Eye-Tracking Brille (Tobii Glasses 2, 50 Hz, Abstand zum Bildschirm: ca. 60 cm). Diese zeichnet zusätzlich zu den Blickbewegungen mithilfe der Szenenkamera Gesten und durch das eingebaute Mikrofon auch alle Äußerungen während der Bearbeitung sowie die anschließende Begründung auf. Zudem ermöglicht dieses mobile System, dass Kopfbewegungen, wie z. B. das zur Seite Kippen des Kopfes, erkannt werden können.

Die Datenauswertung umfasst bislang die Transkription der verbalen Äußerungen während der Aufgaben sowie in den anschließenden Begründungssituationen (Verbalprotokolle) und die Erstellung von Gaze Plots und Heat Maps der Blickbewegungen. Hierbei wurden die unterschiedlichen Phasen der Bearbeitung (bis zur geäußerten Entscheidung vs. anschließende Erklärung) getrennt betrachtet, um mögliche Unterschiede sichtbar zu machen.

Ergebnisse

Die Heat Maps und Gaze Plots der Bearbeitungsphase zeigen unterschiedliche Vorgehensweisen der Kinder in den visualisierten Blickbewegungen. Diese lassen sich etwa anhand der Gaze Plots (Abb. 1) von Mia (links) und Lea (rechts) der Bearbeitung des zweiten Items der Serie *Fadentier* illustrieren. Aus der direkt vorhergehenden Bearbeitung des 1. Items der Serie ist das Original (links) bereits bekannt. Mias Gaze Plot zeigt, dass sie zum einen

auf den Kopf und zum anderen auf das saliente Merkmal, das Tier am Faden, des ansonsten symmetrischen Originals, fokussiert. Diese scheint sie sowohl untereinander in Beziehung zu setzen, als auch mit den entsprechenden Stellen der Rotation. Leas Gaze Plot zeigt, dass sie das Original nur mit wenigen Blicken erfasst, dabei nicht auf das saliente Merkmal schaut und bei der Rotation auf der rechten Seite insbesondere die Region des Kopfes und den Bereich erfasst, an dem sich das saliente Merkmal (Fadentier), bei einem ausschließlich gedrehten Objekt, befinden müsste.

Die Verbalprotokolle stützen diese identifizierten Vorgehensweisen. Bei der vergleichenden Analyse der Verbalprotokolle und ET-Daten wird jedoch deutlich, dass die Kinder ihre Vorgehensweise eher allgemein beschreiben und die ET-Daten detailliertere Informationen zu den einzelnen Bearbeitungsschritten enthalten. Weiterhin stimmt die beschriebene Vorgehensweise nicht immer mit den aus den Blickbewegungen rekonstruierten Vorgehensweisen überein. So zeigen die Gaze Plots von Mia zum Item *Stachel-tier* (Abb. 2) widersprüchliche Informationen. Der rechte Gaze Plot umfasst die Blickbewegungen während der nachträglich berichteten Vorgehensweise. Sie sagt währenddessen: „Weil hier die Stacheln und der Schwanz auf der anderen Seite sind.“ Die Analyse des linken Gaze Plot (Blickbewegungen während der Bearbeitungsphase) zeigt hingegen, dass sie die Stacheln und den Schwanz kaum (Original) bzw. gar nicht (Rotation) fixiert hat.



Abb. 1: Gaze Plots Bearbeitung 2. Item *Fadentier*: Mia (links) und Lea (rechts)

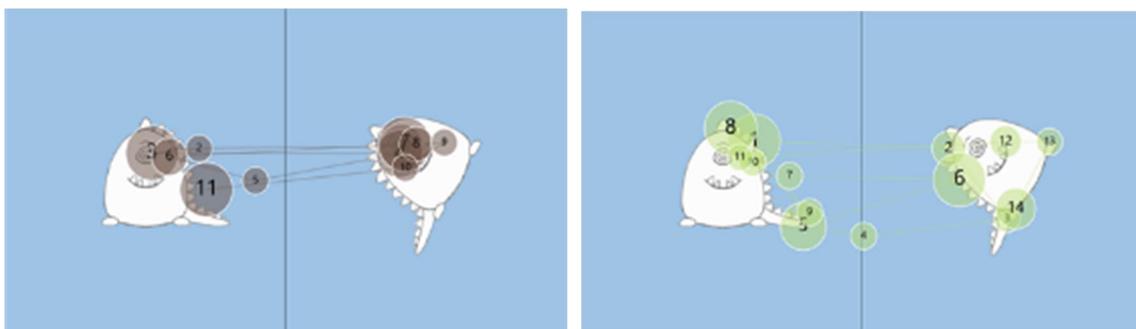


Abb. 2: Gaze Plots 2. Item *Stachel-tier* Mia: Bearbeitung (links) vs. berichtete Vorgehensweise (rechts)

Diskussion und Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass ET und Verbalprotokolle zur Analyse der Vorgehensweise bei Aufgaben zur mentalen Rotation beitragen können, da insbesondere die ET-Daten detaillierte Informationen zu verschiedenen Vorgehensweisen liefern. Die Verbalprotokolle können oftmals als Verifizierung der Analyse genutzt werden, allerdings muss dabei beachtet werden, dass die beiden Datenquellen auch widersprüchliche Informationen aufweisen. Ein möglicher Erklärungsansatz hierfür ist, dass die Kinder ihre eigentliche Vorgehensweise nicht verbalisieren können und dann auf ein ihnen bekanntes Erklärungsmuster zurückgreifen, das plausibel ist, aber keine Informationen über die eigentlich verwendete Vorgehensweise liefert. Daher bietet die Nutzung von ET in diesem Bereich und dieser Altersstufe ein großes Potenzial für die Analyse der Vorgehensweisen beim mentalen Rotieren.

Literatur

- Cooper, L. A. & Shepard, R. N. (1973). Chronometric studies of the rotation of mental images. In W. G. Chase (Ed.), *Visual information processing* (S. 75–176). Academic Press.
- Just, M. A. & Carpenter, P. A. (1976). Eye fixations and cognitive processes. *Cognitive Psychology*, 8(4), 441–480.
- Linn, M. C. & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 56(6), 1479–1498.
- Patkin, D., Shriki, A. & Barkai, R. (2019). Strategies Applied by Pre-service Elementary School Mathematics Teachers for Coping with Tasks that Require a Mental Rotation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 1563–1584.
- Pellkofer, J. (2016). *Mentale Rotation von Polygonen: Hemisphärenlateralisierung und Geschlechtsunterschiede*. Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.
<https://docserv.uni-duesseldorf.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-41107/A1-b%20Diss%20Julia%20Pellkofer.pdf>
- Saunders, M. & Quaiser-Pohl, C. M. (2021). Identifying solution strategies in a mental-rotation test with gender-stereotyped objects by analyzing gaze patterns. *Journal of Eye Movement Research*, 13(6), 1–13.
- Sprenger, P. (2021). *Prozesse bei der strukturierenden Mengenwahrnehmung und strukturnutzenden Anzahlbestimmung von Kindern im Elementarbereich – Eine Eye-Tracking-Studie*. Springer Spektrum.
- Strohmaier, A. R., MacKay, K. J., Obersteiner, A. & Reiss, K. M. (2020). Eye-tracking methodology in mathematics education research: A systematic literature review. *Educational Studies in Mathematics*, 104(2), 147–200.
- Yuille, J. C. & Steiger, J. H. (1982). Nonholistic processing in mental rotation: Some suggestive evidence. *Perception & Psychophysics*, 31(3), 201–209.