

WINKEL, Kirsten & ZIPPERLE, Isabell
Koblenz, Mainz

Die Rolle des Arbeitsgedächtnisses bei Schwierigkeiten beim Mathematiklernen

Der Beitrag knüpft an die mathematikdidaktische Fachdiskussion zu Kindern mit besonderen Schwierigkeiten beim Mathematiklernen an (vgl. Gaidoschik et al. 2021) und verbindet diese mit dem interdisziplinären Diskurs zur Bedeutung des Arbeitsgedächtnisses bei Schwierigkeiten beim Mathematiklernen (vgl. DGKJP 2018). Auf Basis von Daten aus digitalen Mathematik- und Arbeitsgedächtnistests von über 400 Erstklässlern untersuchen wir den Zusammenhang zwischen frühen mathematischen Kompetenzen und frühen Arbeitsgedächtnisfähigkeiten und diskutieren die Rolle des Arbeitsgedächtnisses beim Mathematiklernen.

Eine ausführliche Fassung dieses Tagungsbeitrags haben wir kürzlich im Journal für Mathematik-Didaktik veröffentlicht (Winkel & Zipperle 2023).

Kinder mit besonderen Schwierigkeiten beim Mathematiklernen haben gravierende und anhaltende Probleme insbesondere beim Erwerb mathematischer Basiskompetenzen (Gaidoschik et al. 2021, S. 4). Im Mathematikunterricht offenbaren sich diese Schwierigkeiten typischerweise darin, dass die Kinder Zahlbeziehungen nicht passend erkennen, sich nur schwer vom zählenden Rechnen lösen, mehrstellige Zahlen nicht passend entsprechend ihrer dezimalen Struktur bündeln und kommutative, assoziative und distributive Beziehungen in Rechnungen wenig nutzen (ebd., S. 5 ff.).

Über diese fachspezifischen Kompetenzen hinaus haben dieselben Kinder zudem signifikant häufiger als andere Kinder auch besondere Schwierigkeiten im Bereich der Sprache oder des Arbeitsgedächtnisses (DGKJP 2018). Verortet ist das Arbeitsgedächtnis in einer Hirnregion im vorderen Bereich des Stirnlappens. Seine Aufgabe ist es, temporär mehrere Informationen zu behalten und miteinander zu verknüpfen. Im Mathematikunterricht wird das Arbeitsgedächtnis beim Merken von Zwischenergebnissen beim Rechnen, beim Einsatz von Rechenstrategien, beim Sachrechnen und beim mathematischen Problemlösen besonders gefordert. Also immer dann, wenn verschiedene mathematische Informationen gemerkt und miteinander in Beziehung gesetzt werden müssen. Aufgrund seiner sehr begrenzten Kapazität bildet das Arbeitsgedächtnis einen kognitiven Engpass und wird daher auch als Nadelöhr des Lernens bezeichnet. Wenn die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses durch das vorübergehende Behalten und Verarbeiten von Informationen kurzzeitig erschöpft ist, wird der Lösungsprozess schwieriger, langsamer und fehleranfälliger (Gathercole et al. 2016), und zwar sowohl bei Kindern

mit mathematikspezifischen Schwierigkeiten als auch bei mathematisch begabteren Kindern. Je geringer die Arbeitsgedächtnisfähigkeiten eines Kindes ausgeprägt sind, umso häufiger ist diese kognitive Ressource erschöpft. So ist für die betroffenen Kinder besonders problematisch, dass besondere Schwierigkeiten beim Lernen von Mathematik häufig einhergehen mit besonderen Schwierigkeiten beim Arbeitsgedächtnis.

