

Kirsten WINKEL, Saarbrücken & Silke LADEL, Schwäbisch Gmünd

Potenziale digitaler Medien zur Differenzierung im Grundschulunterricht

In verschiedenen Forschungsprojekten haben wir uns damit beschäftigt, wie digitale Medien im Grundschulunterricht eingesetzt werden können, um Kindern mit unterschiedlichen Voraussetzungen bei der Verarbeitung mathematischer Informationen im Arbeitsgedächtnis besser gerecht werden zu können (siehe Berger et al., 2022; Cubillo et al., 2022; Ladel, 2020; Winkel & Zipperle, 2022). Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, die Implikationen, die sich daraus für den Einsatz digitaler Medien beim Mathematiklernen in der Grundschule ergeben, zusammenzufassen. Für eine ausführlichere Fassung dieses Beitrags mit konkreten Beispielen sei verwiesen auf Winkel und Ladel (2022).

Einleitung

Eine grundlegende kognitive Fähigkeit, in der sich Kinder mit besonderen Schwierigkeiten beim Mathematiklernen von anderen Kindern deutlich unterscheiden, ist das Arbeitsgedächtnis (DGKJP (Hrsg.), 2018; Fuchs et al., 2020). Im Gehirn ist es im vorderen Bereich des Stirnlappens verortet und es ist dafür verantwortlich, dass wir uns mehrere Informationen vorübergehend merken und sie miteinander in Verbindung bringen können. Das Arbeitsgedächtnis wird bei arithmetischen Aufgaben mit mehrschrittigen Rechenwegen ebenso beansprucht wie beim Verstehen und Lösen von problemhaltigen Textaufgaben mit mehreren zueinander in Beziehung zu setzenden Informationen oder bei Aufgaben zur Kopfgeometrie. Weil die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses – im Gegensatz zur Kapazität des sensorischen Gedächtnisses und des Langzeitgedächtnisses – deutlich beschränkt ist, wird es auch als Nadelöhr oder Flaschenhals des Lernens bezeichnet. Sobald die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses durch das Merken und Operieren in mehreren Zwischenschritten kurzzeitig ausgeschöpft ist, wird der Lösungsprozess schwieriger, langsamer und fehleranfälliger – selbst dann, wenn eigentlich keine Einschränkungen beim mathematischen Verständnis vorliegen. Damit das Arbeitsgedächtnis einzelner Kinder nicht zum limitierenden Faktor beim Mathematiklernen wird, ist es von entscheidender Bedeutung, diese kognitive Ressource didaktisch bei der Unterrichtsplanung mit im Blick zu haben. Abhängig vom Lernziel können dazu einerseits Maßnahmen zur gezielten *Entlastung* des Arbeitsgedächtnisses getroffen werden und andererseits ebenso Maßnahmen zu dessen gezielter *Belastung*.

Differenzierende Maßnahmen zur Entlastung des Arbeitsgedächtnisses

Mathematiklernen wird häufig auf die Aneignung von Kenntnissen und Fertigkeiten reduziert. Diese sind durchaus von Bedeutung, mindestens ebenso wichtig ist jedoch die Entwicklung eines gesicherten Verständnisses mathematischer Inhalte und Zusammenhänge. Stehen diese Verstehensprozesse im Fokus des Unterrichts, kann eine gezielte *Entlastung* des Arbeitsgedächtnisses hilfreich sein. Diese kann wie folgt begünstigt werden:

- Durch eine vorhergehende Förderung der Automatisierung von Kernaufgaben (z.B. mit der App 'Blitzrechen') kann das Arbeitsgedächtnis entlastet werden, weil Kinder diese Ergebnisse beim Lösen komplexerer Aufgaben dann unmittelbar aus dem Gedächtnis abrufen können. (Stichwort: Blitzrechenoffensive, Wittmann & Müller, 2007).
- Die reine Reproduktion von Aufgaben kann aber auch an den Computer oder den Taschenrechner ausgelagert werden (Stichwort 'computational offloading', Rogers, 2004; Ladel, 2020). Dadurch werden Kapazitäten im Arbeitsgedächtnis frei und insbesondere Kinder mit geringer Arbeitsgedächtniskapazität können die freigewordene Kapazität zur Fokussierung auf das Verständnis oder das Entdecken von Zusammenhängen verwenden.
- Die Beachtung didaktischer Gestaltungsprinzipien, die aus der 'Cognitive Theory of Multimedia Learning' für digitale Lernmaterialien abgeleitet werden (Ladel, 2009), hilft insbesondere Kindern mit geringer Arbeitsgedächtniskapazität dabei, lernrelevante Information passend zu verarbeiten, ohne dass es zu einer Überlastung oder Unterauslastung ihres Arbeitsgedächtnisses kommt (Mayer, 2005).

