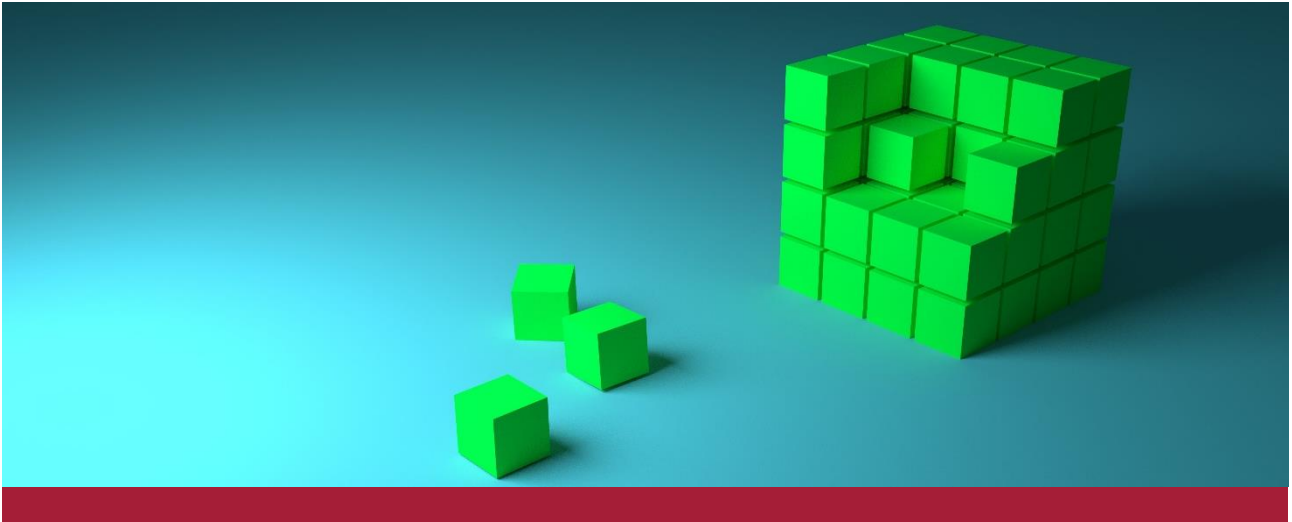




Hector-Institut für Empirische Bildungsforschung



Franziska Rebholz, Verena Fiebig & Jessika Golle

Räumliches Denken – was ist das und wie lässt es sich messen?

Ergebnisse einer Studie zur Erfassung räumlichen Vorstellungsvermögens bei Grundschulkindern

Vorwort

Egal, ob eine Karte gelesen, ein Zimmer umgeräumt oder ein Kofferraum beladen werden soll – für all diese und viele andere Herausforderungen im Alltag wird gutes räumliches Denken benötigt. Ergebnisse aus internationalen Studien deuten sogar darauf hin, dass gutes räumliches Denken Erfolg in naturwissenschaftlichen Disziplinen vorhersagt.

Was aber ist räumliches Denken überhaupt? Unter räumlichem Denken werden alle Fähigkeiten zusammengefasst, die zur mentalen Veränderung und Lagebestimmung von räumlichen Objekten benötigt werden (vgl. Newcombe & Shipley, 2015; Verdine, Golinkoff, Hirsh-Pasek, & Newcombe, 2017). Damit ist räumliches Denken ein wesentlicher Baustein der intellektuellen Fähigkeiten, der sich klar von allgemeiner Intelligenz – der Fähigkeit neue Probleme jedes Kontexts erfolgreich lösen zu können – abgrenzen lässt (vgl. Hegarty & Waller, 2005).

Wie entwickelt sich räumliches Denken in der Grundschulzeit? Können Grundschul Kinder bereits komplexe Aufgaben zum räumlichen Denken lösen? Und wenn ja, wie lösen Dritt- und Viertklässler solche Aufgaben, welche Lösungsstrategien werden bei der Bearbeitung der Aufgaben genutzt? Ist das Verwenden einer bestimmten Lösungsstrategie, wie beispielsweise das Analysieren der Objekte, vorteilhaft? All diesen Fragen haben wir uns in der Studie „Räumliches Denken – was ist das und wie kann man es messen?“ gewidmet.