Um die Schwierigkeiten beim Mathematiklernen besser verstehen und Empfehlungen für die Grundschulpraxis ableiten zu können, liefert die mathematikdidaktische Forschung wichtige Erkenntnisse zu Diagnose, Prävention und Förderung dieser Kinder. Stellvertretend für zahlreiche Studien der deutschsprachigen Mathematikdidaktik sei hier auf den aufschlussreichen Überblick von Gaidoschik, Moser Opitz, Nührenböcker und Rathgeb-Schnierer 2021 verwiesen. Verbinden wir diese mathematikdidaktische Perspektive mit neueren Erkenntnissen aus Nachbardisziplinen wie den Neurowissenschaften und der pädagogischen Psychologie, wird deutlich, warum wir das Arbeitsgedächtnis zukünftig zusätzlich mit in den Blick nehmen sollten, wenn es um Diagnose, Prävention und Förderung geht: Entgegen früherer Annahmen, dass sich das Arbeitsgedächtnis nicht durch Training verbessern lässt (z. B. Häsel-Weide 2016, S. 29), liefern neuere Studien Evidenz dazu, dass sich die Arbeitsgedächtniskapazität durch Übung durchaus verbessern lässt. Eine Studie mit Kindern mit Lernschwierigkeiten (Peijnenborgh et al. 2016) und zwei randomisiert-kontrollierte Studien mit Grundschulklassen belegen, dass ein digitales adaptives Training zu einer Verbesserung des visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnisses und dies wiederum zu besseren Leistungen in Arithmetik (Judd and Klingberg 2021) bzw. Geometrie (Berger et al. 2020) führen kann. Aber auch umgekehrt gibt es Evidenz dazu, wie regelmäßiges Kopfrechnen mit bildlichen Zahldarstellungen zu einer Verbesserung der visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnisfähigkeit führen kann (Wang et al. 2019). Es ist anzunehmen, dass sich mathematische Kompetenzen und Arbeitsgedächtnisfähigkeiten gegenseitig beeinflussen können (z. B. Benz et al. 2017) und geringe Arbeitsgedächtnisfähigkeiten damit nicht mehr nur als unveränderliche Begleiterscheinung betrachtet werden können. Wie genau Arbeitsgedächtnisfähigkeiten und mathematische Kompetenzen zusammenhängen, ist jedoch nicht abschließend geklärt (Viesel-Nordmeyer 2020) und es gibt dazu einen großen Forschungsbedarf.

Anknüpfend an den internationalen Forschungsstand haben wir auf Basis eigener Daten aus digitalen Mathematik- und Arbeitsgedächtnistests von über 400 Erstklässlern den Zusammenhang zwischen frühen mathematischen Kompetenzen und frühen Arbeitsgedächtnisfähigkeiten näher untersucht. Zahlreiche Studien belegen, dass Kinder mit besonderen Schwierigkeiten

beim Mathematiklernen in vielen Bereichen mehr Fehler machen und mehr Zeit benötigen. Auch bei Aufgaben zum Arbeitsgedächtnis machen sie mehr Fehler. Ob sie aber auch mehr Zeit bei Arbeitsgedächtnisaufgaben brauchen, ist bisher kaum erforscht (DGKJP 2021, S. 15). Wir sind dabei der Frage nachgegangen, wie sich Grundschul Kinder mit Schwierigkeiten beim Mathematiklernen hinsichtlich der Richtigkeit ihrer Lösungen und der benötigten Zeit zur Aufgabebearbeitung von ihren Mitschülerinnen und Mitschülern ohne entsprechende Schwierigkeiten unterscheiden. In unserem Forschungsdesign haben wir – aus den von Gaidoschik und Kollegen genannten Argumenten (vgl. 2021, S. 9) – das IQ-Diskrepanzkriterium nicht angewendet. Darüber hinaus haben wir uns methodisch eng an den Vorgehensweisen der Studien orientiert, die die Einschlusskriterien der Metaanalyse erfüllt haben, die der Leitlinie Rechenstörung (DGKJP 2018) zu Grunde liegt. Diese Vorgehensweise ist durchaus kritisch zu betrachten. Wir haben uns dennoch dafür entschieden, weil wir erstens unsere Ergebnisse international sichtbar und vergleichbar machen möchten. Zweitens konnten wir zeigen, dass unsere Ergebnisse robust gegenüber alternativen Vorgehensweisen sind und somit die Ergebnisse vergleichbar bleiben würden.