Differenzierende Maßnahmen zur Belastung des Arbeitsgedächtnisses

Ein ebenso wichtiger Strang an Maßnahmen zur gezielten *Belastung* des Arbeitsgedächtnisses zielt darauf ab, die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses für zukünftiges Lernen zu steigern. Er fußt auf neuerer Evidenz aus Psychologie, Neurowissenschaften und empirischer Lehr-Lern-Forschung. Eine aktuelle Studie mit über 500 Erstklässlerinnen und Erstklässlern in Mainzer Grundschulen zeigt, dass sich die Arbeitsgedächtniskapazität mit digitalen adaptiven Arbeitsgedächtnisübungen nachhaltig steigern lässt: Erstens bleiben die positiven Effekte auf das Arbeitsgedächtnis ein Jahr nach Ende der recht abstrakten Förderung bestehen und zweitens werden im Laufe dieses Jahres Transfereffekte beispielsweise auf die Geometrieleistung sichtbar (Berger et al., 2020; Cubillo et al., 2022). Eine weitere Studie liefert zudem Evidenz

dafür, dass eine Förderung des Arbeitsgedächtnisses mit mathematikspezifischen Inhalten und Operationen möglich ist: Über systematische Übungen zum Rechnen mit einem chinesischen Abakus in der Vorstellung konnten die teilnehmenden Kinder ihre visuelle Arbeitsgedächtniskapazität steigern (Wang et al., 2019).

Basierend auf dieser Evidenz zur Trainierbarkeit des Arbeitsgedächtnisses ergeben sich weitere Maßnahmen, wie digitale Medien zur gezielten *Belastung* des Arbeitsgedächtnisses eingesetzt werden können, wenn ein wiederholendes Üben momentan im Fokus steht:

- Regelmäßige Übungen zum Operieren mit mentalen bildhaften Vorstellungen von Zahlen bieten das Potenzial für eine gleichzeitige Steigerung des Arbeitsgedächtnisses und arithmetischer Kompetenzen (Stichworte: Zahlvorstellung, Lorenz, 2005, sowie 'abacus-based mental calculation', Wang et al., 2019)
- Mit gezielten adaptiven Arbeitsgedächtnisübungen oder Übungen zur Kopfgeometrie oder zum Kopfrechnen, bei denen die Belastung des Arbeitsgedächtnisses permanent an die individuellen Fähigkeiten angepasst wird, kann das Arbeitsgedächtnis individuell herausgefordert werden, ohne das einzelne Kind zu unter- oder überfordern (Stichworte: Adaptives Lernen / digitales Arbeitsgedächtnistraining, z.B. Berger et al., 2020).

Fazit

Am Beispiel von Maßnahmen zur *Entlastung* und *Belastung* des Arbeitsgedächtnisses wird unterstützendes Potenzial digitaler Medien zur Differenzierung im Grundschulmathematikunterricht sichtbar. Individuelle Adaptivität, dynamische Darstellungen und Darstellungswechsel, interaktives Experimentieren und unmittelbares Lern-Feedback kommen hier als Stärken digitaler Medien zur Geltung. Zukünftige fachdidaktische Forschungs- und Entwicklungsarbeit erscheint vielversprechend, um dieses Potenzial noch weiter auszuschöpfen und in heterogenen Lerngruppen wirksam werden zu lassen.

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. *Working paper*: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3622985>
- Cubillo, A., Hermes, H., Berger, E., Winkel, K., Schunk, D., Fehr, E. & Hare, T. (2022). Intra-individual variability in task performance after cognitive training is associated with long-term outcomes in children. *Developmental Science*, 26(1), Artikel e13252. <https://doi.org/10.1111/desc.13252>
- Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie e. V. (Hrsg.) (2018). *S3-Leitlinie: Diagnostik und Behandlung der Rechenstörung. Langfassung*. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/028-0461_S3_Rechenst%C3%B6rung-2018-03_1.pdf
- Fuchs, L., Fuchs, D., Seethaler, P. & Barnes, M. (2020). Addressing the role of working memory in mathematical word-problem solving when designing intervention for struggling learners. *ZDM Mathematics Education*, 52(1), 87–96. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01070-8>
- Ladel, S. (2009). *Multiple externe Repräsentationen (MERs) und deren Verknüpfung durch Computereinsatz. Zur Bedeutung für das Mathematiklernen im Anfangsunterricht*. Verlag Dr. Kovac.
- Ladel, S. (2020). Bildungstechnologie im Mathematikunterricht (Klassen 1-6). In H. Niegemann & A. Weinberger, *Handbuch Bildungstechnologie* (S. 645–666). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54373-3>
- Lorenz, J. H. (2015). *Kinder begreifen Mathematik: frühe mathematische Bildung und Förderung*. Kohlhammer Verlag.
- Mayer, R. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 41, 31–48. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.004>
- 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. Fachdidaktiken in der Diskussion* (S. 379–392). Waxmann.
- Winkel, K. & Zipperle, I. (2022). Children with mathematical learning difficulties – How do their working memory skills differ from typically developing first graders? *Working Paper*.
- Wittmann, E. C. & Müller, G. (2007). *Blitzrechenoffensive: Anregungen für eine intensive Förderung mathematischer Basiskompetenzen*. Klett. <https://www.mathematik.tu-dortmund.de/ieem/mathe2000/pdf/Blitzrechenoffensive.pdf>