Dazu haben wir im Frühjahr 2017 an 24 Grundschulen in Baden-Württemberg insgesamt 78 Klassen und damit 1048 Dritt- und Viertklässler befragen können. Durch diese überaus hohe Beteiligung an der Studie ist es uns nun möglich, einen nennenswerten Beitrag zur Beantwortung der Frage nach der Messbarkeit räumlichen Denkens und verwendeter Lösungsstrategien speziell bei Grundschulkindern zu leisten. Basierend auf diesen Ergebnissen können wir künftig sogar Überlegungen dazu anstellen, wie die Förderung räumlichen Denkens bei Grundschulkindern aussehen und damit deren Erfolg in naturwissenschaftlichen Disziplinen verbessern könnte.

Allen Kindern danken wir ganz herzlich für das Beantworten der kniffligen Fragen und deren Eltern für ihr Einverständnis zur Teilnahme und damit der Unterstützung der Studie. Ein besonderer Dank gilt allen Lehrkräften, die die Erhebungen in ihren Unterricht eingebettet und uns in unserer Forschung vertrauensvoll bekräftigt haben. Allen Rektorinnen und Rektoren sowie Geschäftsführerinnen und Geschäftsführern der Hector Kinderakademien danken wir vielmals, dass sie unsere Anfrage an interessierte Lehrkräfte weitergetragen und uns bei allen organisatorischen Herausforderungen – die empirische Studien in hohem Maß mit sich bringen – unterstützt haben.

Dankeschön!

Tübingen im Juli 2018

Dr. Franziska Rebholz, Verena Fiebig und Prof. Dr. Jessika Golle

Räumliches Denken – wie lässt es sich messen?

Außerhalb normaler Geometrieaufgaben aus dem Mathematik-Unterricht ist es schwierig geeignete Tests zu finden, die das räumliche Denken von Grundschulkindern erfassen. In der vorliegenden Studie haben wir daher etablierte Tests zur Erfassung räumlichen Denkens bei Jugendlichen und Erwachsenen entwicklungsgerecht angepasst und eingesetzt. Können Grundschul Kinder diese Aufgaben jedoch überhaupt lösen? Basierend auf den Ergebnissen einer kleinen Pilotstudie im Sommer 2016 wurden für diese Studie zum räumlichen Denken zwei verschiedene Tests ausgewählt. Im ersten Test ging es um das Falten von Papieren. Konkret wurden die Kinder aufgefordert, sich das Falten eines Papiers nach bestimmten Regeln vorzustellen und zu überlegen, wo sich nach dem Auffalten gekennzeichnete Löcher befinden müssen (aus Heller & Perleth, 2000). Im zweiten Test wurden den Kindern zwei Würfelbauten präsentiert, über deren (Un-)Gleichheit entschieden werden musste (basierend auf Peters et al., 1995; Vandenberg & Kuse, 1978).

Wie gut konnten die Kinder die eingesetzten Aufgaben zum räumlichen Denken lösen?

Sowohl die Dritt- als auch die Viertklässler konnten die Aufgaben zum Papierfalten und Würfelrotieren gut lösen. Im Mittel konnten die Kinder rund neun (*Mittelwert* 9,17; *Standardabweichung* 3,26) der 15 Papierfaltaufgaben und rund 16 (*Mittelwert* 16,17; *Standardabweichung* 3,07) der 24 Würfelrotationsaufgaben lösen. In den Abbildungen 1 und 2 sind die Verteilungen der Summe richtig gelöster Aufgaben für die beiden verschiedenen Aufgabentypen abgebildet. Aus diesen sogenannten Histogrammen lässt sich ablesen, dass die Kinder sowohl für die Papierfalt- als auch für die Würfelrotations-Aufgaben unterschiedliche Leistungen zeigen. Die Papierfalt-Aufgaben scheinen den Kindern dabei ein wenig leichter zu fallen (viele hohe Balken rechts) als die Würfelrotations-Aufgaben (viele hohe Balken mittig).