Unsere Studie offenbart signifikante Unterschiede zwischen allen drei mathematischen Subtests (Simultane Zahlerfassung, Kopfrechnen, Plus- und Minusaufgaben (vgl. Winkel & Zipperle 2023, S. 425) und den drei Subtests zu den einzelnen Komponenten des Arbeitsgedächtnisses (Zentrale Exekutive sowie verbales und visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis (vgl. ebd., S. 427). Diese Unterschiede manifestieren sich sowohl, wenn wir die Richtigkeit der Schülerlösungen betrachten als auch, wenn wir die benötigte Zeit zur Aufgabebearbeitung fokussieren (vgl. ebd., S. 431). Dabei zeigen sich signifikante Zusammenhänge zu den Subkomponenten des Arbeitsgedächtnisses nicht nur bei den Mathematikaufgaben, die eine offensichtliche Präferenz für eine visuell-räumliche oder eine verbale Verarbeitung der mathematischen Informationen nahelegen, sondern die Zusammenhänge bestehen zwischen fast allen Subtests. Gleichwohl beobachten wir stärkere Zusammenhänge genau an den Stellen, an denen sie sich durch die Art der zu verarbeitenden mathematischen Information (visuell-räumlich versus verbal) und die vom Kind auszuführenden Darstellungswechsel gut erklären lassen. Implikationen dieser Forschung für die Diagnostik, Prävention und Förderung von Kindern mit besonderen Schwierigkeiten beim Mathematiklernen werden im Tagungsvortrag diskutiert. An dieser Stelle wird aus Platzgründen lediglich verwiesen auf die Diskussion und die Schlussfolgerungen in Winkel & Zipperle (2023) sowie in Winkel & Ladel (2022). Weitere mathematikdidaktische und interdisziplinäre Studien zur Rolle des Arbeitsgedäch-

nisses beim Mathematiklernen sind notwendig, um detaillierte Empfehlungen zur Diagnose und Förderung abzuleiten, die sowohl die fachlichen Schwierigkeiten als auch die Schwierigkeiten beim Arbeitsgedächtnis individueller Kinder passgenau adressiert.

Literatur

- Berger, E., Fehr, E., Hermes, H., Schunk, D., & Winkel, K. (2020). The impact of working memory training on children's cognitive and Noncognitive skills. *NHH Dept. of Economics discussion paper no. 09/2020*. <https://ssrn.com/abstract=3622985>
- Benz, C., Grüßing, M., Lorenz, J.-H., Reiss, K., Selter, C., & Wollring, B. (2017). Zieldimensionen mathematischer Bildung im Elementar- und Primarbereich. In Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (Hrsg.), *Frühe mathematische Bildung* (S. 32–177). Barbara Budrich. <https://doi.org/10.3224/84742051>
- DGKJP (2018). *S-3 Leitlinie: Diagnostik und Behandlung der Rechenstörung* (Langfassung). AWMF Leitlinien-Register-Nr. 028/046. https://register.awmf.org/assets/guidelines/028-046l_S3_Rechenst%C3%B6rung-2018-03_1.pdf
- Gaidoschik, M., Moser Opitz, E., Nührenböcker, M., & Rathgeb-Schnierer, E. (2021). Besondere Schwierigkeiten beim Mathematiklernen. *Special Issue der Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 47(111S). <https://ojs.didaktik-der-mathematik.de/index.php?journal=mgdm&page=article&op=view&path%5B%5D=1042>
- Gathercole, S., Woolgar, F., Kievit, R., Astle, D., Manly, T., Holmes, J., & Team, C.A.L.M. (2016). How common are WM deficits in children with difficulties in reading and mathematics? *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 5, 384–394. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2016.07.013>
- Peijnenborgh, J., Hurks, P., Aldenkamp, A., Vles, J., & Hendriksen, J. (2016). Efficacy of working memory training in children and adolescents with learning disabilities: A review study and meta-analysis. *Neuropsychological rehabilitation*, 26(5), 645–672. <https://doi.org/10.1080/09602011.2015.1026356>
- Viesel-Nordmeyer, N., Ritterfeld, U., & Bos, W. (2020). Welche Entwicklungszusammenhänge zwischen Sprache, Mathematik und Arbeitsgedächtnis modulieren den Einfluss sprachlicher Kompetenzen auf mathematisches Lernen im (Vor-)Schulalter? *Journal für Mathematik-Didaktik*. <https://doi.org/10.1007/s13138-020-00165-0>
- Wang, C., Xu, T., Geng, F., Hu, Y., Wang, Y., Liu, H., & Chen, F. (2019). Training on abacus-based mental calculation enhances visuospatial working memory in children. *Journal of Neuroscience*, 39(33), 6439–6448. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3195-18.2019>
- Winkel, K., & Ladel, S. (2022). Heterogenen Lernvoraussetzungen digital gerecht werden – Digitale Werkzeuge zur Unterstützung des Arbeitsgedächtnisses im Mathematikunterricht der Grundschule. In B. Brandt, L. Bröll & H. Dausend (Hrsg.), *Digitales Lernen in der Grundschule III*. (S. 381–393). Münster: Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830995913>
- Winkel, K. & Zipperle, I. (2023): Children with mathematical learning difficulties – How do their working memory skills differ from typically developing first graders? *Journal für Mathematik-Didaktik*. <https://doi.org/10.1007/s13138-023-00222-4>