

Kirsten WINKEL, Mainz & Henning HERMES, Bergen (Norwegen)

Das Arbeitsgedächtnis und seine Bedeutung für frühe arithmetische und geometrische Kompetenzen – Empirische Evidenz aus Klasse 1

In der aktuellen S3-Leitlinie zur Diagnostik und Behandlung der Rechenschwäche wird empirische Evidenz dafür aufgezeigt, dass eine Rechenstörung in der Regel begleitet ist durch Minderleistungen im Bereich von Arbeitsgedächtnis und Aufmerksamkeit (DGKJP (Hrsg.) 2018).

Das Arbeitsgedächtnis ermöglicht es, dass wir mehrere Informationseinheiten vorübergehend speichern und mit ihnen operieren können. Im Mathematikunterricht wird das verbale Arbeitsgedächtnis (gemäß dem Modell von Baddeley & Hitch 1974) z. B. beim Rechnen benötigt, sobald Zwischenergebnisse zu speichern sind oder bei Textaufgaben mit mehreren parallelen Informationen. Ein gutes räumlich-visuelles Arbeitsgedächtnis hilft z. B. bei Geometrieaufgaben, beim Erlernen neuer mathematischer Inhalte und im Bereich Muster und Strukturen. Es liegt klare Evidenz vor, dass das Arbeitsgedächtnis nicht nur bei rechenschwachen Kindern stark mit mathematischen Leistungen korreliert (z. B. Raghubar et al. 2010) und zudem finden neuere Studien zunehmend Nachweise dafür, dass das Arbeitsgedächtnis trainierbar ist (z. B. Schunk et al. 2017).

Allerdings merken Raghubar et al. in ihrem Review-Artikel an, dass eine Diskussion der *Überschneidung zwischen Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis mit Bezug zur Mathematik* noch fehlt (2010, p.119).

Unser Ziel ist es, diese *offene Fragestellung* der Literatur am Beispiel von Erstklässlern zu untersuchen. Dabei verwenden wir Daten einer groß angelegten Studie (Schunk et al., 2017). Für eine etwas ausführlichere, englischsprachige Darstellung unserer hier dargelegten Untersuchung sei verwiesen auf Winkel, Mueller & Schunk (2018).

Forschungsdesign

Unserer Untersuchung liegen Daten von mehr als 500 Erstklässlern (Alter: 6-7 Jahre) aus 31 Klassen öffentlicher, deutscher Grundschulen zu Grunde. Für unsere Fragestellung verwenden wir Daten aus der ersten Erhebungswelle zu Beginn des 2. Schulhalbjahres von Klasse 1. Im Rahmen der Studie absolvierten die Schüler hochstandardisierte, computerbasierte Tests, die Aufgaben u.a. aus den Bereichen Arbeitsgedächtnis (verbal und räumlich-visuell), Arithmetik, Geometrie, Aufmerksamkeit, Impulskontrolle und Intelligenz beinhalteten. Alle Aufgaben wurden unter Verwendung von

Touchscreens und auditiven Instruktionen via Kopfhörer durchgeführt. Zusätzlich haben die Lehrkräfte umfassende Fragebögen beantwortet.

Die zentralen Variablen für unsere Untersuchung sind:

- Geometrie (gemessene Testleistung, 1. Zielvariable)

Der Geometrietest beinhaltete Aufgaben zum Auslegen von Flächen. Die Frage an die Kinder war, wie viele gegebene kleine Quadrate/ Rechtecke/ Dreiecke in eine dargestellte größere Form passen.

- Arithmetik (gemessene Testleistung, 2. Zielvariable)

Grundlegende Rechenfertigkeiten wurden mithilfe von drei unterschiedlichen Tests abgefragt: 1. Mengenerfassung auf einem Zwanzigerfeld (welches nur kurz eingeblendet wurde), 2. auditiv präsentierte Kopfrechenaufgaben und 3. schriftlich gegebene (teilweise mehrschrittige) Additions- und Subtraktionsaufgaben im Zahlenraum bis 20.

- Arithmetik (Lehrereinschätzung, 3. Zielvariable)

Ergänzend zu den Tests haben die Lehrkräfte per Fragebogen eingeschätzt, wie gut jedes Kind addieren und subtrahieren kann.

- Arbeitsgedächtnis (Testleistung, 1. Prädiktor)

Hier haben wir drei verschiedene Subtests durchgeführt: Einen einfachen Test zum verbalen Arbeitsgedächtnis („Ziffernspanne“), einen komplexen Test zum verbalen Arbeitsgedächtnis („Objektspanne“) und einen komplexen Test zum räumlich-visuellen Arbeitsgedächtnis („Positionenspanne“).

- Aufmerksamkeits- und Impulskontrolle (Testleistung, 2. Prädiktor)

Beim sogenannten „GoNoGo-Test“ musste das Kind jedes Mal schnell einen Button drücken, wenn eins von 4 „Go-Items“ erschien. Wenn ein „NoGo-Item“ erschien, durfte es hingegen nicht drücken. Wie gut ein Kind darin war, seinen Drückimpuls zu unterdrücken, erfassen wir in der Variable „Impulskontrolle“. Wie zuverlässig es die 4 „Go-Items“ angeklickt hat, erfassen wir in der Variable „Aufmerksamkeitskontrolle“. Mit einem weiteren Test messen wir die Konzentrationsfähigkeit („bp Test“).