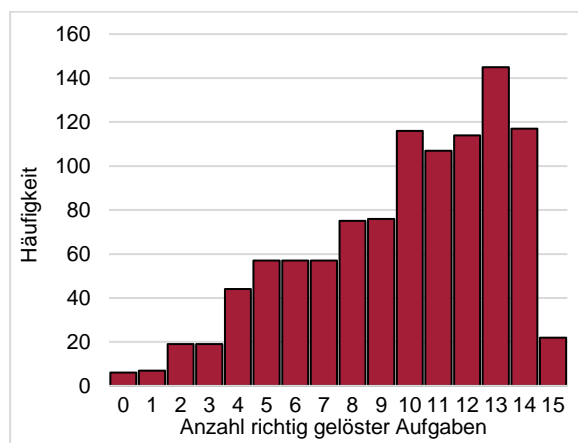


Abb. 1: Verteilung der Summe richtig gelöster Aufgaben (Papierfalten)

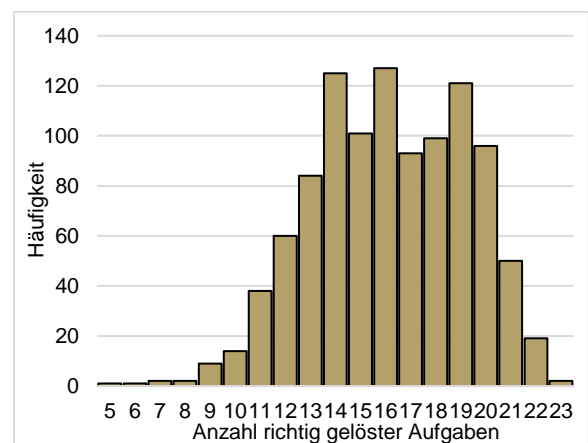


Abb. 2: Verteilung der Summe richtig gelöster Aufgaben (Würfelrotieren)

Räumliches Denken – wie werden die Aufgaben gelöst?

Zum Lösen von Aufgaben, die räumliches Denken erfordern, werden verschiedene Lösungsstrategien genutzt (z. B. Geiser, Lehmann, & Eid, 2006). Dabei werden holistische und analytische Lösungsstrategien voneinander unterschieden. Wird zur Lösung der Aufgabe eine holistische Strategie genutzt, so wird das Objekt in Gedanken rotiert oder die eigene Person mental um das Objekt herumbewegt. Wird hingegen eine analytische Strategie genutzt, werden spezifische Charakteristika des Objekts verglichen und analysiert (vgl. Hegarty, 2010; Plath, 2014; Schultz, 1991; für Beispiele siehe Tabelle 1). Ergebnisse aus anderen Studien deuten dabei darauf hin, dass die Verwendung einer holistischen Strategie positiv mit dem Lösen einer räumlichen Aufgabe zusammenhängen (z. B. Cochran & Wheatley, 1989). Die flexible Wahl einer der beiden Strategien scheint dabei ebenfalls ausschlaggebend für die erfolgreiche Bearbeitung der Aufgaben zu sein (Hegarty, 2010). Ausgehend von diesen Erkenntnissen stellt sich also die Frage, ob bereits Grundschulkinder unterschiedliche Lösungsstrategien bewusst reflektieren und damit berichten (können). Ist die Verwendung der Lösungsstrategie individuell unterschiedlich oder vom Aufgabentyp abhängig?

Die Erfassung der Lösungsstrategie im Rahmen der Studie

Um die Strategie zur Lösung der Papierfalt- und Würfelrotations-Aufgaben der Grundschulkinder erfassen zu können, haben wir die Kinder nach jeder Aufgabe gebeten anzukreuzen, wie die Aufgabe gelöst wurde. Im Folgenden sind Beispielantworten aus den Antwortmöglichkeiten zusammengefasst:

Aufgabentyp	Holistische Strategie	Analytische Strategie
Papierfalten	Ich habe mir im Kopf vorgestellt, wie ich das Blatt falte, die Löcher rein mache und es wieder auffalte.	Ich habe die Löcher gezählt.
Würfelrotieren	Ich habe eine oder beide Figuren im Kopf gedreht.	Ich habe die Würfel gezählt und die Anzahl verglichen.

Tabelle 1: Beispielantworten aus den Antwortmöglichkeiten zur Strategie

Neben diesen Beispielantworten konnten die Kinder zwischen acht (Papierfalten) und sieben (Würfelrotieren) verschiedenen Antwortmöglichkeiten auswählen. Alle Antwortmöglichkeiten

basierten auf bereits etablierten Strategiefragebögen (Hegarty, 2010; Nazareth, 2015; Plath, 2014) sowie Erkenntnissen zur Wortwahl der Grundschul Kinder aus der Pilotierungsstudie.

Holistisch oder analytisch – welche Strategie wählen die Grundschul Kinder?

Unabhängig davon, ob die Teilaufgabe richtig gelöst wurde oder nicht, geben die Kinder überwiegend die Verwendung einer holistischen Strategie für die Lösung der Teilaufgaben an. Für die Würfelrotations-Aufgaben berichten im Mittel 73,6 % der Kinder die Verwendung einer holistischen Lösungsstrategie (siehe Abbildung 3). Nur 38,9 % der Kinder berichten eine analytische Strategie verwendet zu haben. Über alle Aufgaben hinweg geben 11,9 % der Kinder an, beide Strategien verwendet zu haben. Insgesamt scheinen für diesen Aufgabentyp die Grundschul Kinder eher die Objekte mental zu bewegen als Objekteigenschaften zu analysieren. Für die Papierfalt-Aufgaben ergibt sich kein ganz eindeutiges Bild (siehe Abbildung 4): 66,2 % geben die Verwendung einer holistischen und 47,6 % einer analytischen Strategie an. Für diese Aufgaben geben 14,8 % die Verwendung beider Strategien an.

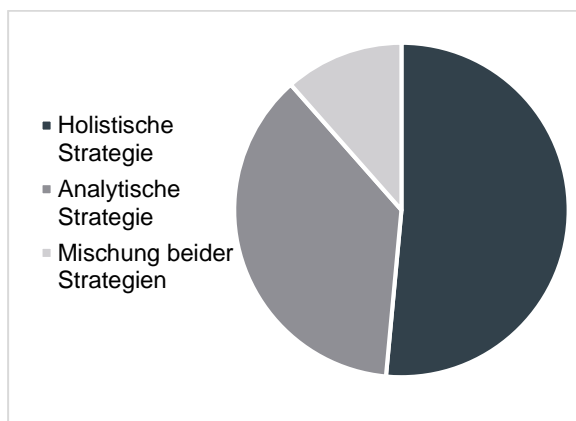


Abb 3: Angaben zur Lösungsstrategie (Papierfalten)

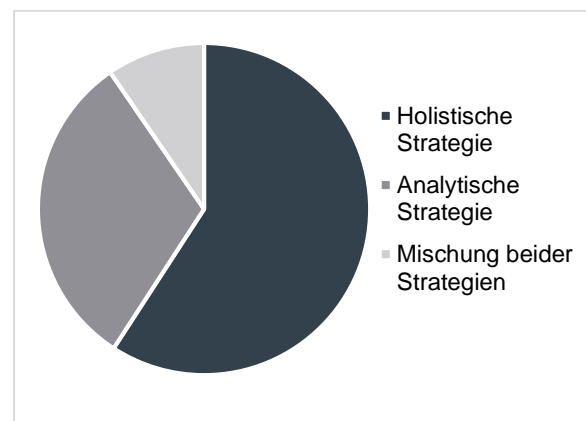


Abb. 4: Verteilung der Summe richtig gelöster Aufgaben (Würfelrotieren)

Kinder, die eine holistische Lösungsstrategie wählen, lösen im Schnitt signifikant mehr Aufgaben (zwei bei Papierfalten bzw. fünf bei Würfelrotieren) als Kinder, die eine analytische Lösungsstrategie verwenden.

Ausblick

Zusammenfassend lässt sich aus unseren Ergebnissen ableiten, dass Kinder bereits in der Grundschule Unterschiede im räumlichen Denken zeigen (vgl. Abb. 1 & 2). Einerseits scheint es Kinder zu geben, deren räumliches Denken bereits gut ausgeprägt ist, diese Kinder können bereits viele Aufgaben richtig lösen. Andererseits gibt es auch Kinder, die ein deutliches Entwicklungspotential im räumlichen Denken zeigen, diese Kinder lösen noch nicht viele Aufgaben richtig (interindividuelle Unterschiede). Unabhängig von der Ausprägung des räumlichen Denkens scheinen die Grundschul Kinder bereits dazu in der Lage zu sein, das Verwenden einer Lösungsstrategie zu berichten (vgl. Abb. 3 & 4). Die Verwendung einer holistischen Lösungsstrategie scheint dabei das richtige Lösen der Aufgaben im Vergleich zu einer analytischen Lösungsstrategie zu begünstigen.