Um die Überschneidung zwischen Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis in Relation zur Mathematik zu analysieren, benutzen wir die drei o.g. Zielvariablen. Wir regressieren jede dieser drei Zielvariablen auf unsere drei Maße für Arbeitsgedächtnis und unsere drei Maße für Aufmerksamkeit. Um die prädiktive Kraft dieser Maße bestimmen zu können, die sie über das Maß der Intelligenz hinaus haben, nehmen wir IQ als Kontrollvariable in die

lineare Regression mit auf. Ebenso nehmen wir Geschlecht, Alter und Dummies für die einzelnen Schulen als weitere Kontrollvariablen mit auf, um für unbeobachtete Unterschiede zwischen den Schulen zu kontrollieren.

Erste Ergebnisse & Diskussion

Ergebnisse der linearen Regression mit fixen Schuleffekten sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

	Geometrie Testleistung		Arithmetik Testleistung		Arithmetik Lehrereinschätzung	
	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)
Arbeitsgedächtnis: Ziffernspanne	.11**	(.05)	.24***	(.04)	.39***	(.07)
Arbeitsgedächtnis: Objektspanne	.13**	(.04)	.09*	(.04)	.06	(.08)
Arbeitsged.: Positionenspanne	.16***	(.04)	.23***	(.04)	.27***	(.06)
Aufmerksamkeit: bp-Test	-.03	(.04)	.14***	(.04)	.21**	(.07)
Aufm.: Impulskontrolle GoNoGo	-.01	(.04)	.10**	(.03)	.01	(.07)
Aufm.: Aufmerksamkeitskontrolle GoNoGo	-.04	(.04)	.05	(.03)	-.01	(.05)
IQ (Kontrollvariable)	.33***	(.04)	.16***	(.04)	.29***	(.07)
(weitere Kontrollvariablen wie Geschlecht, Alter und fixe Schuleffekte sind hier nicht einzeln aufgelistet)						
	n = 556		n = 544		n = 540	
	R ² = .32		R ² = .44		R ² = .35	

Tab. 1: Ergebnisse der linearen Regression von Mathematikleistung auf Arbeitsgedächtnis und Aufmerksamkeit (alle Werte standardisiert auf $M=0, SD=1$), robuste Standardfehler, *** $p<0.001$, ** $p<0.01$, * $p<0.05$.

Obwohl wir für IQ kontrollieren, sind die verschiedenen Arbeitsgedächtnismaße alle signifikant korreliert mit den arithmetischen und geometrischen Testergebnissen. Der stärkste Zusammenhang besteht zwischen den Arbeitsgedächtnismaßen „Ziffernspanne“ und „Positionenspanne“ und den arithmetischen Kompetenzen. Für die Arithmetik ist der Zusammenhang sogar stärker als der von Intelligenz.

Zwei unserer drei Maße für Aufmerksamkeit korrelieren ebenfalls signifikant mit der arithmetischen Testleistung. Je mehr Fehler im bp-Test gemacht werden und je häufiger der Button bei „NoGo-Items“ fehlerhaft gedrückt wird, desto schwächer ist die arithmetische Leistung. Obwohl drei Arbeitsgedächtnismaße und ein IQ-Maß berücksichtigt wurden – in die beide implizit auch schon Aufmerksamkeitsaspekte mit einfließen – haben die gezielten Aufmerksamkeitstestmaße darüber hinaus noch eine beträchtliche

Aussagekraft und bleiben wichtige Determinanten der gemessenen Arithmetikleistung. Für die Lehrereinschätzungen hingegen finden wir lediglich einen Zusammenhang zum bp-Test, und die Geometrieleistung weist keinen Zusammenhang mit der Aufmerksamkeitsleistung auf.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Regressionsanalyse der Daten von mehr als 500 Erstklässlern und ihren Lehrkräften liefern uns vielversprechende Ergebnisse in Bezug auf die oben zitierte offene Fragestellung aus der Literatur nach der Überschneidung von Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis in Bezug auf die Mathematikleistung. In Übereinstimmung mit der aktuellen Literatur finden wir, dass alle drei Arbeitsgedächtnismaße sowie zwei der drei Aufmerksamkeitsmaße signifikant verknüpft sind mit arithmetischen Testleistungen, obwohl wir für IQ kontrollieren. Die Zusammenhänge zwischen Arbeitsgedächtnis und Matheleistung scheinen stärker als die Zusammenhänge zwischen Aufmerksamkeit und Matheleistung und sie sind deutlicher für die Arithmetik als für die Geometrie. Die Einschätzung der Rechenkompetenz durch die Lehrkraft scheint stark mit der Fähigkeit zu korrelieren, sich Folgen von Ziffern oder Positionen merken zu können sowie mit der im bp-Test gemessenen Konzentrationsfähigkeit. Mögliche Erklärungsansätze hierzu werden im Vortrag anhand von weiteren vergleichenden Regressionsanalysen diskutiert, durch die dann auch eine detailliertere Antwort auf die Forschungsfrage gegeben werden kann.

Literatur

- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of learning and motivation*, 8, 47-89.
- DGKJP (Hrsg.) (2018) S3-Leitlinie: Diagnostik und Behandlung der Rechenstörung. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/028-0461_S3_Rechenst%C3%B6rung-2018-03_1.pdf (20.12.2018)
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and individual differences*, 20(2), 110-122.
- Schunk, D., Berger, E., Fehr, E., Mueller, H. & Winkel, K. (2017). The KIDS-WIN-Study: Design of a Working Memory Training Intervention in Primary Schools. *Working paper*.
- Winkel, K., Mueller, H., and Schunk, D. (2018): Mathematics achievement and the role of working memory and attention – Evidence from a large-scale study with first graders. *Proceedings of PME 42*.