Da sich in anderen Studien (z. B. Kell, Lubinski, & Benbow, 2013) gezeigt hat, dass räumliches Denken positiv mit Leistungen im naturwissenschaftlichen Bereich zusammenhängt und räumliches Denken trainierbar zu sein scheint (z. B. Utall et al., 2013), sollte die Förderung räumlichen Denkens fester Bestandteil des Unterrichts insbesondere in der Grundschule sein. Insbesondere das Hinführen der Kinder an eine holistische Lösungsstrategie scheint, basierend auf unseren Ergebnisse, ein vielversprechender Ansatz zu sein. Bevor konkrete Übungen in der Praxis eingesetzt werden, sollte deren Förderwirkung hinsichtlich der Verwendung einer holistischen Strategie zunächst wissenschaftlich untersucht werden.

Aufbauend auf unseren bisherigen Ergebnissen werden in den kommenden Jahren noch weitere Forschungsfragen beantwortet werden können. Als nächsten Schritt werden wir dabei zwei zentrale Fragen untersuchen: Welche Rolle spielen die Lösungsstrategie bei der Definition bzw. Operationalisierung (insbesondere Dimensionalität) des räumlichen Denkens? Welche Rolle hat das räumliche Denken im Zusammenspiel von basalen numerischen Fähigkeiten und Mathematik-Leistung?

Weiterführende Literatur

- Cochran, K. F., & Wheatley, G. H. (1989). Ability and Sex-Related Differences in Cognitive Strategies on Spatial Tasks. *The Journal of General Psychology*, 116(1), 43–55. <https://doi.org/10.1080/00221309.1989.9711109>
- Geiser, C., Lehmann, W., & Eid, M. (2006). Separating “Rotators” From “Nonrotators” in the Mental Rotations Test: A Multigroup Latent Class Analysis. *Multivariate behavioral research*, 41(3), 261–293. https://doi.org/10.1207/s15327906mbr4103_2
- Hegarty, M. (2010). Components of Spatial Intelligence. *Psychology of Learning and Motivation*, 52, 265–297. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(10\)52007-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(10)52007-3)
- Hegarty, M., & Waller, D. (2005). Individual Differences in Spatial Abilities. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge handbook of visuospatial thinking* (pp. 121–169). Cambridge: Cambridge University Press.
- Heller, K. A., & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision: KFT 4-12+ R*. Beltz-Test.
- Kell, H. J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2013). Who Rises to the Top? Early Indicators. *Psychological science*, 24(5), 648–659. <https://doi.org/10.1177/0956797612457784>
- Nazareth, A. (2015). Factors Affecting Adult Mental Rotation Performance (Dissertation). Florida International University, Florida.
- Newcombe, N. S., & Shipley, T. F. (2015). Thinking about spatial thinking: New typology, new assessments. In S. J. Gero (Ed.), *Studying visual and spatial reasoning for design creativity* (pp. 179–192). Springer.
- Peters, M., Laeng, B., Latham, K., Jackson, M., Zaiyouna, R., & Richardson, C. (1995). A Redrawn Vandenberg and Kuse Mental Rotations Test-Different Versions and Factors that Affect Performance. *Brain and cognition*, 28(1), 39–58.
- Plath, M. (2014). *Räumliches Vorstellungsvermögen im vierten Schuljahr: Eine Interviewstudie zu Lösungsstrategien und möglichen Einflussbedingungen auf den Strategieeinsatz*. Zugl.: Lüneburg, Leuphana Univ., Diss., 2014. Texte zur mathematischen Forschung und Lehre: Vol. 82. Hildesheim: Franzbecker.
- Schultz, K. (1991). The Contribution of Solution Strategy to Spatial Performance. *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie*, 45(4), 474.
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The Malleability of Spatial Skills: A Meta-Analysis of Training Studies. *Psychological bulletin*, 139(2), 352–402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>
- Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and motor skills*, 47(2), 599–604.
- Verdine, B. N., Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K., & Newcombe, N. S. (2017). I. Spatial skills, their development, and their links to mathematics. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 82(1), 7–30. <https://doi.org/10.1111/mono.12280>